SINKRONISASI PENGELOLAAN ANTARA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENUJU NET ZERO EMISSIONS PERSPEKTIF AL-QURAN

DISERTASI
Diajukan Kepada Program Studi Ilmu Al-Qur'an danTafsir
Sebagai Salah Satu Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Tiga
Untuk Meraih Gelar Doktor (Dr.)

Oleh:
GAGAH DARUHADI
NIM : 2376031028

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU AL-QUR'AN DAN TAFSIR
KONSENTRASI ILMU TAFSIR
PASCASARJANA UNIVERSITAS PTIQ JAKARTA
2026 M./1448 H.

ABSTRAK

Sinkronisasi Dusertasi ini menyimpulkan bahwa pengelolaan antara Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menuju *Net Zero Emission* dalam perspektif al-Qur'an merupakan upaya mewujudkan pengelolaan energi berkelanjutan melalui keseimbangan antara hak manusia dan hak alam. Prinsip tersebut sejalan dengan nilai-nilai Qur'ani, seperti mīzān (keseimbangan), larangan fasād fī al-arḍ (kerusakan), pengendalian isrāf (pemborosan), serta pentingnya iṣlāḥ (konservasi dan perbaikan lingkungan). Dalam penelitian ini, sinkronisasi PLN–PLTS dipandang tidak hanya sebagai persoalan teknis dan ekonomi, tetapi juga sebagai amanah ekologis manusia yang terinspirasi dari nilai-nilai asmā' al-ḥusnā

Penelitian ini menghasilkan enam model sinkronisasi, yaitu: (1) sistem dan perencanaan energi, (2) tata kelola dan kelembagaan energi, (3) ekonomi dan pembiayaan energi, (4) SDM dan teknologi energi, (5) keadilan distribusi energi, dan (6) dekarbonisasi serta pelestarian lingkungan menuju NZE 2060, yang diperkuat dengan layer etik berbasis Asmaul Husna. Model tersebut diterjemahkan ke dalam KPI, roadmap implementasi, dan strategi *Co-Creation* berbasis kolaborasi multiaktor dalam pengembangan PLTS, smart grid, dan transformasi sistem energi nasional menuju NZE 2060.

Kesimpulan penelitian diperoleh melalui kajian teoritis terhadap Co-*Creation Theory*, *Governing the Commons, Polycentric Governance, dan Ecological Modernisation* yang menjadi inspirasi dalam menemukan konsep-konsep Qur'ani terkait keserentakan, kebersamaan dalam pengelolaan sumber daya energi, pengelolaan energi sebagai amanah publik, jenis sumber daya energi, serta model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju Net Zero Emission.

Disertasi ini mendukung pemikiran *Co-Creation* dari Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan (2000, 2004, 2010, 2014), teori *Governing the Commons* dari Elinor Ostrom (1990), serta *Polycentric Governance* dari Elinor Ostrom (2010) yang menekankan pentingnya kolaborasi multiaktor, tata kelola kolektif, dan integrasi sistem energi dalam pengembangan energi terbarukan menuju NZE 2060.

Di sisi lain, disertasi ini berbeda pendapat dengan Teori Desinkronisasi Sosial Louis Althusser (1971) yang menyatakan bahwa unsur-unsur dalam sistem sosial cenderung bergerak secara tidak selaras dan independen, serta Teori Konflik Sosial Karl Marx (1848) yang memandang konflik antaraktor sebagai faktor dominan dalam perubahan sosial. Penelitian ini menegaskan bahwa sinkronisasi pengelolaan energi antara PLN dan PLTS tetap dapat diwujudkan melalui kolaborasi, integrasi kelembagaan, dan tata kelola kolektif dalam mendukung transisi energi menuju NZE 2060.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan tafsir ilmi maudhū‘ī muqayyad, yaitu tafsir tematik yang mengaitkan ayat-ayat Al-Qur’an dengan konteks pengelolaan energi dan transisi menuju *Net Zero Emission* 2060.

الملخص

تخلص هذه الرسالة إلى أن مزامنة إدارة شركة الكهرباء الحكومية الإندونيسية (PLN)ومحطات الطاقة الشمسية (PLTS) نحو تحقيق الحياد الكربوني (Net Zero Emission)من منظور القرآن الكريم تمثل جهداً لتحقيق إدارة مستدامة للطاقة من خلال تحقيق التوازن بين حقوق الإنسان وحقوق الطبيعة. ويتوافق هذا المبدأ مع القيم القرآنية، مثل الميزان (التوازن)، والنهي عن الفساد في الأرض، وضبط الإسراف، وأهمية الإصلاح بوصفه حفظاً للبيئة وصيانةً لها. وفي هذا البحث، لا تُنظر مزامنة إدارة PLN و PLTSعلى أنها قضية تقنية واقتصادية فحسب، بل تُعد أيضاً أمانةً بيئيةً يتحملها الإنسان، مستلهمةً من القيم الأخلاقية المستمدة من أسماء الله الحسنى.

وقد أسفر البحث عن ستة نماذج للمزامنة، وهي: (1) نظام الطاقة وتخطيطها، (2) حوكمة الطاقة ومؤسساتها، (3) اقتصاد الطاقة وتمويلها، (4) الموارد البشرية وتقنيات الطاقة، (5) العدالة في توزيع الطاقة، و(6) إزالة الكربون والمحافظة على البيئة نحو تحقيق الحياد الكربوني عام 2060، مع تعزيز هذه النماذج بطبقة أخلاقية قائمة على أسماء الله الحسنى. وقد تُرجمت هذه النماذج إلى مؤشرات أداء رئيسية (KPI)، وخارطة طريق للتنفيذ، واستراتيجية للتشارك في الإبداع (Co-Creation) قائمة على التعاون متعدد الأطراف في تطوير الطاقة الشمسية، والشبكات الذكية (Smart Grid)، وتحول منظومة الطاقة الوطنية نحو الحياد الكربوني عام 2060.

وقد تم التوصل إلى نتائج هذه الدراسة من خلال تحليل نظري لكل من نظرية التشارك في الإبداع(*Co-Creation Theory*) ، ونظرية إدارة الموارد المشتركة (Governing the Commons)، ونظرية الحوكمة متعددة المراكز(Polycentric Governance) ، ونظرية التحديث البيئي(Ecological Modernisation) ، التي شكلت إطاراً فكرياً لاستنباط المفاهيم القرآنية المتعلقة بالتزامن والتكامل والتعاون في إدارة موارد الطاقة، والطاقة باعتبارها أمانة عامة، وأنواع موارد الطاقة، ونموذج مزامنة إدارة PLN و PLTSنحو تحقيق الحياد الكربوني.

وتدعم هذه الرسالة أفكار فينكات راماسوامي وكريمجان أوزجان في نظرية التشارك في الإبداع (2000، 2004، 2010، 2014)، ونظرية إلينور أوستروم في إدارة الموارد المشتركة (1990)، وكذلك نظرية الحوكمة متعددة المراكز (2010)، التي تؤكد أهمية التعاون بين مختلف الفاعلين، والحوكمة الجماعية، وتكامل أنظمة الطاقة في تطوير الطاقة المتجددة وصولاً إلى الحياد الكربوني عام 2060.

ومن ناحية أخرى، تختلف هذه الرسالة مع نظرية اللاتزامن الاجتماعي لـ لويس ألتوسير (1971)، التي ترى أن مكونات النظام الاجتماعي تميل إلى الحركة بصورة

غير متزامنة ومستقلة، كما تختلف مع نظرية الصراع الاجتماعي لـ كارل ماركس (1848)، التي تعتبر الصراع بين الفاعلين العامل الرئيس في التغير الاجتماعي. ويؤكد هذا البحث أن مزامنة إدارة الطاقة بين PLN و PLTSيمكن تحقيقها من خلال التعاون والتكامل المؤسسي والحوكمة الجماعية لدعم التحول الطاقي نحو الحياد الكربوني عام 2060.

وقد اعتمدت الدراسة المنهج الكيفي باستخدام منهج التفسير العلمي الموضوعي المقيّد (التفسير العلمي الموضوعي المقيد)، وهو منهج يربط الآيات القرآنية بسياق إدارة الطاقة والتحول نحو الحياد الكربوني (Net Zero Emission) بحلول عام 2060.

الكلمات المفتاحية :المزامنة، إدارة الطاقة، شركة الكهرباء الحكومية الإندونيسية (PLN)، محطات الطاقة الشمسية(PLTS) ، الحياد الكربوني(Net Zero Emission) ، الحوكمة، التشارك في الإبداع، القرآن الكريم.

ABSTRACT

This dissertation concludes that the synchronization of management between the Indonesian State Electricity Company (PLN) and Solar Power Plants (PLTS) toward Net Zero Emissions (NZE) from the perspective of the Qur'an constitutes an effort to realize sustainable energy management through a balance between human rights and the rights of nature. This principle is consistent with Qur'anic values such as *mīzān* (balance), the prohibition of *fasād fī al-arḍ* (corruption and environmental destruction), the control of *isrāf* (wastefulness), and the importance of *iṣlāḥ* (environmental conservation and restoration). In this study, the synchronization of PLN and PLTS is viewed not merely as a technical and economic issue but also as an ecological trust entrusted to humanity, inspired by the ethical values embodied in the *Asmā' al-Ḥusnā* (the Beautiful Names of Allah).

This research produces six synchronization models: (1) energy systems and planning, (2) energy governance and institutions, (3) energy economics and financing, (4) energy human resources and technology, (5) energy distribution justice, and (6) decarbonization and environmental preservation toward NZE 2060, all strengthened by an ethical layer based on the *Asmā' al-Ḥusnā*. These models are translated into Key Performance Indicators (KPIs), implementation roadmaps, and Co-Creation strategies based on multi-actor collaboration in the development of solar power systems, smart grids, and the transformation of Indonesia's national energy system toward NZE 2060.

The conclusions of this study were derived through a theoretical examination of *Co-Creation Theory*, Governing the Commons, Polycentric Governance, and Ecological Modernisation Theory, which served as sources of inspiration for identifying Qur'anic concepts related to synchronization, collective management of energy resources, energy management as a public trust, various types of energy resources, and models for synchronizing PLN and PLTS management toward Net Zero Emissions.

This dissertation supports the Co-Creation perspective advanced by Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan (2000, 2004, 2010, 2014), the *Governing the Commons* theory of Elinor Ostrom (1990), and *Polycentric Governance* developed by Elinor Ostrom (2010), all of which emphasize the importance of multi-actor collaboration, collective governance, and the integration of energy systems in advancing renewable energy development toward NZE 2060.

On the other hand, this dissertation differs from Louis Althusser's Theory of Social Desynchronization (1971), which argues that elements within social systems tend to move independently and asynchronously, as well as Karl Marx's Social Conflict Theory (1848), which views conflict among actors as the dominant driver of social change. This study argues that

synchronization of energy management between PLN and PLTS can be achieved through collaboration, institutional integration, and collective governance in supporting the energy transition toward NZE 2060.

This research employs a qualitative methodology using the *Tafsīr ʻIlmī Mawḍūʻī Muqayyad* (restricted thematic scientific interpretation) approach, a thematic Qur'anic interpretation method that relates Qur'anic verses to the context of energy management and the transition toward Net Zero Emissions by 2060.

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Gagah Daruhadi
Nomor Induk Mahasiswa	: 2376031028.
Program Studi	: Doktor Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir
Konsentrasi	: Ilmu Tafsir
Judul Disertasi	: Sinkronisasi Pengelolaan Antara PLN dan PLTS Menuju Net Zero Emissions Perspektif Al-Qur'an

Menyatakan bahwa:

1. Tesis/Disertasi ini adalah murni hasil karya sendiri. Apabila saya mengutip dari karya orang lain, maka saya akan mencantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Tesis/Disertasi ini hasil jiplakan (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan sanksi yang berlaku di lingkungan Universitas PTIQ dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 21 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,

Gagah Daruhadi

TANDA PERSETUJUAN DISERTASI

SINKRONISASI PENGELOLAAN ANTARA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENUJU NET ZERO EMISSIONS PERSPEKTIF AL-QURAN

DISERTASI
Diajukan Kepada Program Studi Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir
Sebagai Salah Satu Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Tiga
untuk meraih gelar Doktor (Dr.)

Disusun oleh:
Gagah Daruhadi
NIM: 2376031028.

telah selesai dibimbing oleh kami, dan menyetujui untuk selanjutnya dapat diujikan.
Jakarta, 10 Juni 2026

Menyetujui:

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si.	Dr. H. Muhammad Hariyadi, M.A.

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. H. Muhammad Hariyadi, M.A.

TANDA PENGESAHAN DISERTASI

SINKRONISASI PENGELOLAAN ANTARA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENUJU NET ZERO EMISSIONS PERSPEKTIF AL-QURAN

Disusun oleh:

Nama	: Gagah Daruhadi
Nomor Induk Mahasiswa	: 2376031028.
Program Studi	: Doktor Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir
Konsentrasi	: Ilmu Tafsir

Telah diujikan pada sidang terbuka pada tanggal:
Sabtu, 25 Juli 2026

No	Nama Penguji	Jabatan dalam Tim	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si.	Ketua	
2	Prof. Dr. H. Ahmad Thib Raya, M.A.	Penguji I	
3	Prof. Dr. Hj. Nur Arfriyah Febriani, M.A.	Penguji II	
4	Dr. Ahmad Zain Sarnoto, M.A., M.Pdl.	Penguji III	
5	Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si.	Pembimbing I	
6	Dr. Muhammad Hariyadi, M.A.	Pembimbing II	
7	Dr. Akhmad Shunhaji, M.Pd.I	Panitera/Sekretaris	

Jakarta, 31 Agustus 2026
Mengetahui,
Direktur Pascasarjana
Universitas PTIQ Jakarta,

Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si.

PEDOMAN TRANSLITERASI

Arab	Latin	Arab	Latin	Arab	Latin
ا	-	ز	z	ق	q
ب	b	س	s	ك	k
ت	t	ش	sy	ل	l
ث	ts	ص	sh	م	m
ج	j	ض	dh	ن	n
ح	ḥ	ط	th	و	w
خ	kh	ظ	zh	ه	h
د	d	ع	`	ء	a/’
ذ	dz	غ	g	ي	y
ر	r	ف	f		

Catatan:

a. Konsonan yang ber-*syaddah* ditulis dengan rangkap, misalnya: رَبَّ ditulis *rabb.*

b. Vokal panjang (*mad*): *fat̲ha̲h* (baris di atas) ditulis *â* atau *Â*, kasrah (baris di bawah) ditulis *î* atau *Î*, dan *dhammah* (baris depan) ditulis *û* atau *Û*, misalnya: القارعة ditulis *al-qâri’ah*, المساكين al-masâkîn, المفلحون ditulis *al-muflihûn.*

c. Kata sandang *alif* + *lam* (ال) apabila diikuti oleh huruf *qamariyah* ditulis *al-*, misalnya: الكافرون ditulis *al-kâfirûn*. Sedangkan bila diikuti oleh huruf *syamsiyah*, huruf lam diganti dengan huruf yang mengikutinya, misalnya: الرجال ditulis *ar-rijâl*.

d. *Ta’ marbûthah* (ة) apabila terletak di akhir kalimat, ditulis dengan *h*, misalnya: البقرة ditulis *al-baqarah*. Bila di tengah kalimat ditulis dengan *t*, misalnya: زكاة المال ditulis *zâkat al-mâl*. Penulisan kata dalam kalimat dilakukan menurut tulisannya, misalnya: وهو خير الرازقين ditulis *wa huwa khair ar-râziqîn*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul *"Sinkronisasi Pengelolaan Antara Perusahaan Listrik Negara dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menuju Net Zero Emissions Perspektif Al-Quran."* Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Saw., keluarga, para sahabat, tabi'in, tabi'ut tabi'in, serta seluruh umat Islam yang istiqamah mengikuti ajarannya hingga akhir zaman.

Penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, arahan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. KH. Nasaruddin Umar, M.A., Rektor Universitas PTIQ Jakarta sekaligus Menteri Agama Republik Indonesia, atas inspirasi, keteladanan, dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan doktoral.
2. Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si., Direktur Pascasarjana Universitas PTIQ Jakarta, atas ilmu, arahan, dan kepemimpinan akademik yang telah memberikan banyak manfaat bagi penulis.
3. Dr. H. Muhammad Hariyadi, M.A., Ketua Program Studi Doktor Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir Universitas PTIQ Jakarta, atas dukungan, motivasi, dan perhatian yang diberikan selama proses studi dan penyusunan disertasi.
4. Prof. Dr. H.M. Darwis Hude, M.Si dan Dr. H. Muhammad Hariyadi, M.A., selaku Promotor dan Ko-Promotor, yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dan dedikasi telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta koreksi akademik sehingga disertasi ini dapat terselesaikan.

5. Prof. Dr. Hj. Nur Arfiyah Febriani, M.A. sebagai salah satu penguji ujian Komprehenship , penguji ujian Proposal serta Penguji dan pengarah WIP I dan WIP II,dan Penguji Ujian tertutup yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta koreksi akademik sehingga disertasi ini dapat terselesaikan
6. Prof Dr.H. Ahmad Thib Raya M.A.sebagai Penguji tertutup yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta koreksi akademik sehingga disertasi ini dapat terselesaikan.
7. Ass. Prof Dr.H. Muhamamad Zain Sarnoto M.A.M.PdI, sebagai Penguji tertutup yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta koreksi akademik sehingga disertasi ini dapat terselesaikan
8. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan sivitas akademika Universitas PTIQ Jakarta yang telah memberikan ilmu, pelayanan, dan dukungan selama masa pendidikan.
9. Kedua orang tua tercinta, almarhum. KH Muhammad Mursyidi dan almarhumah Ibu HJ Suratmi, yang telah menanamkan nilai-nilai keimanan, keilmuan, kerja keras, dan pengabdian yang menjadi fondasi kehidupan penulis.
10. Istri tercinta, Hj. Elly Yuliati MM., serta anak-anak, mantu dan cucu cucu tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, pengertian, dukungan, dan semangat selama proses studi hingga penyelesaian disertasi
11. Seluruh keluarga besar, teman seperjuangan Program Doktor Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir Universitas PTIQ Jakarta Angkatan 2023, serta berbagai pihak yang telah memberikan dukungan moril, spiritual, maupun intelektual selama proses penyusunan disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ilmiah ini. Penulis berharap disertasi ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu Al-Qur'an dan Tafsir, khususnya dalam kajian pengelolaan energi berkelanjutan, serta menjadi salah satu referensi dalam pengembangan kebijakan transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 di Indonesia.

Akhirnya, kepada Allah Swt. penulis memohon agar segala ikhtiar, ilmu, dan amal yang telah dilakukan dalam proses penyusunan disertasi ini diterima sebagai amal saleh dan memberikan manfaat bagi umat, bangsa, dan negara.

Jakarta, 21 Mei 2026

Penulis

Gagah Daruhadi

DAFTAR ISI

Judul i
Abstrak iii
Pernyataan Keaslian Disertasi ix
Halaman Persetujuan Pembimbing xi
Halaman Pengesahan Penguji xiii
Pedoman Transliterasi xv
Kata Pengantar xvii
Daftar Isi xix
Daftar Gambar xxv
Daftar Tabel xxvii
Daftar Lampiran xxix

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang Masalah 1
B. Identifikasi Masalah 10
C. Pembatasan Masalah 10
D. Perumusan Masalah 11
E. Tujuan Penelitian 11
F. Manfaat Penelitian 11
G. Kerangka Teori 13
H. Tinjaun Pustaka dan Penelitian Terdahulu yang Relevan 25
I. Metodologi Penelitian 36
J. Jadwal Penelitian 40
K. Sistematika Penulisan 41

BAB II KAJIAN TEORI SINKRONISASI, PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM, DAN NET ZERO EMISSIONS..... 45

A. Definisi dan Konsep Dasar Sinkronisasi..... 45
1. Pengertian Sinkronisasi dalam Konteks Pengelolaan, Manajemen dan Teknologi..... 45
2. Pentingnya Sinkronisasi untuk Efisiensi dan Efektivitas Pengelolaan 60
B. Kajian Teori Tentang Sinkronisasi 63
1. *Co-Creation Theory* 63
2. Teori *Governing The Commons* 77
3. Teori *Polycentric Governance* 80
4. Teori *Common Good*..... 83
2. Teori *Dynamic Capabilities* 87
5. *Steady State Economics*..... 89
6. *Ipccteori Ecological Modernisation*..... 92
7. Teori *Smart Grid and Energy Transition* 95
C. Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi)..... 97
1. Sumber Daya Alam Energi 97
2. Pengelolaan Sumber Daya Alam (SDA) Energi 99
3. Sinkronisasi Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi) 101
D. Teori Rumah Kaca dan *Net Zero Emissions* (NZE)..... 102
1. Dasar Fisika Energi Matahari dan Radiasi Elektromagnetik 102
2. Mekanisme Pemanasan Bumi dan Efek Rumah Kaca 102
3. Perbedaan Inframerah Matahari dan Inframerah Bumi..... 103
4. Gas Rumah Kaca dan Dasar Kuantitatif Emisi Karbon 103
5. Perkembangan Emisi Global dan Tantangan NZE 104
6. Strategi Pengurangan Emisi dalam Kerangka NZE 104
7. Dimensi Etis dan Normatif NZE dalam Perspektif Al-Qur'an..... 105
8. Kesimpulan Teoretis Bab II.D 105
E. Sintesis Teoretis dan Arah Pendekatan Normatif Penelitian 106
F. Teori Model dan Kerangka Konseptual Sinkronisasi PLN–PLTS Menuju Net Zero Emissions 2060 107
1. Pengertian dan Fungsi Model dalam Penelitian..... 107
2. Perbandingan Teori-Teori Model..... 110
3. Dasar Pemilihan Model Penelitian..... 113
4. Sintesis Teori Model Penelitian 116
5. Kerangka Konseptual Penelitian 119

BAB III ANALISA PENGELOLAAN ANTARA PUSAT LISTRIK NEGARA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA . 123

A. PLN dan Kerangka Tata Kelola Energi Nasional 123
1. Peran Strategis PLN dalam Sistem Ketenagalistrikan Nasional..... 123
2. Kerangka Regulasi dan Kebijakan Energi Nasional 124
3. Sejarah dan Transformasi Kelembagaan PLN 127
4. PLN dalam Kerangka Tata Kelola Energi Nasional dan Target NZE..... 128

B. Landasan Teknis dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)..... 140
1. Definisi PLTS dan Prinsip Kerja Efek Fotolistrik 141
2. Komponen, Output Daya, dan Struktur PLTS 141
3. Klasifikasi PLTS Bedasar Sistem, Teknologi dan Pemasangan..... 143
4. Perkembangan PLTS Global, ASEAN, dan Indonesia 146
5. Pengaruh Faktor Alam terhadap Kinerja PLTS 149
6. Landasan Teoretis Integrasi dan Pengembangan PLTS..... 152

C. Pengelolaan PLTS oleh PLN dan Pengembangan PLTS Di Indonesia 157
1. Lingkup dan Peran PLN dalam Pengelolaan PLTS Nasional..... 157
2. Manajemen Tata Kelola Energi Terbarukan oleh PLN..... 159
3. Skema Pengadaan Pembangunan dan Pengelolaan PLTS ... 161
4. Investasi dan Pendanaan Pengembangan PLTS..... 163
5. Tantangan Tata Kelola dan Evaluasi Koordinasi PLN–PLTS..... 166
2. Penguatan Tata Kelola PLN–PLTS dan Rekomendasi Kebijakan 168
6. Model *Co-Creation* dan Pengembangan Wirausaha Mandiri Berbasis PLTS..... 170

D. Pengelolaan Sumber Daya Alam Menuju *Net Zero Emission (Nze)* 2060..... 176
1. Pengertian Pengelolaan Sumber Daya Alam Menuju NZE 2060..... 176
2. Perkembangan Pengelolaan SDA Indonesia Menuju NZE.. 177
3. Hambatan dan Tantangan Pengelolaan SDA Menuju NZE 2060..... 179
4. Analisis Kuantitatif Emisi Karbon dan Kapasitas Pembangkit Menuju NZE 2060..... 182
5. LCOE Sebagai Instrumen Kebijakan NZE 186

BAB IV ISYARAT AL-QUR'AN TENTANG SINKRONISASI DAN PENGELOLAAN ENERGI LISTRIK 193

A. Sinkronisasi Pengelolaan dalam Al-Qur'an 193
1. Isyarat Al-Qur'an Tentang Sinkronisasi Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi Pusat Listrik Negara - Pustat Listrik Tenaga Surya - *Net Zero Emissions* 194
2. Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan SDM, Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE . 215
B. Pengelolaan Sumber Daya Alam dalam Al-Qur'an 231
1. Isyarat Al-Qur'an tentang Sumber Daya Alam (Energi), Panas, dan Material Pencetus Emisi 231
2. Pengelolaan Sumber Daya Energi Alam dalam al-Qur'an... 245
C. Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS 257
D. Isyarat Dimensi Pengelolaan Sumber Daya Alam dalam *Asma' al-Husna* 267
E. Isyarat Al-Qur'an Tentang Sinkronisasi, Pengelolaan SDM, dan Sumber Daya Alam (Energi) 282

BAB V MODEL SINKRONISASI PENGELOLAAN PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DAN PUSAT LISTRIK TENAGA SURYA MENUJU NET ZERO EMISSION 2060 DALAM PERSPEKTIF AL-QUR'AN 289

A. Landasan Teoretis dan Normatif Model Sinkronisasi Energi PLN–PLTS 289
B. Analisis Kesenjangan dan Tantangan Sinkronisasi Pengelolaan Energi PLN–PLTS (Perubahan) 291
C. Kerangka Konseptual Model Sinkronisasi Pengelolaan Energi PLN–PLTS 293
D. Enam Model dan Satu Layer Etik dalam Sinkronisasi Energi .. 296
1. Sinkronisasi Sistem Energi 297
2. Sinkronisasi Kelembagaan dan *Governance Energi* 307
3. Sinkronisasi Investasi dan Pembiayaan Energi 318
4. Sinkronisasi SDM, Teknologi, dan Integritas 332
5. Sinkronisasi Keadilan Distribusi Energi 341
6. Sinkronisasi Dekarbonisasi dan Keberlanjutan Energi 349
7. Penguatan Etik Pengelolaan Energi Berbasis Asmaul Husna dalam Sinkronisasi PLN–PLTS Menuju *Net Zero Emission* 2060 364
E. Implementasi dan Transformasi Sistem Energi Menuju *Net Zero Emission* 2060 378
F. Evaluasi Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN-PLTS 401

BAB VI PENUTUP 414
A. Kesimpulan 414
B. Implikasi Hasil Penelitian 415
C. Saran..... 416
DAFTAR PUSTAKA 423
LAMPIRAN
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Value Creation as Co-Creation Paradigm	73
Gambar 3.1	Implementasi Co-Creation Theory dalam Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS Menuju NZE 2060.....	172

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Keterkaitan Tga Dimensi Sinkronisasi.....	59
Tabel 2.2	Peta Posisi Pengusaha Mandiri dalam Paradigma Co-Creation.	75
Tabel 2.3	Perbandingan *Co-Creation* 2010 dan 2014	77
Tabel 2.4	Eight Design Principles dalam CPR.....	78
Tabel 2.5	Perbandingan dengan *Co-Creation dan Polycentric Governance*	80
Tabel 2.6	Perbandingan Polycentric Governance, Governing the Commons, dan Co-Creation	83
Tabel 2.7	Perbandingan Common Good, Co-Creation, dan Polycentric Governance.....	86
Tabel 2.8	Perbandingan Dynamic Capabilities dengan *Co-Creation dan Polycentric Governance*	88
Tabel 2.9	Perbandingan dengan *Co-Creation, Polycentric Governance, dan Common Good.*.....	91
Tabel2.10	Perbandingan dengan Common Good dan Steady-State Economics.....	94
Tabel2.11	Perbandingan Smart dengan *Co-Creation dan Polycentric Governance*	97
Tabel2.12	Perbandingan Energi Fosil dan Energi Terbarukan...	99
Tabel 3.1	Hirarki Dokumen Perencanaan Energi Nasional.....	130
Tabel 3.2	Periodisasi dan Capaian RUPTL di Indonesia (2006–2025).....	132
Tabel 3.3	Analisa Target NZE berdasarkan Kajian Hukum, Ilmiah, Teknis, Indonesia.....	135
Tabel 3.4	Dokumen Nasional Acuan Target NZE	137
Tabel 3.5	Proyeksi Kapasitas PLTS Nasional hingga 2060	139

Tabel 3.6 Kapasitas Terpasang Energi Surya Dunia, 2015–2024 (MW) ... 147
Tabel 3.7 Kapasitas PLTS Kawasan Asia, 2015–2024 (MW) 137
Tabel 3.8 Komparasi Pertumbuhan, LCOE, Smart Grid, Investasi dan Kapasitas PLTS: Dunia, ASEAN, dan Indonesia (2024) 148
Tabel 3.9 Hubungan Fenomena Alam, Dampaknya terhadap PLTS, dan Korelasi Qur'ani 151
Tabel 3.10 Evaluasi Capaian PLTS Nasional terhadap Target Pra-2025 167
Tabel 3.11 Analisis Penyebab Kesenjangan Target dan Realisasi PLTS 169
Tabel 3.12 Evaluasi Pengelolaan Berbagai Jenis PLTS 173
Tabel 3.13 Emisi Nasional Indonesia Menurut LTS–LCCR dan NZE 2060 ($MtCO_2e$) 183
Tabel 3.14 Struktur Emisi Sektor Energi Indonesia pada 2060 (Skenario NZE) 184
Tabel 3.15 Perbandingan Intensitas Emisi Pembangkit (Indikatif) 184
Tabel 3.16 Perkiraan Emisi PLTS Indonesia 185
Tabel 3.17 Ringkasan LCOE dan Arah Tren 187
Tabel 3.18 Backbone "PLTS vs Fosil: Emisi, LCOE, Governance, NEK". 189
Tabel 4.1 Isyarat Al-Qur'an tentang Sinkronisasi Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE 194
Tabel 4.2 Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan SDM, Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE 216
Tabel 4.3 Isyarat Al-Qur'an tentang Energi, Panas, dan Material Emisi ... 233
Tabel 4.4 Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi). 247
Tabel 4.5 Isyarat Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS Perspektif Al-Qur'an 260
Tabel 4.6 Isyarat Asma al-Husna sebagai Teladan Ilahi dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam 269
Tabel 5.1 Kerangka Evaluasi Etik & KPI Sistem Energi PLN–PLTS 380
Tabel 5.2 Ekosistem Industri PLTS Indonesia dalam Perspektif Regulasi Ketenagalistrikan 389
Tabel 5.3 Transformasi Usaha PLTS dari Komunitas menjadi Perusahaan 390
Tabel 5.4 Pemetaan Regulasi PUPR (LPJKN) dan ESDM dalam Ekosistem Industri PLTS 391
Tabel 5.5 Penjabaran Co-Created Outcomes dalam Perspektif Al-Qur'an 394
Tabel 5.6 Sintesis Implementasi Model Qur'ani dalam Sinkronisasi PLN–PLTS 398
Tabel 5.7 Benchmark KPI Global Transisi Energi 2030–2050 411
Tabel 5.8 Roadmap KPI Nasional Indonesia Menuju NZE 2060 413

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Global Intensitas Radiasi Matahari Berdasarkan Global Horizontal Irradiation (GHI) dan Direct Normal Irradiation (DNI) sebagai Dasar Pengembangan Energi Surya (PLTS).	465
Lampiran 2	Sebaran Potensi EBT Indonesia Berdasarkan Wilayah Sistem Kelistrikan Nasional	466
Lampiran 3	Ringkasan Potensi Teknis Solar PV Indonesia Berdasarkan Luas Area, Kapasitas, dan Potensi Energi	467
Lampiran 4	Visualisasi Pengaruh Kecepatan Angin dan Volume Udara terhadap Efisiensi Sistem PLTS	468
Lampiran 5	Komposisi Material dan Fungsi Teknis Lapisan Sel Surya Fotovoltaik pada Sistem PLTS	468
Lampiran 6.1	Proyeksi Kapasitas Pembangkit Nasional menuju Net Zero Emission 2060 (Sumber: DJEBTKE Draft Roadmap 2025–2060, 2024).	470
Lampiran 6.2	Proyeksi Kapasitas Pembangkit Nasional Berdasarkan RUKN dan RUPTL PLN menuju Net Zero Emission 2060	470
Lampiran 7	Proyeksi Pengembangan Kapasitas Pembangkit EBT dan Fosil dalam RUKN 2025–2060 (Satuan: GW/Gigawatt)	471
Lampiran 8	Interkoneksi Supergrid dan Proyeksi Investasi Infrastruktur Ketenagalistrikan Nasional	472
Lampiran 9	Dinamika Kebijakan PLTS Atap dan Perubahan Skema Net Metering di Indonesia (Tiga Kali Perubahan Regulasi PLTS Atap di Indonesia).	472

Lampiran 10 Perbandingan Regulasi dan Insentif PLTS Atap antara Amerika Serikat dan Indonesia dalam Perspektif Transisi Energi 473
Lampiran 11 Perbandingan Faktor Emisi Pembangkit Listrik Berdasarkan Standar IPCC, IEA, NREL, dan Faktor Emisi Indonesia 474
Lampiran 12 Proyeksi Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia Berdasarkan Skenario LTS-LCCR menuju Net Zero Emission 2060 474
Lampiran 13 Roadmap Target Bauran Energi Primer dan Penurunan Emisi dalam Rancangan PP KEN Baru menuju NZE 2060 .. 475
Lampiran 14 Proyeksi Levelized Cost of Electricity (LCOE) Berbagai Jenis Pembangkit Tahun 2030 dan 2050 476
Lampiran 15 Proyeksi Kapasitas Kelistrikan Global menuju Net Zero Emission 2050 Berdasarkan Skenario IEA 477
Lampiran 16 Proyeksi Emisi CO_2 Global Berdasarkan Skenario Net Zero Emission 2050 menurut International Energy Agency (IEA).. 478
Lampiran 17 Perbandingan Capital Cost, Capacity Factor, dan LCOE Teknologi Pembangkit Listrik di Berbagai Negara dalam Skenario NZE..... 479
Lampiran 18 Emisi Energi dan Kontribusi PLTS Menuju NZE 2060..... 480
Lampiran 19. Tabel Derivasi Kata dari Term-Term Sinkronisasi dalam Al-Qur'an 481
Lampiran 20. Tabel Daftar Singkatan Dalam Disertasi 497

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perubahan iklim global, peningkatan emisi karbon, dan pemanasan global mendorong banyak negara melakukan transisi energi dari energi fosil menuju energi terbarukan. Dalam konteks global, pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi masa depan menjadi perhatian penting di berbagai negara. Salah satu energi terbarukan yang mengalami perkembangan paling cepat adalah energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Menurut Hamed H. Pourasl, kontribusi energi surya terhadap produksi listrik global secara umum masih sekitar 3,6%, namun energi surya telah menjadi salah satu teknologi energi terbarukan dengan pertumbuhan tercepat di dunia dan mencakup hampir 31% dari total kapasitas energi terbarukan terpasang pada tahun 2022, menjadikannya sumber energi terbarukan terbesar kedua setelah energi hidro[1]. Laporan *International Energy Agency* (IEA) menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit listrik tenaga surya (*solar PV*) dunia telah mencapai lebih dari 1,86 TW pada tahun 2024[2] dan diproyeksikan meningkat menjadi lebih dari

[1]Hamed H. Pourasl, "Solar Energy Status in the World: A Comprehensive Review," *Science Direct*, diakses 15 November 2024, hal. 1–15, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723010084

[2]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Capacity Statistics 2025*, Abu Dhabi: IRENA, 2025, Global Summary Table, hal. 6–8

5.000 GW pada tahun 2030[3] Sementara itu, *International Renewable Energy Agency* (IRENA) memperkirakan bahwa energi surya dapat memenuhi sekitar 25% kebutuhan listrik dunia pada tahun 2050 dan menjadi salah satu tulang punggung sistem energi global menuju *Net Zero Emission* (NZE).[4]

Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena berada di wilayah khatulistiwa dengan intensitas penyinaran matahari yang relatif stabil sepanjang tahun. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sebelumnya memperkirakan potensi energi surya Indonesia sekitar 207,8 GW sebagaimana tercantum dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).[5] Namun, kajian terbaru dari *Institute for Essential Services Reform (IESR*) melalui laporan *Beyond 207 Gigawatts* menunjukkan bahwa potensi teknis PLTS Indonesia dapat mencapai sekitar 3.294 GWp hingga lebih dari 20.000 GWp tergantung pada pendekatan pemanfaatan lahan, kesiapan infrastruktur jaringan, kawasan konservasi, serta pengembangan PLTS atap, terapung, dan skalautilitas.[6]

Sebagai bagian dari upaya global ini, Indonesia telah menetapkan kontribusinya dalam *Nationally Determined Contributions* (NDC) yang mencakup mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Sejalan dengan ketentuan *Paris Agreement*, pemerintah Indonesia mengeluarkan Undang-Undang No. 16 Tahun 2016 yang mengesahkan menetapkan target pengurangan emisi nasional sesuai *Paris Agreement*.[7]

Pemerintah Indonesia telah menyusun berbagai roadmap transisi energi nasional melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN), Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN), dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN sebagai bagian dari strategi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), pemerintah menetapkan target bauran energi baru terbarukan minimal sebesar 23% pada tahun 2025 dan meningkat menjadi

---

[3]International Energy Agency (IEA), *Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028*,Paris: IEA Publications, 2023, hal. 23–27.

[4]International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*..., hal. 95–101.

[5]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional* ,Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2017,, Lampiran I, hal. 20 dan 63.

[6]Institute for Essential Services Reform (IESR), *Beyond 207 Gigawatts: Unleashing Indonesia's Solar Potential*, Jakarta: IESR, 2021, hal. 7–15.

[7]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2016, *(Persetujuan Paris atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim)*, pasal 2-4

minimal 31% pada tahun 2050.[8] Selanjutnya, dalam Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang RUEN, pemerintah memproyeksikan kapasitas pembangkit listrik nasional meningkat dari sekitar 115 GW pada tahun 2025 menjadi sekitar 430 GW pada tahun 2050[9].

Roadmap tersebut diperkuat melalui RUKN 2025–2060 yang memproyeksikan kapasitas pembangkit nasional meningkat menjadi sekitar 443 GW pada tahun 2060 dengan dominasi energi baru terbarukan dan *Variable Renewable Energy* (VRE).[10] Dalam roadmap tersebut, kapasitas PLTS diproyeksikan meningkat dari sekitar 3 GW pada tahun 2025 menjadi sekitar 35 GW pada tahun 2040, sekitar 88 GW pada tahun 2050, dan mencapai sekitar 109 GW pada tahun 2060.[11] Sedangkan menurut RUEN tahun 2017, pada tahun 2025 kapasitas daya terpasang PLTS sebesar 6,5 GW, pada tahun 2030 kapasitas daya terpasang sebesar14.2 GW, pada tahun 2040 kapasitas nya terpasang sebesar 17.8 GW tahun 2050 Kapaitas terpasang sebesar 45 GW[12] dan target tahun 2060 sebesar 115 GW.[13]

Selain itu, pemerintah dan PLN melalui RUPTL PLN 2025–2034 menargetkan tambahan kapasitas pembangkit sebesar 69,5 GW hingga tahun 2034, di mana sekitar 42,6 GW berasal dari energi baru terbarukan dan sekitar 10,3 GW berasal dari sistem penyimpanan energi (*storage*). Dalam roadmap tersebut, PLTS menjadi kontributor terbesar dengan target tambahan kapasitas sekitar 17,1 GW[14]

---

[8]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional* ,Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2014, Pasal 9 dan Pasal 11.

[9]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional...,*Lampiran I, hal. 63.

[10]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia**,** *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional(RUKN)2025-2060* , Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2025,hal.4-7.

[11]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025-2060*, *grafik proyeksi kapasitas pembangkit nasional* 2025–2060,.., hal. 133–135

[12]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional*..., Lampiran I. hal. 63.

[13]Eniya Listiani, Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian *ESDM RI,* "Energy Transition Policy to Achieve Net Zero Emission: Solar Energy, Submit Agustus 2024"…, hal. 5.

[14]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/ TL.03/ MEM.L/2025 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2025 sampai dengan Tahun 2034* (*RUPTL 2025-2034)*, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2025, Bab IV, hal. IV-18 sampai IV-25.

Meskipun roadmap nasional pengembangan PLTS menunjukkan target yang sangat besar, realisasi pengembangan PLTS nasional masih relatif rendah. Berdasarkan RUKN 2025–2060, kapasitas pembangkit nasional pada tahun 2024 mencapai sekitar 101 GW, di mana sekitar 85% masih berasal dari energi fosil dan energi baru terbarukan baru mencapai sekitar 15%[15]. Dari total kapasitas energi baru terbarukan` tersebut, kapasitas PLTS nasional baru mencapai sekitar 0,91 GW atau kurang dari 1% dari total kapasitas pembangkit nasional.[16] Data tersebut menunjukkan adanya kesenjangan besar antara roadmap pengembangan PLTS nasional dan implementasi aktual di lapangan. Padahal roadmap RUKN menunjukkan bahwa sistem ketenagalistrikan Indonesia akan mengalami transformasi besar dari sistem berbasis energi fosil menuju sistem berbasis energi terbarukan dengan dominasi PLTS sebagai salah satu tulang punggung utama pembangkit nasional menuju NZE 2060

Pengembangan PLTS di Indonesia masih menghadapi berbagai hambatan teknis dan infrastruktur. Integrasi PLTS ke jaringan PLN masih menghadapi keterbatasan *hosting capacity*, tingginya *curtailment*, dominasi pembangkit fosil, keterbatasan *smart grid*, serta belum optimalnya pengembangan teknologi penyimpanan energi (*energy storage system*)[17]

Selain itu, intermitensi energi surya menyebabkan sistem ketenagalistrikan nasional memerlukan fleksibilitas sistem, *balancing system*, dan supergrid interkoneksi antarwilayah agar stabilitas sistem tetap terjaga.[18]

Indonesia juga masih menghadapi ketergantungan terhadap impor panel surya, inverter, dan baterai sehingga berdampak terhadap biaya pembangunan PLTS dan keterbatasan penguasaan teknologi nasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS tidak hanya memerlukan pembangunan pembangkit, tetapi juga sinkronisasi sistem energi nasional secara menyeluruh.

Pada aspek kebijakan dan tata kelola, pengembangan PLTS di Indonesia masih menghadapi ketidaksinkronan regulasi, perubahan kebijakan, dan belum optimalnya koordinasi antar pemangku kepentingan yang berdampak terhadap kepastian investasi dan percepatan transisi energi nasional. Pemerintah sebenarnya telah mengeluarkan berbagai regulasi untuk

---

[15]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025-2060*..., Gambar 17, hal. 113.

[16]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025-2060*...,Gambar 20, hal. 120.

[17]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*, Berlin: Springer, 2017, hal. 13–25.

[18]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 85.K/TL.01/MEM.L /2025 tentang RUKN 2025-2060*..., hal. 136–140.

mendukung pengembangan energi terbarukan, antara lain Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), serta Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.[19]

Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 memberikan dasar hukum percepatan pengembangan energi terbarukan melalui pengaturan harga pembelian tenaga listrik energi terbarukan, pengurangan bertahap PLTU batubara, serta mekanisme penunjukan langsung proyek energi terbarukan tertentu kepada pengembang *Independent Power Producer* (IPP)[20]. Selain itu, pemerintah juga telah menerbitkan berbagai regulasi PLTS atap melalui Permen ESDM Nomor 49 Tahun 2018, Permen ESDM Nomor 13 Tahun 2019, Dalam Peraturan Menteri ESDM Tahun 2018, menyebutkan Kapasitas Sistem PLTS Atap dibatasi paling tinggi 100% (seratus persen) dari daya tersambung Konsumen PT PLN (Persero)dan Energi listrik Pelanggan PLTS Atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh Ekspor yang tercatat pada meter kWh ekspor-impor dikali 65% (enam puluh lima persen)[21]

Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021, Energi listrik Pelanggan PLTS Atap yang diekspor, dihitung berdasarkan nilai kWh Ekspor yang tercatat pada Meter kWh Ekspor-Impor dikali 100% (seratus persen).[22] dan Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2024 merevisi regulasi terkait PLTS atap menyatakan *kelebihan energi listrik dari Sistem PLTS Atap yang masuk ke jaringan Pemegang IUPTLU tidak diperhitungkan dalam penentuan jumlah*

---

[19]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi; Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan; Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional; Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional.

[20]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia**,** *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2022, Pasal 1–9.

[21]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2018, Pasal 5 Ayat (1) dan Pasal 6 Ayat (1).

[22]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2021, Pasal 5–6.

tagihan listrik Pelanggan PLTS Atap.[23] Dengan demikian, perubahan kebijakan *net-metering*, kuota PLTS atap, kompensasi ekspor listrik, dan mekanisme integrasi PLTS ke jaringan PLN masih menimbulkan ketidakpastian bagi investor dan masyarakat sehingga berdampak terhadap perlambatan pengembangan PLTS nasional.

Pengembangan PLTS menuju NZE 2060 memerlukan investasi yang sangat besar. Kebutuhan pembiayaan tidak hanya mencakup pembangunan pembangkit PLTS, tetapi juga pembangunan jaringan transmisi, *smart grid*, *storage*, digitalisasi sistem, dan penguatan infrastruktur ketenagalistrikan nasional[24] Keterbatasan kemampuan investasi pemerintah dan PLN menyebabkan pengembangan PLTS memerlukan dukungan *green financing*, investor swasta, *Independent Power Producer* (IPP), lembaga keuangan internasional, dan kolaborasi multiaktor dalam pengembangan energi nasional. Selain itu, pengembangan PLTS juga memerlukan partisipasi masyarakat melalui pendekatan *co-creation* yang mendorong pertumbuhan bersama (*growing together*) antara pemerintah, PLN, industri, investor, komunitas, dan masyarakat dalam ekosistem energi nasional[25].Pendekatan tersebut memungkinkan keterlibatan masyarakat tidak hanya sebagai konsumen energi, tetapi juga sebagai bagian dari pengembangan ekonomi energi melalui usaha kecil, menengah, hingga industri besar, seperti pemasangan PLTS atap rumah tangga, koperasi energi, industri komponen PLTS, usaha instalasi dan perawatan sistem surya, hingga pengembangan kawasan industri berbasis energi bersih.[26] Selain aspek teknis dan pembiayaan, pengembangan PLTS juga menghadapi berbagai hambatan pada aspek SDM, teknologi, dan sosial energi. Penguasaan teknologi *smart grid*, *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), digitalisasi sistem energi, dan teknologi *energy storage system* masih relatif terbatas.[27] Indonesia juga masih menghadapi ketergantungan terhadap impor panel surya, inverter, baterai, dan komponen pendukung PLTS lainnya sehingga

---

[23]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap,* Jakarta: Kementerian ESDM, 2024

[24]Kementerian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 85.K/TL.01/MEM. L/2025 tentang RUKN 2025–2060*…, hal. 130–145.

[25]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *e Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014, hal. 25–31.

[26]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023*..., hal. 12–18.

[27]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., hal. 13–25.

berdampak terhadap biaya pembangunan serta keterbatasan penguasaan teknologi nasional.[28]

Dalam jangka pendek, target pemerintah adalah meningkatkan kapasitas PLTS terpasang menjadi 6.5 GW pada 2025, yang memerlukan biaya sekitar 4.44 Milyar USD atau sebesar Rp.75 Trilliun[29] untuk kusus PLTS atap target 2025 sebesar 3.6 GW. Hingga tahun 2023,sudah berjalan 8 tahun dari tahun berlakunya UU no 16 tahun 2016, realisasi kapasitas daya terpasang baru mencapai 170,7 MWp untuk PLTS Atap, 565,38 MWp[30]untuk gabungan PLTS atap , large Scale, dan Floating (estimasi 386.154 USD) atau 8.67% dari target tahun 2025 atau 0,49 % dari target Kapasitas daya Saat NZE th 2060 sebesar 115 GW, menunjukkan perlunya biaya investasi yang besar untuk mengejar target, diperlukan 683,8 Juta USD/GW, atau 78.185 juta USD untuk 114,34 GW, atau 21,71 juta usd per tahun.atau 345 Trilliun rupiah per tahun.(dengan asumsi tiap tahun dipasang sama pertambahan kapasitas PLTS),

RUPTL 2025–2034 menunjukkan bahwa sekitar 71 persen tambahan kapasitas pembangkit direncanakan dikembangkan oleh IPP, sedangkan sisanya oleh PLN. Pola ini mencerminkan keterbatasan kapasitas keuangan PLN sekaligus kebijakan pemerintah untuk mendorong partisipasi swasta dalam pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan[31].sedangkan menutut RUKN 2025-2060, diperlukan investasi 139.203 Juta USD[32]atau 2.300 Trilliun Rupiah sampai dengan tahun 2060. atau 65 Trilliun rupiah per tahun(lengkap dengan sistem).

Pada aspek sosial, kesadaran masyarakat terhadap energi bersih dan partisipasi masyarakat dalam pengembangan PLTS atap juga masih relatif rendah. Padahal transisi energi nasional tidak hanya berkaitan dengan teknologi dan investasi, tetapi juga meme.rlukan penguatan SDM,

---

[28]Kementerian ESDM RI, *Handbook Energi Surya Indonesia*, Jakarta: Direktorat Jenderal EBTKE, 2023, hal. 45–53.

[29]Eniya Listiani, "Energy Transition Policy to Achieve Net Zero Emission: Solar Energy," *presentasi* pada Indonesia Solar Summit 2024, Submit Agustus 2024,..,hal. 7.

[30]Eniya Listiani, Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian *ESDM RI,* "*Energy Transition Policy to Achieve Net Zero Emission: Solar Energy*"Submit Agustus 2024…, hal. 7.

[31]Kementrian ESDM RI, Keputusan Menteri ESDM No *188.K/ TL.03/ MEM.L/2025* tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034..., hal. VI.1–VI.6.

[32]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN)*, disampaikan oleh Direktur Pembinaan Program Ketenagalistrikan pada acara "Diseminasi RUKN dan RUPTL PLN 2025–2034," Jakarta, 2 Juni 2025.

pendidikan energi, transfer teknologi, serta keterlibatan masyarakat dalam mendukung pembangunan energi berkelanjutan.[3326]

Berbagai persoalan teknis, regulasi, investasi, SDM, distribusi energi, dan dekarbonisasi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS di Indonesia tidak dapat dilakukan secara parsial, tetapi memerlukan pendekatan pengelolaan yang lebih terintegrasi dan kolaboratif antara PLN, pemerintah, investor, industri, akademisi, komunitas, dan masyarakat.[34]

Dalam konteks tersebut, pengembangan PLTS menuju NZE 2060 memerlukan kajian mengenai sinkronisasi pengelolaan energi yang mencakup berbagai aspek, seperti sistem dan infrastruktur ketenagalistrikan, tata kelola kelembagaan dan kebijakan energi, investasi dan pembiayaan, SDM dan teknologi energi, distribusi energi, serta keberlanjutan lingkungan dan dekarbonisasi energi nasional.[35]

Kajian tersebut menjadi penting karena transformasi energi nasional tidak hanya berkaitan dengan pembangunan pembangkit listrik, tetapi juga menyangkut integrasi sistem energi, harmonisasi kebijakan, kesiapan teknologi, partisipasi masyarakat, serta keberlanjutan pengelolaan sumber daya energi menuju NZE 2060

Penelitian ini menggunakan Teori *Co-Creation* sebagai teori utama untuk menjelaskan pentingnya kolaborasi multiaktor dalam pengembangan PLTS menuju NZE 2060. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan teori *Governing the Commons*, *Polycentric Governance*, *Smart Grid and Energy Transition*, *Dynamic Capabilities*, *Ecological Modernization*, *Steady-State Economics*, dan *Common Good* sebagai teori pendukung dalam menganalisis sinkronisasi pengelolaan energi nasional.[36]

Teori ini menekankan keterlibatan aktif dan inovasi bersama yang sangat relevan dalam konteks sinkronisasi antara PLN dan PLTS untuk mempercepat transisi menuju sistem energi terbarukan yang berkelanjutan, mendukung percepatan pencapaian target *Net Zero Emission* (*NZE*) 2060 melalui pendekatan kolaboratif dan partisipatif.

Namun, terdapat beberapa teori yang mengkritisi gagasan penciptaan nilai bersama berbasis kolaborasi, seperti: Teori Des-Sinkoronisasi

---

[33]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023*..., hal. 12–18.

[34]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990, hal. 88–102.

[35]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change" *...,* vol. 20, no. 4 (2010): hal. 550–557.

[36]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31; Herman E. Daly, *Steady-State Economics*..., David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* vol.18, no. 7, hal. 509–533.

(Ketidaksinkronan Sosial[37],Teori Konflik Sosial,[38]Teori De-diferensiasi[39] danTeori Tragedi Bersama (*Tragedy of the Commons*).[40]

Selain menggunakan teori ilmiah modern, penelitian ini juga mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an seperti *niẓām* (keteraturan), *mīzān* (keseimbangan), amanah, *ta'āwun* (kerja sama), larangan *fasād* (kerusakan), dan larangan *isrāf* (pemborosan) sebagai landasan etik dalam pengelolaan energi dan lingkungan.[41]

Penelitian sebelumnya umumnya membahas pengembangan PLTS dari aspek teknis, regulasi, investasi, dan transisi energi secara parsial. Namun demikian, penelitian yang membahas sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS secara integratif melalui pendekatan teori ilmiah modern dan perspektif Al-Qur'an menuju NZE 2060 masih relatif terbatas.[42]
Penelitian ini berupaya mengintegrasikan:

1. Problematika empiris pengelolaan PLN–PLTS;
2. Teori ilmiah modern terkait transisi energi;
3. Nilai-nilai Al-Qur'an dalam pengelolaan energi; dan
4. Model sinkronisasi energi nasional menuju NZE 2060[43]

---

[37]Louis Althusser*, For Marx*, diterjemahkan oleh Ben Brewster, London: Alen Lane, The Penguin Press, 1969, hal. 87.

[38]Karl Marx dan Friedrich Engels, *The Communist Manifesto*, London: Penguin Classics, 2015.,hal.42.

[39]Scott Lash, *Sociology of Postmodernism*, London: Routledge, 1990, hal.45.

[40]Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons," *Science* 162, no. 3859 ,1968: hal. 124–131.

[41]Nilai *niẓām* dirumuskan dari QS al-Mulk/67:3–4; *mīzān* dari QS ar-Raḥmān/55:7–9; amanah dari QS an-Nisā'/4:58 dan QS al-Aḥzāb/33:72; *ta'āwun* dari QS al-Mā'idah/5:2; *fasād* dari QS al-A'rāf/7:56; dan *isrāf* dari QS al-A'rāf/7:31, sebagaimana dijelaskan dalam Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 5, hal. 256.tentang Amanah QS an-Nisā'/4:58, juga tentang kesimbangan dijelaskan dalam ayat *mīzān* dari QS ar-Raḥmān/55:7–9, oleh Mufasir Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr: Taḥrīr al-Maʿnā al-Sadīd wa-Tanwīr al-ʿAql al-Jadīd min Tafsīr al-Kitāb al-Majīd*, Tunis: al-Dār al-Tūnisiyyah li-al-Nashr, t.t., vol. 27, hal. 237; dan Chatibul Umam, Beberapa Aspek Ilmiah Tentang Al-Qur'an, Jakarta: Pustaka Litera Antar Nusa, Cet. II, 1986.

[42]Andy Wijaya, "Analisa Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia," *Jurnal Manajemen Bisnis dan Kewirausahaan* vol.7, no. 3 ,2023, hal. 501–514; Xin Zhao dan Mei Li, "Renewable Energy Transition and Solar Energy Development: Global Trends and Challenges," *Renewable Energy Journal* 2022, hal. 45–62; International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*..., 2023, hal. 95–101.

[43]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*..., serta QS al-Mulk/67:3–4, QS ar-Raḥmān/55:7–9, QS al-Mā'idah/5:2, QS al-A'rāf/7:31 dan 56.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengelolaan PLN–PLTS *existing* melalui pendekatan empiris, teori ilmiah, dan perspektif Al-Qur'an untuk membangun model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang melatarbelakangi perlunya sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 sebagai berikut:

1. Belum optimalnya sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS dalam mendukung percepatan pencapaian target Net Zero Emissions (NZE) 2060.
2. Masih terdapat ketidakselarasan kebijakan, perencanaan, dan implementasi antara PLN, pemerintah, dan pengembangan PLTS dalam sistem ketenagalistrikan nasional.
3. Masih terbatasnya integrasi aspek manajemen, teknologi, dan kelembagaan dalam pengelolaan PLN dan PLTS secara terpadu.
4. Belum optimalnya kolaborasi para pemangku kepentingan dalam pengembangan PLTS sebagai bagian dari sistem kelistrikan nasional yang dikelola PLN.
5. Belum adanya kerangka teoritis sinkronisasi pengelolaan yang secara khusus menjelaskan hubungan antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060.
6. Belum teridentifikasinya secara komprehensif isyarat, prinsip, dan nilai-nilai Al-Qur'an yang berkaitan dengan sinkronisasi pengelolaan sumber daya alam dan energi.
7. Belum tersusunnya model sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 yang berbasis teori ilmiah dan nilai-nilai Al-Qur'an.

Identifikasi masalah tersebut menjadi dasar dalam pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan penyusunan model sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 dalam perspektif Al-Qur'an

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah telah diuraikan dalam dokumen, pembatasan masalah bisa difokuskan sebagai berikut:

1. Pembahasan Sinkronisasi dalam penelitian ini difocuskan pada aspek dengan pengelolaan antara PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
2. Fokus penelitian juga mencakup pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emision* Tahun 2060.

3. Isyarat-isyarat Al-Qur`an yang dijadikan fokus penelitian adalah ayat-ayat yang berkaitan dengan tema Sinkronisasi pengelolaan sumber daya alam khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menuju *NZE* tahun 2060

D. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu pertama rumusan mayor yaitu bagaimana Model Sinkronisasi Pengelolaan Antara PLN-PLTS menuju NZE Perspektif Al-Qur'an berbasis teori ilmiah dan nilai-nilai Al-Qur'an, kemudian diperinci kedalam rumusan minor sebagai berikut:

1. Bagaimana kajian teori tentang sinkronisasi Sumber daya alam dan *Net Zero Emissions (NZE)*
2. Bagaimana kolaboratif antara PLN dan PLTS dalam mendukung pencapaian *Net Zero Emissions (NZE)* 2060?
3. Bagaimana isyarat Al-Qur'an yang berkaitan dengan teori sinkronisasi dan pengelolaan sumber daya alam?

E. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS yang efektif, berbsis teori ilmiah dan nilai-nilai Al-Qur'an, guna mendukung percepatan transisi energi di Indonesia menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan dan berkeadilan. Sejalan dengan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini secara khussus adalah:

1. Menganalisis Kajian Teori-teori Sinkronisasi Pengelolaan dalam konteks hubungan antara PLN dan PLTS Menuju *NZE* Perspektif Al-Qur'an
2. Mendeskripsikan praktek dan strategi pengelolaan antara PLN dan PLTS dalam upaya mendukung pencapaian target *Net Zero Emissions (NZE)*di Indonesia.
3. Menganalisis Isyarat dan prinsip Al-Qur'an yang berkaitan dengan teori Sinkronisasi dan pengelolaan Sumber Daya Alam
4. Merumuskan Model sinkronisasi pengelolaan energi antara PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emissions (NZE)* berbasis Teori imiah Sinkronisasi Pengelolaan dan nilai nilai Al-Qur'an

F. Manfaat Penelitian

Sesuai tujuan Penelitian yang telah disebutkan diatas, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat mengenai sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS, yang mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis:
   a. Mengembangkan Model Pengelolaan Baru, penelitian ini akan memberikan kontribusi pada literatur akademis dengan mengembangkan model pengelolaan energi terbarukan yang mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an. Model ini dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut dalam pengelolaan energi berkelanjutan.
   b. Meningkatkan Pemahaman tentang Sinkronisasi Kebijakan, dengan mengeksplorasi sinkronisasi antara kebijakan pemerintah dan kebutuhan operasional PLN, penelitian ini akan menawarkan wawasan teoritis tentang cara-cara meningkatkan efektivitas kebijakan energi terbarukan.
2. Manfaat Praktis:
   a. Panduan bagi Pembuat Kebijakan: Hasil penelitian ini akan berguna bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan atau merevisi kebijakan yang mendukung pengembangan PLTS di Indonesia. Saran kebijakan yang dihasilkan dapat membantu dalam menstabilkan regulasi dan memperkuat kerangka kerja untuk investasi energi terbarukan.
   b. Optimalisasi Integrasi PLTS: Dengan menyoroti isu-isu teknis dan manajerial dalam integrasi PLTS ke dalam sistem kelistrikan nasional, penelitian ini akan memberikan rekomendasi untuk peningkatan infrastruktur dan teknologi yang mendukung PLTS.
   c. Stimulasi Investasi: Analisis mengenai insentif ekonomi dan kebijakan fiskal dapat membantu dalam merancang insentif yang lebih efektif untuk menarik investasi swasta dan masyarakat ke dalam sektor PLTS.
   d. Peningkatan Partisipasi Publik: Dengan strategi edukasi dan sosialisasi yang efektif, hasil penelitian ini dapat membantu meningkatkan kesadaran publik dan keterlibatan masyarakat dalam penggunaan dan investasi pada PLTS.
   e. Pengembangan Industri Lokal: Saran untuk mendukung industri lokal dalam produksi komponen PLTS seperti panel surya,inverter dan baterai dapat membantu mengurangi ketergantungan pada impor dan memperkuat ekonomi domestik.
3. Manfaat Sosial dan Lingkungan:
   a. Menunjang Pencapaian Target Energi Terbarukan: Hasil penelitian ini akan membantu Indonesia dalam mencapai target bauran energi terbarukan sesuai dengan komitmen internasional dan nasional untuk netralitas karbon.
   b. Mendukung Keberlanjutan Lingkungan: Integrasi nilai-nilai Al-Qur'an seperti keadilan, keseimbangan, dan tidak boros akan mendukung pengembangan PLTS yang tidak hanya efisien tapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan.

c. Penyediaan Energi Bersih di Daerah Terpencil: Penelitian ini dapat memberikan solusi untuk meningkatkan akses ke energi bersih di daerah terpencil, yang berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup dan pembangunan ekonomi lokal.

Secara keseluruhan, manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya nasional dan global untuk transisi ke energi bersih, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

G. Kerangka Teori

Penelitian ini menggunakan kerangka teori untuk membangun fondasi ilmiah dalam sinkronisasi pengelolaan antara Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Kerangka teori tersebut mengintegrasikan teori utama, teori pendukung utama, dan teori pendukung tambahan yang digunakan secara komplementer dalam menjelaskan sinkronisasi sistem energi berbasis ilmu pengetahuan dan nilai-nilai Qur'ani. Pendekatan ini bertujuan membangun model pengelolaan energi yang harmonis, kolaboratif, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tantangan transisi energi nasional.[44]

1. Kajian Teori Tentang Sinkronisasi

Sinkronisasi pengelolaan dalam penelitian ini dipahami sebagai proses penyelarasan kebijakan, manajemen, dan teknologi antara PLN dan PLTS agar berjalan harmonis, efisien, dan saling mendukung menuju NZE 2060. Sinkronisasi tersebut mencakup integrasi sistem energi, koordinasi kelembagaan, pembiayaan, pengembangan SDM, distribusi energi berkeadilan, serta pengendalian dampak lingkungan.[45]

Menurut KBBI, sinkronisasi berarti "perihal menyinkronkan, penyerentakan, penyelarasan atau penyesuaian untuk mencapai kesamaan

---

[44]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.1–25; Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal.88–102; Michael D. McGinnis, *Polycentric Governance and Development* (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999), hal.45–67; Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal.71–89; Herman E. Daly, *Steady-State Economics*..., havol. l.17–35; David J. Teece, "Explicating Dynamic Capabilities," *Strategic Management Journal* 28, no. 13 (2007, hal. 1319–1325; Arthur P.J. Mol dan Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," *Environmental Politics* 9, no. 1 (2000): hal. 20–30; serta QS al-Mā'idah/5:2, QS ar-Raḥmān/55:7–9, QS al-Mulk/67:3–4, dan QS al-Aḥzāb/33:72.

[45]Mohanbir Sawhney, "Don't Homogenize, Synchronize," *Harvard Business Review* 80, no. 7 (2002): hal. 100–108; Barbara Gray, *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*, San Francisco: Jossey-Bass, 1989, hal.15–35; Mancur Olson, *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups* ,Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965, ,hal. 5–24; dan Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* (,..,), hal. 88–102.

gerak atau hasil, dalam tugasnya semua unsur wajib menerapkan prinsip prinsip koordinasi, integrasi[46]" Menurut Pikovsky dan Maistrenko, sinkronisasi merupakan fenomena universal dalam ilmu pengetahuan dan teknik yang memungkinkan dua sistem atau lebih bergerak secara koheren meskipun memiliki dinamika berbeda.[47] Stevenson menjelaskan bahwa sinkronisasi manajerial merupakan harmonisasi proses, waktu, dan sumber daya untuk mencapai efisiensi sistemik, sedangkan Tanenbaum dan van Steen menekankan pentingnya sinkronisasi teknis dalam menjaga konsistensi sistem distribusi dan komunikasi real-time.[48] Dengan demikian, teori sinkronisasi dalam penelitian ini digunakan untuk menjelaskan harmonisasi kebijakan, koordinasi manajemen, dan integrasi teknologi antara PLN dan PLTS secara berkelanjutan.[49]

a. Teori *Co-Creation*

Teori utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Co-Creation Theory* yang dikembangkan oleh C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy sejak tahun 2000.[50]Teori ini menekankan penciptaan nilai bersama (*value co-creation*) melalui keterlibatan aktif berbagai pemangku kepentingan seperti pemerintah, PLN, investor, industri, pengembang, dan masyarakat dalam pengelolaan sistem energi.

Perkembangan teori Co-Creation meliputi *Co-opting Customer Competence* (2000), *The Future of Competition* (2004), *The Power of Co-Creation* (2010), dan *The Co-Creation Paradigm* (2014), yang menunjukkan perkembangan konsep dari kolaborasi perusahaan–pelanggan menuju kolaborasi berbasis ekosistem dan platform digital.[51]

---

[46]Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Daring, "Sinkronisasi," diakses 8 November 2024, *https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sinkronisasi.*

[47]Arkady Pikovsky, Michael Rosenblum, dan Jürgen Kurths, *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, 2001, hal. 1–12.

[48]William Stevenson, *Operations Management*, New York: McGraw-Hill, 2005, 211–220; Andrew S. Tanenbaum dan Maarten van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, New Jersey: Pearson, 2002, hal. 95–110.

[49]Stephen P. Robbins dan Mary Coulter, *Management*, New Jersey: Pearson Education, 2012, hal. 321–330.

[50]C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, "Co-opting Customer Competence," *Harvard Business Review* 78, no. 1 ,2000, hal.79–87.

[51]C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*, 2004, Venkat Ramaswamy dan Francis J. Gouillart, *The Power of Co-Creation*, New York: Free Press, 2010; Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014.

Dalam konteks penelitian ini, teori Co-Creation digunakan untuk menjelaskan model sinkronisasi PLN–PLTS yang bersifat partisipatif, kolaboratif, dan berkelanjutan menuju NZE 2060.[52]

Contoh Penerapan Teori *Co-Creation*, adalah Nike,Lego, Starbucks, AirBnB,Unilever, gojek dan beberapa contoh negara yang berhasil menerapkan prinsip *Co-Creation* dalam pengembangan energi terbarukan:

1) Denmark: Koperasi energi yang dimiliki masyarakat lokal menjadi kunci dalam pengembangan energi angin.
2) Jerman (Energiewende):Pemerintah, masyarakat, dan penyedia energi berkolaborasi dalam membangun sistem energi matahari dan angin, mengurangi ketergantungan pada energi fosil

b. Teori Pendukung Utama *Governing the Commons* dan *Polycentric Governance*

Penelitian ini menggunakan dua teori pendukung utama dari Elinor Ostrom, yaitu *Governing the Commons* (1990) dan *Polycentric Governance* yang berkembang sejak tahun 2010-an[53] *Governing the Commons* menekankan tata kelola sumber daya bersama (*common-pool resources*) berbasis partisipasi kolektif dan pengaturan lokal, sedangkan *Polycentric Governance* menekankan tata kelola multiaktor dan multi-level yang terdesentralisasi.[54]

Kedua teori ini relevan dalam pengelolaan energi terbarukan karena melibatkan pemerintah, PLN, swasta, komunitas, dan masyarakat dalam pengembangan PLTS secara kolaboratif dan adaptif terhadap kebutuhan lokal[55] Dalam penelitian ini, kedua teori tersebut digunakan untuk memperkuat tata kelola sinkronisasi energi berbasis partisipasi publik, koordinasi kelembagaan, dan pengawasan kolektif menuju NZE 2060.[56]

---

[52]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31.

[53]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal.88-102. Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557.

[54]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

[55]Vincent Ostrom, Charles Tiebout, dan Robert Warren, "The Organization of Government in Metropolitan Areas," *American Political Science Review* 55, no. 4 (1961): hal. 831–842.

[56]Rolf Wüstenhagen, Maarten Wolsink, dan Mary Jean Bürer, "Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept," Energy Policy 35, no. 5 ,2007,hal.2683–2691; Benjamin K. Sovacool, "What Are We Doing Here? Analyzing Fifteen Years of Energy Scholarship and Proposing a Social Science Research Agenda," Energy Research & Social Science 1 ,2014 ,hal. 1–29; Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change,hal. 550–55

c. Teori Pendukung Lain

Selain teori utama dan teori pendukung utama, penelitian ini menggunakan beberapa teori pendukung tambahan, yaitu *Steady-State Economics* dari Herman Daly (1977), *Common Good* dari *Herman Daly dan John Cobb (1989), Dynamic Capabilities dari Teece, Pisano, dan Shuen (1997), Ecological Modernization* yang berkembang sejak 1980-an melalui Joseph Huber dan Arthur P.J. Mol, serta Smart Grid & Energy Transition yang berkembang sejak awal 2000-an.[57]

Steady-State Economics dan Common Good digunakan untuk menjelaskan keberlanjutan ekonomi dan keseimbangan antara kepentingan individu dan kepentingan bersama. *Dynamic Capabilities* digunakan untuk menjelaskan kemampuan adaptasi sistem energi terhadap perubahan teknologi dan lingkungan strategis. Ecological Modernization menjelaskan harmonisasi pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan melalui inovasi teknologi dan reformasi kelembagaan, sedangkan *Smart Grid & Energy Transition* digunakan untuk menjelaskan digitalisasi sistem energi, integrasi energi terbarukan, distribusi dua arah, dan transisi energi dari sistem berbasis fosil menuju energi bersih.[58]

d. Integrasi Teori

Integrasi teori *Co-Creation, Governing the Commons, Polycentric Governance,* dan teori pendukung lainnya digunakan untuk membangun pendekatan holistik dalam sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060. Pendekatan ini bertujuan menciptakan tata kelola energi yang harmonis, inklusif, kolaboratif, dan berkelanjutan melalui integrasi teknologi, kelembagaan, masyarakat, dan kebijakan energi nasional.[59]

---

[57]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, San Francisco: W.H. Freeman, 1977, hal. hal. 17–35; Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good* ,David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* vol. 18, no. 7 (1997): hal. 509–533.

[58]Arthur P.J. Mol dan Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The Ecological Modernisation Reader*, London: Routledge, 2000, hal. 17–49; Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., hal.17-49.

[59]C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*…, hal. 3–15; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999, hal. 1–18; David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management*, Oxford: Oxford University Press, 2009, hal. 87–113.

Dalam penelitian ini, teori *Co-Creation* berfungsi sebagai teori utama dalam membangun kolaborasi multiaktor, *Governing the Commons* dan *Polycentric Governance* memperkuat tata kelola partisipatif dan terdesentralisasi, sedangkan teori pendukung lainnya memperluas analisis terhadap keberlanjutan lingkungan, transformasi teknologi, dan transisi energi nasional.[60]

e. Teori Berbeda Pendapat

Penelitian ini juga membahas beberapa teori yang berbeda pendapat dengan pendekatan kolaboratif tersebut, yaitu Teori Desinkronisasi Sosial dari Louis Althusser (1971), Teori Konflik Sosial dari Karl Marx (1848), dan *Tragedy of the Commons* dari *Garrett Hardin* (1968).[61]

Teori Desinkronisasi Sosial menyatakan bahwa unsur-unsur dalam sistem sosial tidak selalu bergerak harmonis dan dapat berkembang secara independen. Teori Konflik Sosial memandang konflik antaraktor sebagai faktor utama perubahan sosial, sedangkan *Tragedy of the Commons* menilai bahwa sumber daya bersama cenderung dieksploitasi secara berlebihan tanpa kontrol negara atau privatisasi.[62]

Berbeda dengan teori-teori tersebut, penelitian ini menegaskan bahwa sinkronisasi pengelolaan energi antara PLN dan PLTS tetap dapat diwujudkan melalui kolaborasi multiaktor, tata kelola kolektif, integrasi sistem, dan pengawasan bersama dalam mendukung transisi energi menuju NZE 2060.

2. Kerangka Teoretis Pengelolaan PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menuju NZE 2060.

a. Identifikasi Masalah Pengelolaan PLN–PLTS

Berdasarkan latar belakang penelitian, pengembangan PLTS di Indonesia masih menghadapi hambatan multidimensional yang meliputi aspek teknis, kebijakan, ekonomi, dan sosial dalam mendukung target *Net Zero Emission* (NZE) 2060.[63]

---

[60] Herman E. Daly, *Steady-State Economics* ..., hal.17-35.Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good* ..., hal.71-89, David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," ..., vol. 18, no. 7 ,1997, hal. 509–533; Arthur P.J. Mol dan Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The Ecological Modernisation Reader* ,London: Routledge, 2000, hal. 17–49; Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy System*s..., hal. 13–25.

[61]Louis Althusser, *Lenin and Philosophy and Other Essays*..., Karl Marx dan Friedrich Engels, *The Communist Manifesto*..., Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons" ..., hal. 1243–1248.

[62]Karl Marx dan Friedrich Engels, *The Communist Manifesto*; Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons..., hal. 1243–1248.

[63]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 188.K/ TL.03/ MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034*, Bab II, khususnya

Pada aspek teknis, Indonesia masih mengalami ketertinggalan pencapaian target kapasitas PLTS, rendahnya integrasi PLTS ke jaringan PLN, keterbatasan *smart grid* dan penyimpanan energi, serta ketergantungan terhadap impor teknologi PLTS.[64] Pada aspek kebijakan, pengembangan PLTS menghadapi ketidaksinkronan regulasi, perubahan kebijakan *net-metering*, lemahnya koordinasi kelembagaan, dan belum optimalnya manajemen energi nasional.[65] Pada aspek ekonomi, keterbatasan investasi pemerintah dan PLN, rendahnya insentif fiskal, serta belum optimalnya pemanfaatan investasi swasta dan *green financing* menjadi hambatan percepatan pengembangan PLTS.[66] Sementara itu, pada aspek sosial masih terdapat rendahnya kesadaran masyarakat terhadap energi bersih, menurunnya minat masyarakat akibat perubahan kebijakan, serta belum optimalnya implementasi nilai-nilai etika dan keberlanjutan dalam pengelolaan energi.[67]

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memandang bahwa pengembangan PLTS menuju NZE 2060 memerlukan pendekatan yang sistemik, integratif, kolaboratif, dan berkelanjutan.

b. Evaluasi Data Empiris Pengelolaan PLN–PLTS

Penelitian ini menggunakan data empiris pengelolaan PLN–PLTS sebagaimana dibahas pada Bab III untuk mengevaluasi kesiapan sistem jaringan PLN, integrasi PLTS, regulasi energi, investasi dan pembiayaan,

---

pembahasan mengenai transisi energi, integrasi *Variable Renewable Energy* (VRE), Smart Grid, implementasi PLTS Atap, dan aspek pembiayaan transisi energi, hal. II-20–II-22 dan II-55–II-58

[64]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025–2060*..., bab pengembangan pembangkit dan target PLTS; PT PLN (Persero), *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034* ..., Bab II, hal. II-20–II-26, II-42, danhal. II-58–II-62

[65]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 tentang *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum*, Pasal 5, Pasal 6, dan Pasal 23.

[66]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034*), Bab VI, hlal.VI-1–VI-2.

[67]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034*..., Bab II, hal. II-56–II-58, mengenai perubahan kebijakan PLTS Atap dan implementasinya; Institute for Essential Services Reform (IESR), *Indonesia Energy Transition Outlook 2025...,* hal. 95–104, mengenai penerimaan publik (*public acceptance*), partisipasi masyarakat, dan tantangan transisi energi; serta Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2023: Synthesis Report*, Geneva: IPCC, 2023, hal. 95–103, mengenai pentingnya dimensi sosial, perilaku masyarakat, dan tata kelola dalam transisi energi.

kesiapan SDM dan teknologi, distribusi energi, serta percepatan dekarbonisasi energi nasional.

Hasil evaluasi empiris menunjukkan bahwa pengembangan PLTS masih menghadapi hambatan berupa tingginya *curtailment*, rendahnya *hosting capacity*, dominasi pembangkit fosil, keterbatasan investasi, ketidakpastian regulasi, lemahnya koordinasi kelembagaan, keterbatasan SDM dan teknologi, serta belum meratanya distribusi energi nasional.[68]

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan PLN–PLTS memerlukan sinkronisasi antara sistem energi, kebijakan, tata kelola, pembiayaan, teknologi, dan partisipasi masyarakat menuju NZE 2060.

c. Landasan Teori Pengelolaan PLN–PLTS

Berdasarkan identifikasi masalah dan evaluasi empiris tersebut, penelitian ini menggunakan beberapa teori sebagai alat analisis pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060. Teori *Co-Creation* digunakan sebagai teori utama untuk menjelaskan pentingnya kolaborasi multiaktor antara pemerintah, PLN, swasta, investor, akademisi, komunitas, dan masyarakat dalam mendukung pengembangan PLTS.[69] Teori *Governing the Commons* dan *Polycentric Governance* digunakan untuk menjelaskan tata kelola energi yang partisipatif, kolaboratif, dan berbasis koordinasi multi-level.[70] Pada aspek teknis dan transisi energi, penelitian ini menggunakan teori *Smart Grid* and *Energy Transition* serta *Dynamic Capabilities* untuk menganalisis integrasi jaringan PLN–PLTS, fleksibilitas sistem energi, dan adaptasi teknologi.[71]

Sementara itu, teori *Ecological Modernization, Steady-State Economics,* dan *Common Good* digunakan untuk menjelaskan keberlanjutan energi, dekarbonisasi lingkungan, keadilan distribusi energi, dan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan.[72]

---

[68]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 188.K/ TL.03/ MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034*,.., Bab II, hal. II-42–II-45 (hosting capacity, modernisasi jaringan distribusi, Smart Grid, dan integrasi energi terbarukan), Bab VI, hlm. VI-1–VI-3 (kebutuhan investasi dan pendanaan), serta Bab VII, hal. VII-1–VII-4

[69]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan,*The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31.

[70]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*...,hal. 88–102; Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557.

[71]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* 18, no. 7 ,1997,: hal. 509–533

[72]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*..., hal.17-35, . Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal.71-89, Arthur P.J. Mol dan Gert Spaargaren,

d. Integrasi Nilai Al-Qur'an dan Kerangka Integratif Penelitian

Selain menggunakan teori ilmiah modern, penelitian ini juga mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an seperti *niẓām* (keteraturan), *mīzān* (keseimbangan), amanah, *ta'āwun* (kerja sama), keadilan, larangan *fasād* (kerusakan), dan larangan *isrāf* (pemborosan) sebagai landasan normatif dalam pengelolaan energi dan lingkungan.[73]

Berdasarkan hubungan antara identifikasi masalah pada Bab I, evaluasi empiris pada Bab III, teori ilmiah pada Bab II, dan nilai-nilai Al-Qur'an pada Bab IV, penelitian ini membangun kerangka integratif sebagai dasar pembentukan model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 pada Bab V

3. Sinkronisasi Pengelolaan Sumber Daya Alam Pembangkit Listrik Tenaga Surya Perspektif Al-Qur'an

Al-Qur'an, kitab suci yang berisikan ayat-ayat *tanzīliyah*, mempunyai fungsi utama sebagai petunjuk bagi seluruh umat manusia baik dalam hubungannya dengan Tuhan, manusia, maupun alam raya. Dengan begitu, yang dipaparkan Al-Qur'an tidak hanya masalah-masalah kepercayaan (akidah), hukum, ataupun pesan-pesan moral, tetapi juga di dalamnya terdapat petunjuk memahami rahasia-rahasia alam raya.

Sebagai umat Islam kita meyakini bahwa Al-Qur'an merupakan kitab yang selalu up to date, bukan kitab lama yang usang dan tidak relevan lagi dengan kemajuan kehidupan dan perubahan zaman. Al-Qur'an adalah kitab tentang masa lalu, masa kini, dan masa yang akan datang, yang mampu memberi petunjuk kepada umat manusia karena ia memang didesain sebagai hudan lin-nās, petunjuk Tuhan untuk kehidupan manusia (al-Baqarah/2: 185), sehingga karenanya ia perlu dibuka dan dikaji setiap saat, dan terus-menerus.

Upaya mengungkap makna Al-Qur'an melalui metode ilmu pengetahuan makin hari semakin menarik minat kalangan ilmuwan, lantaran temuan-temuan ilmu pengetahuan dan teknologi mutakhir ini banyak yang membuktikan kebenaran pernyataan dalam Al-Qur'an. Dalam Al-Qur'an terdapat banyak sekali informasi tentang ilmu pengetahuan dan teknologi yang kian hari kian terbukti melalui penelitian dan eksperimen. Konfirmasi timbal balik ini menandai hubungan positif antara Al-Qur'an dan ilmu

---

"Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The Ecological Modernisation Reader*, London: Routledge, 2009, hal. 17–49.

[73]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, Vol. 7, Jakarta: Lentera Hati, 2002, hal. 326–335 (QS al-Raḥmān/55:7–9 tentang *mīzān*); Vol. 3, hal.82–88 (QS al-Mā'idah/5:2 tentang *ta'āwun*); Vol. 10, 51–58 (QS al-Aḥzāb/33:72 tentang *amānah*); Vol. 4,hal. 286–290 (QS al-A'rāf/7:31 tentang *isrāf*); Vol. 5, hal.258–264 (QS al-Qaṣaṣ/28:77 tentang larangan *fasād*); serta Yusuf al-Qaradawi, *Ri'āyat al-Bī'ah fī Sharī'at al-Islām*, Kairo: Dār al-Shurūq, 2001, hal.31–68.

pengetahuan. Ini menunjukkan adanya kaitan antara kesadaran pentingnya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kehidupan di satu pihak, dengan pemahaman atas kitab suci yang diwahyukan untuk memahami hakikat penciptaan kehidupan dan kesemestaan di lain pihak.

Kesadaran seperti ini sangat penting bagi bangsa Indonesia yang tengah mengembangkan kehidupan maju, berbudaya, ber-tamaddun dan berkeseimbangan. Kemajuan yang sejajar dengan negara-negara maju lainnya, tetapi memiliki kelebihan dari bangsa-bangsa lain oleh kesadaran ilahiyah yang dimilikinya. Diantara buku yang diterbitkan Kementerian Agama ini adalah buku buku yang merupakan salah satu upaya memahami Al-Qur'an dengan metode ilmu pengetahuan, sehingga sering disebut sebagai "*Tafsir Ilmi*". Tujuannya adalah menjadikan Al-Qur'an sebagai paradigma dan dasar yang memberi makna spiritual kepada ilmu pengetahuan dan teknologi, bukan sebaliknya. Memberi makna spiritual terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi ini sangat penting justru ketika ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang sekarang berwajah bebas nilai dan sekuler. Di tengah kecenderungan sekarang di mana banyak ilmuwan yang bersemangat mengkaji Al-Qur'an dalam kaitannya dengan ilmu pengetahuan, maka pengkajian Al-Qur'an yang melibatkan ulama dan saintis seperti yang menghasilkan buku-buku ini sangat kita hargai[74]

Di dalam Al-Qur'an terdapat kurang lebih 750 hingga 1000 ayat yang mengandung isyarat ilmiah, sementara ayat-ayat hukum hanya sekitar 200 hingga 250 ayat, demikian menurut penelitian Zaghlul an-Najjār, pakar geologi Muslim dari Mesir. Namun demikian kita mewarisi ribuan buku-buku fikih, sementara buku-buku ilmiah masih terbatas jumlahnya, padahal Allah tidak pernah membedakan perintah-Nya untuk memahami ayat-ayat Al-Qur'an. Kalaulah ayat-ayat hukum, muamalat, akhlak, dan akidah merupakan petunjuk bagi manusia untuk mengenal Tuhan dan berperilaku terpuji sesuai petunjuk-Nya, ayat-ayat ilmiah juga merupakan petunjuk akan keagungan dan kekuasaan Tuhan di alam raya ini. Dari sini, maka upaya menjelaskan maksud firman Allah yang mengandung isyarat ilmiah yang disebut dengan "tafsir ilmi" menjadi penting, sama pentingnya dengan penjelasan ayat-ayat hukum. Bedanya, tafsir ilmi menyangkut hukum dan fenomena alam, sementara tafsir hukum menyangkut hukum-hukum manusia. Bahkan menurut sementara pakar, tafsir ilmi dapat menjadi "ilmu kalām baru" yang dapat mempereteguh keimanan manusia modern khususnya di era ilmu pengetahuan dan teknologi seperti saat ini.

---

[74]Sambutan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), dalam *Samudra dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, disusun oleh Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI bekerja sama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2013.

Kalau dulu para ulama menjelaskan ilmu-ilmu tentang ketuhanan yang menjadi objek ilmu kalam dengan pendekatan filosofis, maka pada era modern ini, tafsir ilmi dapat menjadi model baru dalam mengenalkan Tuhan kepada akal manusia modern. Lebih dari itu, melalui pendekatan saintifik terhadap ayat-ayat yang mengandung isyarat ilmiah, buku ilmi hadir dengan membawa urgensinya sendiri, urgensi yang mewujud dalam bentuk apresiasi Islam terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, sekaligus menjadi bukti bahwa agama dan ilmu pengetahuan tidak saling bertentangan.[75]

Tafsir adalah menjelaskan, Metode tafsir adalah cara menjelaskan ayat-ayat al- Quran. atau metode Tafsir yang dimaksud: "Cara yg dipakai oleh mufassir dalam mengungkap makna-makna dalam al-Quran, dengan membandingkan sesama ayat-ayat al-Quran, atau dengan Sunnah, atsar sahabat, tabi'in. Juga dengan memperhatikan kaidah syariah dan Bahasa Arab. Didukung dengan latar belakang keilmuannya yang memperluas wawasan yang digunakan untuk menguak rahasia kalam Allah, yang diberikan kepada hamba-Nya."[76]

Secara umum, metode tafsir al-Qur'an terbagi kepada empat macam, yaitu metode tahlili(analitik), maudhu'i(tematik), muqaran(komparasi) dan ijmaly(global).[77] Di samping itu, ada tiga corak/klasifikasi tafsir yang mempengaruhi para mufassir dalam menyusun kitab tafsir, yaitu *Tafsir bi al-ma'tsur, Tafsir bi al-ra'yi* dan *bi al-isyari.*[78]

Tafsir ilmi adalah sebuah upaya memahami ayat- ayat Al-Qur'an yang mengandung isyarat ilmiah dari perspektif ilmu pengetahuan modern. Menurut Ĥusain aż-Żahabi, tafsir ini membahas istilah-istilah ilmu pengetahuan dalam penuturan ayat-ayat Al-Qur'an, serta berusaha menggali dimensi keilmuan dan menyingkap rahasia kemukjizatannya terkait informasi-informasi sains yang mungkin belum dikenal manusia pada masa turunnya sehingga menjadi bukti kebenaran bahwa Al-Qur'an bukan karangan manusia, namun wahyu Sang Pencipta dan Pemilik alam raya.

Menurut Model Tafsir Ilmi dibagi menjadi: a). Melahirkan dan menggali (istikhraj) semua ilmu pengetahuan dari Al-Qur'an; b). Menerapkan teori ilmu pengetahuan ke dalam ayat-ayat Al-Qur'an

---

[75]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI bekerja sama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta: Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI, LPMA, 2011, hal. xi–xii.

[76]Abd al-Ghafūr Maḥmūd Muṣṭafā Ja'far, *Madāris wa Manāhij fī Tafsīr al-Qur'ān al-Karīm* (t.t.p.: t.p., 1998), hal. 55

[77]Firdaus, "Studi Kritis Tafsir Mafātīḥ al-Ghayb," *Jurnal al-Mubarak* 3, no. 1, 2018.

[78]Drajat Amroeni, *Ulūm al-Qur'ān: Pengantar Ilmu-Ilmu Al-Qur'an*, cet. 1, ed. Pertama, Jakarta: Kencana, 2017, hal.137–160.

(tathbiq).c) Menggunakan (istikhdâm) sains modern sebagai alat atau metode untuk memahami dan menjelaskan Al-Qur'an

Sedangakan Menurut Kemenag dan LAPI (LPMQ):[79] Ada dua metodologi Tafsir Ilmi LPMQ Kemenag yaitu "Tafsir Ilmi Maudhu'i Muthlaq" dan "Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad".

Dalam kajian tafsir, terutama dalam konteks tafsir ilmu (*Tafsir 'Ilmi*), terdapat dua pendekatan utama dalam tafsir tematik atau *maudhu'i* yang digunakan untuk menganalisis ayat-ayat Al-Quran dalam kaitannya dengan ilmu pengetahuan, yaitu *Tafsir Ilmi Maudhu'i Muthlaq* dan *Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad*. Berikut adalah perbedaan di antara keduanya:[80]

a. Tafsir Ilmi Maudhu'i Muthlaq (Mutlak), *Tafsir Ilmi Maudhu'i Muthlaq* adalah pendekatan tafsir tematik yang membahas topik-topik tertentu yang terkait dengan ilmu pengetahuan secara menyeluruh, tanpa dibatasi oleh cakupan atau parameter tertentu. Dalam konteks ini, mufassir menggali dan menganalisis seluruh ayat yang relevan dengan suatu disiplin ilmu, seperti energi, fisika, atau biologi, untuk memahami apa yang Al-Quran ajarkan tentang topik tersebut.[81] Tafsir ini tidak dibatasi pada hubungan khusus atau situasi tertentu. Mufassir mengumpulkan semua ayat yang relevan dari berbagai surah dalam Al-Quran dan menyatukannya untuk menyusun pandangan holistik tentang suatu fenomena ilmiah[82]. Contoh: Jika membahas energi dalam Al-Quran, seorang mufassir menggunakan pendekatan *muthlaq* akan mencari dan menafsirkan seluruh ayat yang membahas energi, baik dalam konteks fisik, metafisik, maupun spiritual, tanpa mempersempit kepada situasi atau aplikasi tertentu.[83]
b. Tafsir Ilmi *Maudhu'i Muqayyad* (Terikat),*Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad* adalah pendekatan tafsir tematik yang terikat pada tema ilmu tertentu dalam situasi atau konteks yang spesifik. Dalam metode ini, mufassir tidak hanya membahas tema ilmiah tetapi juga berfokus pada penerapan atau kaitan tema tersebut dengan konteks tertentu. Hal ini bertujuan untuk

---

[79]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI bekerja sama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Waktu dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains,*Jakarta: LPMA, 2013, hal. xv–xxii.

[80]Moch Rafly Try Ramadhani, "Mengenal Muthlaq-Muqayyad dalam Kajian Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir," *Tafsir Al-Qur'an*, 11 Januari 2021, hal. 1–6

[81]Munawaroh, Hidayatul. "Memahami Relasi Mutlaq dan Muqayyad dalam Tafsir Al-Quran." *Al-I'jaz: Jurnal Studi Al-Qur'an, Falsafah dan Keislaman* ,Vol. 3, No. 1 ,2021, hal. 46-57.

[82]"Energi Terbarukan dan Ayat-Ayat Tentangnya dalam Al-Qur'an," *Tafsir Al-Qur'an*, 5 Mei 2020.

[83]Dewi Murni, "Mutlaq dan Muqayyad," *Syahadah: Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Keislaman* 7, no. 1 ,2019: hal.55–66.

memberikan penafsiran yang lebih spesifik, terfokus, dan aplikatif.[84] Tafsir ini lebih sempit dan lebih fokus dibandingkan dengan tafsir *muthlaq*. Cakupan penafsiran terikat oleh tujuan tertentu atau penerapan tertentu dalam suatu konteks. Misalnya, ayat-ayat terkait air yang dibahas hanya dari perspektif irigasi dan pertanian.[85] Contoh: Jika kita membahas sinkronisasi antara PLN dan PLTS dalam perspektif Al-Quran, maka *tafsir muqayyad* akan menyoroti ayat-ayat yang secara spesifik dapat digunakan untuk menjelaskan sinkronisasi tersebut, seperti ayat tentang keseimbangan dan harmoni dalam penciptaan, serta peran energi terbarukan dalam menjaga kelestarian alam.[86]

Dalam konteks disertasi Penelitian ini, *Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad* dapat digunakan untuk menjelaskan sinkronisasi antara sumber energi konvensional (PLN) dan energi terbarukan (PLTS) dari sudut pandang yang spesifik dalam Al-Quran. Ini melibatkan pemahaman ayat-ayat yang mendukung konsep keberlanjutan, harmoni alam, dan prinsip keadilan dalam pengelolaan sumber daya.[87]

Sementara itu, *Tafsir Ilmi Maudhu'i Muthlaq* dapat memberikan gambaran lebih luas mengenai bagaimana Al-Quran membahas energi secara umum, baik energi matahari, energi fisik dalam kehidupan sehari-hari, maupun konsep metafisika tentang energi dalam kehidupan spiritual manusia.[88]

Dengan menggunakan kedua pendekatan ini, dapat menyusun landasan teologis yang kuat untuk disertasi tentang pengelolaan energi yang mencakup sinkronisasi antara PLN dan PLTS, serta memberikan perspektif yang holistik sekaligus aplikatif.[89]

---

[84]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama RI, "Kajian Tafsir Ayat Kauniyah untuk Santri dan Siswa Pesantren Dimulai Hari Ini," *dalam laman LPMQ Kemenag RI, 15 Maret 2021, diakses 29 Juni 2025.*

[85]"Menilik Konsep Energi dan Klasifikasinya dalam Al-Quran." *Tafsir Al-Quran*, 15 April 2020.

[86]"Muthlaq & Muqayyad: Pengertian, Contoh Dan Penjelasannya." *Ahda Bina*, 25 Februari 2023, bd. Moqsith Ghazali, *et.al.*, *Fikih Energi Terbarukan: Pandangan dan Respons Islam atas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, Yogyakarta: Pusat Studi Ekonomi Kerakyatan UGM, 2018, hal. 135–146.

[87]"Langkah-Langkah Dalam Metode Tafsir Tematik (Maudhu'iy)." *Bacaan Madani*, 5 September 2019

[88]"Konsep Listrik dengan Energi Baru Terbarukan dalam Al-Qur'an: Tafsir Sains Tematik terhadap Kata *Barqun*," *Jurnal Cahaya Mandalika*, 28 November 2024.

[89]Soetadji, *et.al.,* "Argumen Listrik Tenaga Surya (Photovoltaic) Perspektif Fikih Energi dalam Al-Qur'an." *Ranah Research Journal* Vol.7, no. 1, 2024 hal. 1182.

H. Tinjaun Pustaka dan Penelitian Terdahulu yang Relevan

Penulis telah melakukan penelusuran terhadap berbagai penelitian dan karya ilmiah yang berkaitan dengan sinkronisasi energi, tata kelola sumber daya bersama, energi terbarukan, dan perspektif Al-Qur'an, baik melalui perpustakaan offline maupun online. Namun hingga penelitian ini diselesaikan, penulis belum menemukan penelitian yang secara khusus membahas sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 dalam perspektif Al-Qur'an secara integratif. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki unsur kebaruan (*novelty*) dan relevansi akademik maupun praktis dalam pengembangan sistem energi berkelanjutan di Indonesia.

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini yang bisa menjadi masukan dan penyempurnaan penelitian ini ini dibagi menjadi tiga kelompok Karya ilmiah yaitu dalam bentuk buku, bentuk Disertasi dan dalam bentuk Jurnal antara lain

1. Karya Ilmiah dalam bentuk buku ada 5 buku yaitu:
   a. *Don't Homogenize, Synchronize* karya Mohanbir Sawhney

      Buku ini membahas pentingnya sinkronisasi informasi, teknologi, dan organisasi dibandingkan homogenisasi dalam pengelolaan perusahaan modern. Fragmentasi organisasi dan silo data dinilai menghambat efisiensi sistem dan respons terhadap kebutuhan pengguna. Karena itu, diperlukan integrasi data, teknologi, dan organisasi melalui sistem yang fleksibel dan terkoordinasi. Konsep ini relevan dengan pengelolaan PLN dan PLTS yang membutuhkan integrasi sistem, koordinasi kelembagaan, dan keterhubungan antaraktor dalam membangun sistem energi nasional yang berkelanjutan.[90]

      Buku *Don't Homogenize, Synchronize* karya Mohanbir Sawhney membahas sinkronisasi organisasi, informasi, dan teknologi dalam konteks manajemen perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing. Sementara itu, disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS pada tingkat sistem energi nasional menuju NZE 2060. Selain aspek teknologi dan organisasi, penelitian ini juga mencakup tata kelola multiaktor, kebijakan, pembiayaan, keadilan energi, dan dekarbonisasi dalam perspektif Al-Qur'an. Dengan demikian, ruang lingkup dan kontribusi disertasi ini lebih luas serta menghasilkan model sinkronisasi berbasis nilai-nilai Qur'ani.

---

[90]Mohanbir Sawhney, "Don't Homogenize, Synchronize," dalam *Harvard Business Review on Customer Relationship Management*..., 15 Januari 2002.

b. *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems* karya Barbara Gray

Barbara Gray membahas pentingnya kolaborasi multipihak dalam penyelesaian persoalan publik dan pengelolaan sumber daya bersama. Buku ini menekankan pentingnya pencarian titik temu (*common ground*), pembangunan kepercayaan, dan pengelolaan konflik di antara pemangku kepentingan. Pendekatan tersebut relevan dengan sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS karena pengembangan energi terbarukan melibatkan pemerintah, PLN, pengembang PLTS, investor, dan masyarakat. Konsep ini juga berkaitan dengan teori *Co-Creation* dan *Governing the Commons* yang digunakan dalam penelitian ini.[91]

Buku ini berfokus pada kolaborasi multipihak dalam penyelesaian masalah publik melalui pembangunan konsensus, kepercayaan, dan pengelolaan konflik. Sementara itu, disertasi penulis tidak hanya membahas kolaborasi antaraktor, tetapi juga sinkronisasi sistem energi PLN–PLTS menuju NZE 2060 yang mencakup aspek teknologi, tata kelola, pembiayaan, distribusi energi, dan dekarbonisasi. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan teori modern dengan perspektif Al-Qur'an serta menghasilkan model sinkronisasi yang lebih komprehensif dan implementatif.

c. *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups* karya Mancur Olson

Buku ini membahas tindakan kolektif dalam penyediaan barang publik dan persoalan *free-rider* dalam pengelolaan sumber daya bersama. Mancur Olson menjelaskan bahwa dalam kelompok besar sering muncul kecenderungan individu menikmati manfaat tanpa berpartisipasi aktif. Karena itu, diperlukan mekanisme kelembagaan dan insentif agar tindakan kolektif dapat berjalan efektif. Teori ini relevan dengan pengembangan PLTS sebagai bagian dari sistem energi publik yang membutuhkan partisipasi multipihak dan dukungan kebijakan yang bai[92]

Buku ini berfokus pada tindakan kolektif, penyediaan barang publik, dan mekanisme insentif untuk mengatasi masalah *free-rider* dalam pengelolaan sumber daya bersama. Sementara itu, disertasi penukis membahas sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060 yang tidak hanya mencakup partisipasi multipihak, tetapi juga integrasi aspek teknologi, tata kelola, pembiayaan, distribusi

---

[91]Gray, Barbara. *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*. San Francisco: Jossey-Bass, 1989.

[92]Mancur Olson, *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965.

energi, dan dekarbonisasi. Selain itu, penelitian ini menggabungkan teori tindakan kolektif dengan perspektif Al-Qur'an untuk menghasilkan model sinkronisasi energi yang lebih komprehensif dan implementatif.

d. *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice* karya Amy R. Poteete, Marco A. Janssen, dan Elinor Ostrom

Buku ini membahas pengelolaan sumber daya bersama (*commons*) melalui pendekatan *collective action* dan *polycentric governance*. Penulis menekankan pentingnya kolaborasi lintas aktor, koordinasi kelembagaan, dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sumber daya bersama. Konsep tersebut relevan dengan sinkronisasi PLN–PLTS karena pengembangan energi terbarukan memerlukan keterlibatan pemerintah, PLN, pengembang proyek, dan masyarakat menuju NZE 2060.[93]

Buku ini berfokus pada pengelolaan sumber daya bersama (*commons*) melalui tindakan kolektif, partisipasi masyarakat, dan tata kelola polisentris. Berbeda dengan disertasi penulis membahas sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060 yang tidak hanya mencakup aspek *commons* dan kolaborasi multipihak, tetapi juga integrasi teknologi, pembiayaan, SDM, distribusi energi, dan dekarbonisasi. Selain itu, penelitian ini menggabungkan teori *collective action* dan *polycentric governance* dengan perspektif Al-Qur'an untuk menghasilkan model sinkronisasi energi yang lebih komprehensif dan implementat

e. *Polycentric Governance and Development* karya Michael D. McGinnis

Buku ini membahas tata kelola polisentris (*polycentric governance*), yaitu sistem pengelolaan yang melibatkan banyak pusat pengambilan keputusan yang saling terkoordinasi. Pendekatan ini memungkinkan desentralisasi kebijakan tanpa menghilangkan koordinasi nasional. Dalam konteks penelitian ini, konsep tersebut relevan dengan pengembangan PLTS di Indonesia karena sinkronisasi pengelolaan energi membutuhkan kerja sama antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, PLN, pengembang energi surya, investor, dan masyarakat dalam tata kelola energi yang kolaboratif dan berkelanjutan. [94]

---

[93]Amy R. Poteete, *et.al.*, *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010, hal. 215–247.

[94]Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1999.

Buku ini berfokus pada tata kelola polisentris yang melibatkan banyak pusat pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya dan pembangunan. Sedangkan disertaspenulis tidak hanya membahas tata kelola polisentris, tetapi juga sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060 yang mencakup aspek teknologi, pembiayaan, SDM, distribusi energi, dan dekarbonisasi. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan teori *polycentric governance* dengan teori-teori pendukung lainnya serta perspektif Al-Qur'an untuk menghasilkan model sinkronisasi energi yang lebih komprehensif dan aplikatif bagi Indonesia.

2. Penelitian Ilmiah dalam Bentuk Disertasi
   a. *Sinkronisasi Kebijakan Keadilan Restoratif dalam Sistem Peradilan Pidana Terpadu* – Beny Elfian Syah (2024)

      Disertasi ini mengkaji sinkronisasi kebijakan keadilan restoratif dalam sistem peradilan pidana Indonesia melalui pendekatan normatif. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan restoratif lebih memperhatikan aspek keadilan dan kemanusiaan dibanding sistem konvensional. Penelitian ini relevan karena sama-sama membahas pentingnya sinkronisasi kebijakan dan koordinasi kelembagaan dalam suatu sistem nasional.[95]

      Penelitian ini sama-sama menekankan pentingnya sinkronisasi dan koordinasi antarlembaga dalam suatu sistem nasional. Namun, fokusnya pada sistem peradilan pidana, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

   b. *Sinkronisasi Undang-Undang Hak Cipta dengan Undang-Undang Merek di Indonesia* – Ichwan Anggawirya (2024)

      Penelitian ini membahas ketidaksinkronan regulasi antara Undang-Undang Hak Cipta dan Undang-Undang Merek di Indonesia. Temuan penelitian menunjukkan perlunya harmonisasi regulasi dan penguatan koordinasi antar lembaga. Disertasi ini relevan karena sama-sama menekankan pentingnya sinkronisasi kebijakan dan tata kelola dalam menyelesaikan konflik system.

      Penelitian ini sama-sama menekankan pentingnya sinkronisasi regulasi dan koordinasi kelembagaan dalam mengatasi ketidakharmonisan suatu sistem. Namun, fokusnya pada harmonisasi Undang-Undang Hak Cipta dan Undang-Undang Merek, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS

[95]Beny Elfian Syah, *"*Sinkronisasi Kebijakan Keadilan Restoratif dalam Sistem Peradilan Pidana Terpadu", *Disertasi*, Fakultas Hukum Universitas Airlangga, 2024.

menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, teori sinkronisasi, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

c. *Stakeholder Analysis in Solar Power Projects: Implications for PLN and Local Communities* – Xin Zhao (2019)

Disertasi ini membahas analisis pemangku kepentingan dalam proyek PLTS dan hubungan antara PLN, pemerintah, pengembang proyek, serta masyarakat lokal. Temuan penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat dan kolaborasi multipihak dapat meningkatkan keberhasilan proyek PLTS melalui pendekatan *co-creation*. Penelitian ini relevan dengan sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060.[96]

Penelitian ini sama-sama menekankan pentingnya kolaborasi multipihak dalam pengembangan PLTS. Namun, fokusnya pada analisis pemangku kepentingan proyek PLTS, sedangkan isi disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 , selain menggunakan teori co creation menggunakan 7 teori ilmiah lainya sebagai teori pendukung dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam

d. *Organizational Change in the Energy Sector: A Case Study of PLN's Transition to Renewable Energy* – Mei Li (2021)

Penelitian ini mengkaji perubahan organisasi PLN dalam transisi menuju energi terbarukan. Temuan penelitian menunjukkan pentingnya kepemimpinan, penguatan teknologi, transformasi digital, dan pengembangan *smart grid* dalam mendukung transisi energi bersih. Disertasi ini relevan karena membahas transformasi kelembagaan PLN menuju sistem energi berkelanjutan.[97]

Penelitian ini sama-sama membahas transformasi sektor energi menuju energi terbarukan. Namun, fokusnya pada perubahan organisasi PLN, sedangkan disertasipenulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, dan keberlanjutan lingkungan

e. *Proyek Energi Terbarukan: Kasus PLTS di Indonesia* – M. Fajar Aditya (2020)

Disertasi ini membahas model bisnis PLTS di Indonesia melalui pendekatan *Business Model Canvas* (BMC). Temuan penelitian menunjukkan bahwa kolaborasi berbasis *co-creation* antara PLN, pengembang proyek, lembaga keuangan, dan masyarakat dapat meningkatkan keberhasilan proyek PLTS. Penelitian ini juga

---

[96]Xin., Zhao. "Stakeholder Analysis in Solar Power Projects: Implications for PLN and Local Communities". *PhD diss*. Melboune: University of Melbourne, 2019.

[97]Mei,li. "Organizational Change in the Energy Sector: A Case Study of PLN's Transition to Renewable Energy*". PhD diss*., Sydney: University of Sydney, 2021

menyoroti pentingnya *green finance* dan sistem hybrid PLTS–baterai dalam mendukung transisi energi.[98]

Penelitian ini sama-sama membahas pengembangan PLTS dan kolaborasi multipihak berbasis *co-creation*. Namun, fokusnya pada model bisnis PLTS, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 secara lebih luas dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, hak alam, dan keberlanjutan lingkungan

f. *Keadilan Distributif dalam Pengelolaan Rantai Suplai Hulu Migas Perspektif Al-Qur'an* – Adib Shururi (2024)

Disertasi ini mengkaji keadilan distributif dalam pengelolaan rantai suplai hulu migas berdasarkan perspektif Al-Qur'an. Penelitian ini menemukan prinsip-prinsip keadilan, transparansi, akuntabilitas, dan keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam. Disertasi ini relevan karena sama-sama menghubungkan pengelolaan energi dengan nilai-nilai Qur'ani dan keadilan sosial .[99]

Penelitian ini sama-sama menghubungkan pengelolaan energi dengan nilai-nilai Al-Qur'an dan prinsip keadilan. Namun, fokusnya pada rantai suplai hulu migas, sedangkan disertasi ipenulismengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan pendekatan tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam

g. *Ekoteologi dalam Tafsir Kontemporer* – Tamam Badru (2021)

Penelitian ini membahas konsep ekoteologi dalam tafsir Al-Qur'an kontemporer dengan menekankan keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dan pelestarian lingkungan. Temuan penelitian menunjukkan pentingnya manusia sebagai khalifah dalam menjaga kelestarian bumi. Disertasi penulis relevan karena mendukung pendekatan ekologis dan keberlanjutan lingkungan dalam pengelolaan energi perspektif Al-Qur'an. [100]

Penelitian ini sama-sama membahas kelestarian lingkungan dalam perspektif Al-Qur'an. Namun, fokusnya pada ekoteologi, sedangkan disertasi ini mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 berbasis nilai-nilai Qur'ani,dengan tafsir klasik,pertengahan dan Kontemporer.

---

[98]M. Fajar Aditya,"Pengembangan Model Bisnis untuk Proyek Energi Terbarukan: Kasus PLTS di Indonesia*"*, *Disertasi*, Surabaya: Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Airlangga, 2020.

[99]Shururi Adib, "Keadilan Distributif Pengelolaan Ranati Suplai Hulu Migas Perspektif Al-Qr'an", *Desertas*i,Jakarta, Pasca Sarjana Universitas PTIQ Jakarta, 2024.

[100]Badru Tamam, "Ekoteologi dalam Tafsir Kontemporer", *Desertasi,* Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2021.

3. Penelitian dalam Bentuk Jurnal
   a. *Pengelolaan Lingkungan Hidup Menurut Perspektif Fiqih* – Idami Zahratul Yunita (2020)

      Artikel ini membahas pengelolaan lingkungan dalam perspektif fiqih Islam yang menempatkan manusia sebagai pihak yang bertanggung jawab menjaga kelestarian alam. Penelitian ini menekankan pentingnya pemanfaatan sumber daya secara bertanggung jawab, perlindungan ekosistem, dan kebijakan publik berbasis nilai Islam dalam menjaga keberlanjutan lingkungan[101]

      Penelitian ini sama-sama menekankan tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian lingkungan berdasarkan nilai-nilai Islam. Namun, fokusnya pada pengelolaan lingkungan dalam perspektif fiqih, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan pendekatan Al-Qur'an,hasil penelitian 6 model sinkronisasi diantaranya ,sistim energi, tata kelola energi, ,ekonomi,Sumber daya manusia,inovasi teknologi ,keadiilan, dekaronisasi dan kelangsungan Lingkungan

   b. *Solar Energy Status in the World: A Comprehensive Review* – Hamed H. Pouraslet (2023)

      Artikel ini mengkaji perkembangan energi surya dunia, termasuk potensi, peluang, dan tantangan pengembangannya. Penelitian ini menunjukkan bahwa energi surya menjadi salah satu sumber energi terbarukan terbesar dan berperan penting dalam transisi energi bersih dan dekarbonisasi global. Namun, masih terdapat tantangan terkait stabilitas jaringan, rantai pasokan, dan resistensi politik[102]

      Analisis: Penelitian ini sama-sama membahas peran energi surya dalam transisi energi dan dekarbonisasi. Namun, fokusnya pada perkembangan dan tantangan energi surya secara global, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan pendekatan Al-Qur'an dengan hasil penelitian 6 model sinkronisasi diantaranya tata kelola energi, Sistem energi, Investasi dan ekonomi pembiayaan, Sumber Daya Manusia dan inovasi teknologi,Keadialan distribusi energi, Dekarbonisasi dan kelangsungan Lingkungan.

---

[101]Yunita.y,dan Idami Zahratul. "Pengelolaan Lingkungan Hidup Menurut Perspektif Fiqih." dalam *Jurnal Hukum Samudra Keadilan* Vol 15, No 2, 2020. hal. 210-222, dalam Doi: 10.33059/Jhsk.V15i2.2452,

[102] Hamed H. Pouraslet *et.al*., "Solar Energy Status in the World: A Comprehensive Review," *Energy Reports*..., diakses 4 Oktober 2023, dalam *https://doi.org/10.1016/j. egyr.2023.10.022*.

c. *The Momentum of the Solar Energy Transition* – Femke J. M. M. Nijsse (2023)

Artikel ini membahas percepatan transisi energi surya dan pengaruhnya terhadap pasar energi global. Penelitian ini menunjukkan bahwa energi surya berpotensi menjadi sumber listrik dominan dunia, meskipun masih menghadapi hambatan berupa stabilitas grid, rantai pasokan, dan resistensi kebijakan.[103]

Penelitian ini sama-sama membahas peran energi surya dalam transisi energi bersih. Namun, fokusnya pada perkembangan energi surya global, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, dengan hasil penelitian 6 model sinkronisasi diantaranya tata kelola energi, Sistem energi, Investasi dan ekonomi pembiayaan, Sumber Daya Manusia dan inovasi teknologi,Keadialan distribusi energi , dekarbonisasi dan kelangsungan Lingkungan

d. *Strategic Planning and Challenges to the Deployment of Renewable Energy* – Ashiwani Yadav *et.al.,* (2020)

Artikel ini membahas perencanaan strategis dan tantangan pengembangan energi terbarukan, seperti keterbatasan infrastruktur, regulasi, dan teknologi. Penelitian ini menekankan pentingnya kolaborasi internasional, penguatan kebijakan pemerintah, dan kemitraan publik-swasta dalam mempercepat transisi energi bersih.[104]

Analisis**:** Penelitian ini sama-sama membahas tantangan dan strategi pengembangan energi terbarukan serta pentingnya kolaborasi multipihak. Namun, fokusnya pada perencanaan strategis energi terbarukan secara umum, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an,dengan hasil penelitian 6 model sinkronisasi, diantaranya sistim energi, tata kelola energi, Ekonomi, Sumber Daya Alam, inovasi teknologi, keadilan energi dan Dekaronisasi dan Lingkungan berkelanjutan.

e. *Renewable Energy Policy in Indonesia: The Qur'anic Scientific Signals in Islamic Economics Perspective* – Aan Jaelani (2017)

Artikel ini mengkaji kebijakan energi terbarukan di Indonesia melalui perspektif Al-Qur'an dan ekonomi Islam. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan energi berbasis nilai Islam dapat

---

[103]Femke J. M. M. Nijsse *et.al., "*The Momentum of the Solar Energy Transition*," Nature Communications, Published online October 17, 2023,* dalam *https://doi.org /10.1038/s41467-023-41971-7.*

[104]Ashiwani Yadav, *et.al*., "Strategic Planning and Challenges to the Deployment of Renewable Energy Technologies in the World Scenario: its Impact on Global Sustainable Development." dalam *Journal Springer Nature Link* Volume 22, 2020, hal. 297-315,

mendukung pembangunan berkelanjutan, konservasi energi, dan pengurangan emisi karbon melalui kebijakan energi berbasis syariah.[105]

Analisis: Penelitian ini sama-sama menghubungkan energi terbarukan dengan nilai-nilai Al-Qur'an. Namun, fokusnya pada kebijakan energi dalam perspektif ekonomi Islam, sedangkan disertasi penulis ini mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 persfektif Al Qur'an dengan hasil penelian 6 model Sinkronisasi diantaranya, sistim energi, tata kelola energi, Ekonomi, Sumber Daya Alam, inovasi teknologi, keadilan energi dan Dekaronisasi dan Lingkungan berkelanjutan

f. *Eco-theology Nuances in Tafsir al-Misbah* – Rizal Ali *et.al.,* (2023)

Artikel ini membahas konsep ekoteologi dalam Tafsir al-Misbah karya M. Quraish Shihab. Penelitian ini menekankan bahwa manusia sebagai khalifah memiliki tanggung jawab menjaga keseimbangan lingkungan dan mencegah kerusakan ekosistem melalui pendekatan berbasis nilai tauhid dan keberlanjutan.[106]

Analisis: Penelitian ini sama-sama membahas kelestarian lingkungan dalam perspektif Al-Qur'an. Namun, fokusnya pada konsep ekoteologi dalam Tafsir al-Misbah, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan hasil penelian 6 model Sinkronisasi diantaranya , sistim energi, tata kelola energi, Ekonomi, Sumber Daya Alam, inovasi teknologi, keadilan energi dan Dekaronisasi dan Lingkungan berkelanjutan.

g. *Public Participation in Renewable Energy Investment Policy in Indonesia* – Dinda Silviana Putri (2022)

Artikel ini membahas partisipasi publik dalam kebijakan investasi energi terbarukan di Indonesia melalui konsep "demokrasi energi". Penelitian ini menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat dapat memperkuat pengelolaan energi terbarukan dan mempercepat transisi energi bersih.[107]

---

[105]Jaelani, Aan, *et.al*., "Renewable Energy Policy in Indonesia: The Qur'anic Scientific Signals in Islamic Economics Perspective." *International Journal of Energy Economics and Policy* 7, no. 4 (2017): hal.193–204., dalam *http://www. econjournals.com*.

[106]Rizal Ali, *et.al.,* "Eco-theology Nuances in Tafsir al-Misbah: Alternative Solutions to Environmental Problems in Indonesia, Hermeneutik." *Jurnal Ilmu Al Qur'an dan Tafsir,* vol 17 ,no 02, 2023, ISSN 1907-7246 E-ISSN 2502-6402.,dalam *https://journal.iainkudus .ac.id /index.php/Hermeneutik/index, DOI: http:/ /dx.doi.org/ 10.21043/hermeneutik.v17i2. 19054.*

[107]Putri, Dinda Silviana, *et.al.,* "Partisipasi Publik dalam Kebijakan Investasi Energi Terbarukan di Indonesia: Perspektif Demokrasi Energi",dalam *Jurnal Rechtsvinding Media Pembinaan Hukum Nasional*,Volume 11 Nomor 3, 2022. Public Participation in Renewable Energy Investment Policy in Indonesia: (A Democratic Energy Perspective).

Analisis: Penelitian ini sama-sama menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dalam pengembangan energi terbarukan. Namun, fokusnya pada kebijakan investasi dan demokrasi energi, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan hasil penelian 6 model Sinkronisasi diantaranya, sistim energi, tata kelola energi, Ekonomi, Sumber Daya Alam, inovasi teknologi, keadilan energi dan Dekaronisasi dan Lingkungan berkelanjutan

h. *Analisis Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia* – Andy Wiaya (2023)

Artikel ini mengkaji potensi dan hambatan pengembangan Solar PV di Indonesia. Penelitian ini menemukan bahwa hambatan utama meliputi keterbatasan teknologi, infrastruktur, kebijakan insentif, dan dukungan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan penguatan kebijakan, pengembangan teknologi, dan kolaborasi internasional untuk mendukung target NZE Indonesia.[108]

Penelitian ini sama-sama membahas pengembangan PLTS untuk mendukung target NZE Indonesia. Namun, fokusnya pada analisis potensi dan hambatan teknologi, infrastruktur, serta kebijakan, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam

i. *Al-Qur'an dan Konservasi Lingkungan (Suatu Pendekatan Maqasid al-Syariah)* – Mamluatun Nafisah (2018)

Artikel ini membahas konservasi lingkungan dalam perspektif maqasid al-syariah. Penelitian ini menekankan pentingnya tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian lingkungan dan mewujudkan kemaslahatan generasi sekarang maupun mendatang melalui pengelolaan sumber daya alam yang adil dan berkelanjutan.[109]

Penelitian ini sama-sama membahas konservasi lingkungan berdasarkan nilai-nilai Islam. Namun, fokusnya pada maqāṣid al-syarī'ah, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan pendekatan Al-Qur'an, menghasilkan hasil penelitia sinkronisasi 6 model, diantaranya Adalah tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

---

[108]Andy Wijaya, "Analisa Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic. Terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia"…, hal. 501–514

[109]Nafisah,Mamluatun. "Al-Qur'an dan Konservasi Lingkungan (Suatu Pendekatan Maqasid al-Syariah)," *Jurnal Al Quds Studi Alquran dan Hadis,*Volume 2, Nomor 1, 2018, ISSN 2580-3174 (p), hal 2580-3190 (e), dalam *http://journal.staincurup.ac.id/ index.php /alquds, DOI: http://dx.doi.or g/10.29240 /alquds.v2i1.405.*

j. P*artisipasi Publik dalam Kebijakan Investasi Energi Terbarukan di Indonesia* – Dinda Silviana Putri (2022)

Artikel ini membahas partisipasi publik dalam kebijakan investasi energi terbarukan di Indonesia melalui konsep "demokrasi energi". Penelitian ini menekankan pentingnya keterlibatan masyarakat dalam pengambilan kebijakan energi terbarukan guna memperkuat tata kelola energi dan mempercepat transisi energi bersih. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penguatan partisipasi publik dapat mendukung pengembangan energi terbarukan yang lebih inklusif dan berkelanjutan.[110]

Analisis**:** Penelitian ini sama-sama menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dalam pengembangan energi terbarukan. Namun, fokusnya pada kebijakan investasi dan demokrasi energi, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

k. *Perspektif Islam tentang Keberlanjutan Lingkungan: Sebuah Analisis Konseptual* – Amanai Omer *et.al*.

Artikel ini mengkaji konsep keberlanjutan lingkungan dalam perspektif Islam dengan menyoroti nilai-nilai tauhid, khalifah, dan amanah dalam pengelolaan sumber daya alam. Penelitian ini menunjukkan bahwa ajaran Islam mendorong manusia untuk menjaga kelestarian lingkungan, konservasi sumber daya, dan pembangunan berkelanjutan. Artikel ini juga menekankan pentingnya pendidikan lingkungan dan penguatan peran lembaga keagamaan dalam menghadapi krisis iklim global dan mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs). [111]

Analisis**:** Penelitian ini sama-sama membahas keberlanjutan lingkungan dalam perspektif Islam dan menekankan tanggung jawab manusia sebagai khalifah dalam menjaga alam. Namun, fokusnya pada kajian konseptual lingkungan dan SDGs, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

l. *Analisa Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia* – Andy Wiaya (2023)

---

[110]Dinda Silviana Putri, *et.al.,* "Partisipasi Publik Dalam Kebijakan Investasi Energi Terbarukan di Indonesia: Perspektif Demokrasi Energi"..., Public Participation In Renewable Energy Investment Policy In Indonesia: (A Democratic Energy Perspective)

[111]Amanai Omer, *et.al.,* "Perspektif Islam tentang Keberlanjutan Lingkungan: Sebuah Analisis Konseptual", dalam *Social Sciences 11*, no. 6 ,2022, hal.127

Artikel ini membahas potensi dan hambatan penerapan *Solar Photovoltaic* (Solar PV) di Indonesia dalam mendukung target *Net Zero Emission* (NZE). Penelitian ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan Solar PV, namun masih menghadapi hambatan berupa keterbatasan teknologi, infrastruktur, kebijakan insentif, dan dukungan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan penguatan kebijakan, pengembangan teknologi lokal, peningkatan kesadaran publik, dan kolaborasi internasional untuk mempercepat pengembangan energi surya di Indonesia.[112]

Penelitian ini sama-sama membahas pengembangan PLTS untuk mendukung target NZE Indonesia. Namun, fokusnya pada analisis potensi dan hambatan teknologi, infrastruktur, dan kebijakan Solar PV, sedangkan disertasi penulis mengkaji sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Qur'an, tata kelola energi, hak manusia, dan hak alam.

I. Metodologi Penelitian

1. Metode Penelitian yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *library research* dan *document analysis*. Metode penelitian merupakan cara ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data guna memahami, menganalisis, dan memecahkan suatu permasalahan penelitian secara sistematis. Menurut Sugiyono, metode penelitian adalah cara ilmiah untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu sehingga hasil penelitian dapat digunakan untuk memahami dan menyelesaikan suatu masalah secara ilmiah.[113]

Secara umum, metode penelitian dapat dibedakan menjadi penelitian kuantitatif, penelitian kualitatif, dan *mixed methods*. Penelitian kuantitatif menekankan pengukuran numerik dan analisis statistik, sedangkan penelitian kualitatif bertujuan memahami fenomena sosial, kebijakan, dan realitas empiris secara mendalam melalui interpretasi data non-numerik[114]. Adapun *mixed methods* merupakan kombinasi antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif.[115]

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif karena fokus penelitian diarahkan pada analisis sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS

---

[112]Andy Wijaya, "Analisa Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic. Terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia"…, hal. 501–514

[113]Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2019, hal. 2.

[114]John W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approache,* California: Sage Publications, 2014, hal. 13–16.

[115]Creswell, *Research Design...*, hal. 14–18.

menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 berdasarkan regulasi energi, data empiris ketenagalistrikan, teori ilmiah, serta perspektif Al-Qur'an. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan Tafsir Ilmi Maudhū'ī Muqayyad, yaitu pendekatan tafsir tematik-ilmiah yang membatasi pembahasan ayat Al-Qur'an pada konteks variabel penelitian, khususnya sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS menuju NZE 2060.[116]

2. Pemetaan Masalah

Pemetaan masalah dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan kondisi empiris pengelolaan energi nasional, khususnya pengembangan PLTS menuju NZE 2060. Berdasarkan latar belakang penelitian, pengembangan PLTS di Indonesia masih menghadapi berbagai hambatan pada aspek: a) teknis dan infrastruktur energi, seperti keterbatasan integrasi sistem PLN, rendahnya *hosting capacity*, tingginya *curtailment*, dan keterbatasan *smart grid*;[117] b) regulasi dan tata kelola energi, seperti perubahan kebijakan *net-metering*, kuota PLTS atap, dan ketidaksinkronan regulasi energi[118] c) investasi dan pembiayaan energi, seperti keterbatasan investasi pemerintah dan PLN serta kebutuhan *green financing* dan partisipasi multiaktor[119] serta d) SDM, teknologi, dan sosial energi, seperti keterbatasan penguasaan teknologi, digitalisasi energi, dan rendahnya kesadaran masyarakat terhadap energi bersih.[120]

Berbagai persoalan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS di Indonesia memerlukan pendekatan sinkronisasi pengelolaan energi yang lebih sistemik, integratif, kolaboratif, dan berkelanjutan menuju NZE 2060.

3. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis, konseptual, dan empiris yang berkaitan dengan sinkronisasi pengelolaan Perusahaan Listrik Negara(PLN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Studi pustaka dalam penelitian ini mencakup penelaahan terhadap: a) teori utama dan teori pendukung penelitian; b) regulasi energi nasional; c) roadmap transisi energi

---

[116]Abdul Mustaqim, *Metode Penelitian Al-Qur'an dan Tafsir*, Yogyakarta: Idea Press, 2015, hal. 112–126

[117]Kementerian ESDM RI, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025–2060*..., hal. 130–145.

[118]Sekretariat Negara Republik Indonesia, Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik; Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021; dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap.

[119]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31

[120]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023*..., hal. 12–18.

nasional; d) jurnal ilmiah dan artikel akademik; e) laporan pemerintah dan PLN; f) dokumen energi nasional dan internasional; serta g) kitab tafsir dan literatur Al-Qur'an yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya alam dan energi.[121]

Teori utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Teori *Co-Creation* dari Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan yang menekankan pentingnya kolaborasi multiaktor dalam penciptaan nii bersama[122] Sedangkan teori pendukung meliputi *Governing the Commons*, *Polycentric Governance*, *Smart Grid and Energy Transition*, *Dynamic Capabilities*, *Ecological Modernization*, *Steady-State Economics*, dan *Common Good*.[123]

Selain teori ilmiah modern, penelitian ini juga menggunakan perspektif Al-Qur'an melalui pendekatan Tafsir Ilmi Maudhū'ī Muqayyad untumenganalisis nilai-nilai keteraturan (*niẓām*), keseimbangan (*mīzān*), amanah, *ta'āwun*, larangan *fasād*, dan larangan *isrāf* dalam pengelolaan energi dan lingkungan.[124]

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi dokumen dan studi pustaka terhadap berbagai sumber yang berkaitan dengan pengelolaan energi nasional dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.[125]

Data penelitian terdiri dari: a) data primer yang meliputi Al-Qur'an dan kitab tafsir, regulasi energi nasional, dokumen Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) yang diterbitkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN);[126] dan b) data sekunder yang diperoleh dari buku teori dan manajemen energi, jurnal ilmiah, artikel akademik, disertasi, proceeding seminar, laporan lembaga nasional dan internasional, serta data statistik energi nasional dan global.[127]

---

[121]Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung: Remaja Rosdakarya, 2018, hal. 157–160

[122]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31.

[123]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* 18, no. 7 (1997): hal. 509–533.

[124]Abdul Mustaqim, *Metode Penelitian Al-Qur'an dan Tafsir*..., hal. 120–126

[125]Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*..., hal. 224–242.

[126]Kementrian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM No 188.K/ TL.03/ MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) periode 2025-2034*..., hal. Bab IV–V.

[127]Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*..., hal. 157–160.

Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan berbagai dokumen seminar, forum energi, dan perkembangan regulasi energi nasional sebagai bagian dari pengayaan analisis penelitian.

3. Teknik Input dan Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini selanjutnya diklasifikasikan, direduksi, dianalisis, dan diinterpretasikan menggunakan pendekatan *content analysis* dan analisis tematik.[128]

Tahapan analisis data dilakukan melalui: a) reduksi data; b) kategorisasi data; c) penyajian data; d) analisis tematik; e) interpretasi teoritik; f) interpretasi Qur'ani; serta g) penarikan kesimpulan penelitian[129]

Analisis dilakukan dengan menghubungkan identifikasi masalah, data empiris pengelolaan PLN–PLTS, teori ilmiah modern, regulasi energi nasional, perspektif Al-Qur'an, dan arah pembentukan model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060.

4. Pengecekan Keabsahan Data

Pengecekan keabsahan data dilakukan untuk memastikan bahwa data, analisis, dan kesimpulan penelitian memiliki tingkat validitas, konsistensi, dan kredibilitas yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Penelitian ini menggunakan pendekatan keabsahan data kualitatif menurut Lincoln dan Guba yang meliputi kredibilitas (*credibility*), transferabilitas (*transferability*), dependabilitas (*dependability*), dan konfirmabilitas (*confirmability*).[130]

Namun demikian, karena penelitian ini merupakan penelitian berbasis studi pustaka dan analisis dokumen, maka validasi data lebih difokuskan pada kredibilitas sumber data, konsistensi analisis, keterkaitan antar dokumen, dan ketepatan interpretasi terhadap regulasi, teori, data empiris, serta perspektif Al-Qur'an dalam pengelolaan energi nasional.

Uji kredibilitas dilakukan melalui: a) triangulasi sumber; b) triangulasi teori; c) pengecekan silang antar dokumen, regulasi, dan literatur; serta d) ketekunan penelitian dalam menelaah data empiris dan kebijakan energi.[131] Transferabilitas dilakukan dengan menyajikan hasil penelitian secara sistematis dan kontekstual sehingga dapat dipahami dan digunakan sebagai referensi pada penelitian lain yang relevan.[132] Dependabilitas dilakukan melalui konsistensi proses penelitian mulai dari pengumpulan data, analisis

---

[128]Matthew B. Miles, A. Michael Huberman, dan Johnny Saldaña, *Qualitative Data Analysis*, California: Sage Publications, 2014, hal. 12–18.

[129]Miles, Huberman, dan Saldaña, *Qualitative Data Analysis...*, hal. 18–21

[130]Yvonna S. Lincoln dan Egon G. Guba, *Naturalistic Inquiry*, California: Sage Publications, 1985, hal. 289–331.

[131]Lincoln dan Guba, *Naturalistic Inquiry...*, hal. 301–305.

[132]Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D...*, hal. 276–277.

data, interpretasi data, hingga penyusunan kesimpulan penelitian.[133] Sedangkan konfirmabilitas dilakukan dengan memastikan bahwa hasil penelitian benar-benar didasarkan pada data, dokumen, regulasi, teori, dan proses analisis yang dapat ditelusuri serta dipertanggungjawabkan secara akademik.[134] Diantara tringalusai sumber menggunakan tafsir Klasik, Pertengahan dan Kontemporer[135]

5. Pembuatan Laporan

Laporan penelitian disusun secara sistematis sesuai struktur penulisan disertasi berdasarkan hasil identifikasi masalah, analisis empiris pengelolaan PLN–PLTS, pembahasan teori ilmiah dan perspektif Al-Qur'an, serta hasil pembentukan model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060.

Penyusunan laporan dilakukan melalui tahapan: a) penyusunan latar belakang dan identifikasi masalah; b) kajian teori dan studi pustaka; c) analisis empiris pengelolaan PLN–PLTS; d) analisis perspektif Al-Qur'an; e) pembentukan model sinkronisasi pengelolaan energi; serta f) penyusunan `kesimpulan dan rekomendasi penelitian.[136]

Dengan metode penelitian tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam pengembangan model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS berbasis teori ilmiah modern dan nilai-nilai Al-Qur'an menuju *Net Zero Emission* 2060

J. Jadwal Penelitian

Penelitian ini direncanakan berlangsung selama 12 bulan dengan jadwal sebagai berikut:

[133]Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*..., hal. 324–326.

[134]Lincoln dan Guba, *Naturalistic Inquiry*..., hal. 318–321.

[135]Muhammad Hariyadi dan M. Akib, "Metodologi Tafsir Al-Qur'an Kontemporer dalam Pendekatan Ilmu Komunikasi Modern," dalam *Statement: Jurnal Media Informasi Sosial dan Pendidikan*, Vol. 11 No. 1 Tahun 2021, hal. 30.

[136]John W. Creswell, *Qualitative Inquiry and Research Design*..., hal. 180–185.

No	Tahapan Penelitian	Bulan 1-2	Bulan 3-4	Bulan 5-6	Bulan 7-8	Bulan 9-10	Bulan 11-12
1	Konsultasi dan ujian judul (dosen dan Kaprodi)						
2	Pembuatan dan pengesahan proposal						
3	Ujian proposal						
4	Revisi proposal						
5	Penentuan pembimbing dan surat tugas						
6	Ujian Progress Report I (Bab I-III)						
7	Ujian Progress Report II (Bab IV-Bab akhir)						
8	Pengesahan oleh pembimbing, Kaprodi, dan tim penguji						
9	Ujian terbuka dan pengesahan (khusus S3)						

K. Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam enam bab, masing-masing dengan pembahasan yang saling terkait dan mendalam untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang pengelolaan PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission (NZE)* 2060 dalam perspektif Al-Qur'an.

Bab pertama merupakan bagian pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian, identifikasi masalah, pembatasan dan perumusan masalah, serta tujuan dan manfaat penelitian. Dalam bab ini juga dijelaskan kerangka teori yang meliputi teori sinkronisasi, pengelolaan PLN dan PLTS menuju NZE 2060, serta sinkronisasi pengelolaan sumber daya alam dalam perspektif Al-Qur'an. Penelitian terdahulu yang relevan juga dibahas untuk memberikan landasan bagi penelitian ini, mencakup karya ilmiah dalam bentuk buku, disertasi, dan jurnal. Selain itu, metode penelitian dijelaskan secara rinci, mencakup pemetaan masalah, studi pustaka, teknik pengumpulan data, analisis data, pengecekan keabsahan data, dan penyusunan laporan. Bab ini juga dilengkapi dengan jadwal penelitian dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran alur penelitian.

Bab kedua membahas kajian teori yang menjadi landasan penelitian. Pembahasan dimulai dengan definisi dan konsep dasar sinkronisasi, termasuk pengertian sinkronisasi dalam konteks pengelolaan ,manajemen dan teknologi, serta pentingnya sinkronisasi untuk mencapai efisiensi dan efektivitas pengelolaan sumber daya. Kajian teori juga mencakup pembahasan tentang teori-teori yang mendukung sinkronisasi, seperti Teori *Co-Creation*, *Governing the Commons, Polycentric Governance*, *Common Good, Dynamic Capabilities, Steady-State Economics, Ecological Modernization, serta Smart Grid and Energy transition*. Selain itu,

diterangkan dengan pembahasan tentang pengelolaan sumber daya alam energi, teori rumah kaca, konsep *Net Zero Emissions* (*NZE*), serta relevansi sinkronisasi dalam pengelolaan PLN dan PLTS,dilengkapi teori Model, sebagai konsepsual model untuk menuju Model implemntatif di bab V.

Bab ketiga berfokus pada pengelolaan PLN dan PLTS. Bab ini menjelaskan sejarah, struktur, kebijakan, dan regulasi PLN, serta peranannya dalam transisi menuju energi terbarukan. Selanjutnya, pembahasan dilanjutkan dengan pengelolaan PLTS, mencakup definisi, jenis-jenis PLTS berdasarkan teknologi dan sistem operasi, serta lokasi pemasangan PLTS. Bab ini juga mengulas perkembangan teknologi PLTS di dunia, ASEAN, dan Indonesia, tantangan pengembangannya, serta solusi yang dapat diterapkan. Tata kelola energi terbarukan antara PLN dan PLTS menjadi sorotan, termasuk evaluasi praktik koordinasi, manajemen sumber daya, serta upaya meningkatkan efisiensi dan kolaborasi untuk mencapai target *NZE* 2060.

Bab keempat membahas isyarat Al-Qur'an tentang pengelolaan sumber daya alam dan energi. Dalam bab ini dijelaskan konsep sinkronisasi dalam perspektif Al-Qur'an, termasuk prinsip-prinsip Sinkronisasi seperti keserentakan, kesesuain, kebersamaan, keselarasan, keseimbangan, keserasian dan keharmonisan. Isyarat Al-Qur'an mengenai pengelolaan sumber daya manusia, dintaranya manajemen, pengorganisasian, pengendalian, pemberdayaan, kontrol dan monitoring serta Evaluasi juga dibahas. Bab ini menyoroti Pengelolaaan dan pemanfaatan energi terbarukan seperti air, angin, panas bumi, dan matahari, bagaimana Pengelolaan Sumber daya alam dalam Al-Qur'an, Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS, dimensi pengelolaan sumber daya alam dalam *Asmaul Al-Husna*, serta relevansi ayat-ayat Al-Qur'an dengan pengelolaan energi berbasis nilai-nilai Islam. Dengan pendekatan ini, penelitian menekankan pentingnya tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian alam dan mewujudkan pemerataan manfaat energi.

Bab kelima membahas model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 yang disusun melalui sintesis antara landasan teoritis pada Bab II, hasil analisis empiris pada Bab III, dan landasan normatif Al-Qur'an pada Bab IV. Pembahasan diawali dengan pengembangan kerangka konseptual (*conceptual framework*), dilanjutkan dengan analisis kesenjangan (*gap analysis*) dan tantangan pengelolaan PLN dan PLTS, kemudian diintegrasikan dengan prinsip-prinsip Al-Qur'an untuk merumuskan model sinkronisasi sebagai jawaban atas rumusan masalah penelitian. Bab ini juga membahas strategi implementasi, evaluasi model melalui Key Performance Indicators (KPI), penyusunan *roadmap* menuju NZE 2060, serta implikasi model bagi perumusan kebijakan dan tata kelola

energi nasional yang adil, berkelanjutan, adaptif terhadap perkembangan teknologi, dan selaras dengan nilai-nilai Al-Qur'an.

Bab keenam merupakan bab penutup yang menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian, implikasi hasil penelitian. Bab ini juga memberikan saran untuk penelitian lanjutan yang relevan, dengan harapan dapat memperluas kontribusi penelitian ini dalam pengelolaan energi terbarukan yang berkelanjutan.

BAB II
KAJIAN TEORI SINKRONISASI, PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM, DAN NET ZERO EMISSIONS

A. Definisi dan Konsep Dasar Sinkronisasi

1. Pengertian Sinkronisasi dalam Konteks Pengelolaan, Manajemen dan Teknologi.

Secara etimologis, kata *sinkronisasi* berasal dari bahasa Yunani *synchronous*, yang terdiri atas *syn* (bersama) dan *chronos* (waktu), yang berarti selaras dalam waktu atau terjadi secara bersamaan.[1] Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sinkronisasi diartikan sebagai perihal menyinkronkan, penyerentakan, penyelarasan, atau penyesuaian untuk mencapai kesamaan gerak atau hasil. Dalam pelaksanaannya, seluruh unsur yang terlibat dituntut menerapkan prinsip-prinsip koordinasi dan integrasi. Dalam sinkronisasi energi nasional, pengertian ini mencakup aspek koordinasi, integrasi kebijakan, manajemen, dan pengaturan teknis antara sistem konvensional dan sistem terbarukan.[2]

Secara Sinonim istilah sinkronisasi memiliki padanan seperti penyerentakan, penyesuaian, penyelarasan, kebersamaan koordinasi, keseimbangan, keserasian, harmonisasi dan integrasi. Seluruh istilah ini mengandung makna keterpaduan yang dibutuhkan dalam sistem energi,

[1]John Ayto, *Dictionary of Word Origins*, London: Bloomsbury Publishing, 2011, hal. 521

[2]Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Daring*, diakses 20 Juni 2026.

khususnya dalam menyatukan kebijakan publik**,** proses manajerial**,** dan infrastruktur teknologi ke dalam satu kesatuan visi dan implementasi.

Sebagaimana ditegaskan oleh Arkady Pikovsky dan rekan-rekannya dalam buku *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences, menegaskan* ***"****Synchronization phenomena are abundant in science, nature, engineering, and social life. These phenomena are universal and can be understood within a common framework based on modern nonlinear dynamics.*[3] *"(*Fenomena sinkronisasi melimpah dalam ilmu pengetahuan, alam, teknik, dan kehidupan sosial. Fenomena ini bersifat universal dan dapat dipahami dalam kerangka umum berdasarkan dinamika nonlinier modern.)

Dalam kajian teoretis, teori sinkronisasi adalah sebuah teori yang menjelaskan bagaimana dua atau lebih sistem yang berosilasi (bergerak secara periodik atau memiliki ritme) dapat menyesuaikan perilaku, frekuensi, fase, atau pola geraknya sehingga menjadi selaras akibat adanya interaksi di antara mereka. Dalam kajian teoretis empiris, teori ini menjelaskan bagaimana osilator yang berinteraksi selaras dalam waktu di berbagai bidang fisika, biologi, teknik, dan sistem sosial. Teori sinkronisasi mempelajari bagaimana unit yang terhubung (osilator) secara spontan menyelaraskan ritme mereka dan dalam kondisi struktural dan dinamis apa penyelarasan ini stabil. Teori ini mencakup model abstrak seperti osilator fase Kuramoto dan sistem konkret seperti jaringan listrik, sirkuit saraf, dan interaksi sosial manusia.[4]

Teori ini juga membahas cara mendesain atau mempelajari *coupling* yang mencapai keadaan sinkronisasi yang diinginkan, termasuk siklus batas yang stabil secara orbital, interaksi pulsa optimal, *coupling* yang bervariasi terhadap waktu, dan bobot adaptif berbasis pembelajaran mesin.

Di berbagai disiplin ilmu, teori sinkronisasi menawarkan bahasa pemersatu tentang bagaimana osilator yang terhubung berkoordinasi, bagaimana struktur jaringan dan interaksi tingkat tinggi membentuk koordinasi tersebut, dan bagaimana koordinasi itu dapat distabilkan atau dikendalikan. Karya modern meluas dari model gaya Kuramoto berpasangan klasik hingga hipergraf, penundaan, kebisingan, dan kopling adaptif/ terpelajari, dan menghubungkan ritme fisik dan biologis dengan sinkronisasi sosial dan antar otak.[5]

---

[3]Arkady Pikovsky, *et.al., Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, 2001, hal. i

[4]Arkady Pikovsky, *et.al., Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*..., hal.9–35.

[5]Yoshiki Kuramoto, *Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence*, Berlin: Springer-Verlag, 1984, hal. 68–77.

Teori sinkronisasi juga digunakan dalam kajian *artificial intelligence*. Menurut Ziqin Chen dkk, sinkronisasi spontan adalah fenomena ketika banyak benda atau sistem yang memiliki ritme masing-masing akhirnya bergerak secara serempak tanpa ada pengatur pusat. Fenomena ini banyak ditemukan di alam maupun teknologi. Misalnya, cara sel-sel saraf di otak bekerja bersama-sama, sekelompok robot yang bergerak kompak, atau armada kendaraan tanpa pengemudi yang dapat berkoordinasi. Untuk mempelajari fenomena tersebut, para ilmuwan sering menggunakan model yang disebut pulse-coupled oscillators (osilator yang saling memengaruhi melalui sinyal atau "denyut"). Model ini populer karena sederhana dan mudah dipahami secara fisik.

Ziqin Chen dkk membandingkan dengan penelitian sebelumnya yang mengasumsikan kondisi yang sangat ideal. Misalnya, semua osilator dianggap memiliki kecepatan yang sama, sinyal antar-osilator dikirim tanpa keterlambatan, posisi awal ritmenya teratur, dan jaringan hubungan antar-osilator memiliki bentuk tertentu. Dalam kenyataannya, kondisi seperti itu jarang terjadi. Karena itu, penelitian ini menggunakan reinforcement learning (metode kecerdasan buatan yang belajar melalui proses mencoba dan menerima umpan balik) untuk menemukan cara interaksi yang paling efektif agar sinkronisasi tetap dapat terjadi meskipun kondisi sistem tidak ideal.

Hasil penelitian Ziqin Chen dkk menunjukkan bahwa ketika perbedaan kecepatan antar-osilator dan keterlambatan pengiriman sinyal masih relatif kecil, dapat dibuat sebuah rumus praktis yang sangat efektif untuk membantu proses sinkronisasi. Rumus ini dapat digunakan pada berbagai bentuk jaringan dan berbagai kondisi awal, sehingga tidak perlu melatih ulang sistem kecerdasan buatan setiap kali menghadapi jaringan baru. Dengan kata lain, penelitian ini berhasil menemukan cara yang lebih fleksibel dan efisien untuk membuat banyak komponen yang memiliki ritme berbeda tetap dapat bergerak atau bekerja secara selaras.[6]

Teori Ziqin Chen dkk di atas, bisa dianalogikan jika ada seratus orang yang sedang bertepuk tangan dengan ritme berbeda-beda. Penelitian lama menganggap semua orang memulai dengan tempo yang hampir sama dan dapat saling mendengar tanpa gangguan. Namun, kondisi nyata tidak seperti itu: ada yang lebih cepat, lebih lambat, dan ada jeda suara saat mendengar tepukan orang lain. Penelitian Ziqin Chen dkk mengajarkan sebuah "aturan respons" menggunakan kecerdasan buatan sehingga, meskipun kondisi tidak sempurna, orang-orang tersebut tetap dapat menemukan ritme yang sama dan akhirnya bertepuk tangan secara serempak. Bahkan setelah aturan itu

[6]Ziqin Chen, *et.al.,* "Optimal Synchronization in Pulse-Coupled Oscillator Networks Using Reinforcement Learning", *PNAS Nexus,* Mar 27, 2023, hal. 1.

ditemukan, aturan tersebut bisa dipakai pada banyak kelompok lain tanpa harus mengajarinya dari awal lagi.

Hemat penulis, penelitian ini berhasil menjelaskan tentang bagaimana kecerdasan buatan digunakan untuk menemukan cara terbaik agar banyak sistem yang berbeda-beda tetap dapat mencapai keselarasan (sinkronisasi) dalam kondisi dunia nyata yang tidak ideal.

Selanjutnya, menurut Amirhossein Nazerian et.al., sinkronisasi adalah proses ketika banyak komponen yang saling terhubung akhirnya bergerak atau bekerja secara selaras. Fenomena ini sangat penting, baik di alam maupun dalam teknologi. Contohnya adalah kerja neuron di otak, jaringan listrik, sekelompok robot, atau sistem komunikasi.

Selama ini, banyak penelitian berfokus pada pertanyaan: *Apakah suatu sistem pada akhirnya bisa mencapai sinkronisasi dan tetap stabil.* Namun, lebih sedikit penelitian yang membahas proses perjalanannya, yaitu *bagaimana sistem bergerak dari keadaan tidak sinkron menuju sinkron*. Dalam penelitian Amirhossein Nazerian et. al ini, diperkenalkan ukuran baru yang disebut transverse reactivity. Ukuran ini digunakan untuk mengetahui apakah gangguan yang menyebabkan ketidaksinkronan sedang membesar atau justru mengecil pada setiap saat. Dengan menggunakan ukuran tersebut, para peneliti merancang strategi sinkronisasi yang lebih hemat energi dan lebih efisien. Caranya adalah dengan mengubah kekuatan hubungan antar-komponen secara dinamis sesuai kondisi sistem saat itu, bukan menggunakan kekuatan hubungan yang tetap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi baru ini mampu membuat sistem mencapai sinkronisasi dalam kondisi yang jauh lebih beragam dibandingkan metode lama. Bahkan pada banyak kasus, rentang kondisi yang dapat disinkronkan menjadi berkali-kali lipat lebih besar. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji bagaimana bentuk atau struktur jaringan memengaruhi kecepatan dan proses menuju sinkronisasi. Untuk itu diperkenalkan konsep baru yang disebut *network syncreactivity*.

Secara sederhana, jaringan dengan nilai *syncreactivity* yang tinggi memiliki kecenderungan lebih besar untuk memperkuat atau merespons perubahan selama proses menuju sinkronisasi, terlepas dari jenis komponen yang ada di dalamnya. Para peneliti kemudian menggunakan konsep tersebut untuk mengelompokkan berbagai jaringan kompleks di dunia nyata berdasarkan karakteristik sinkronisasinya.[7]

Namun demikian, perlu dipertegas maksud dari kata sinkronisasi yang dimaksud dalam disertasi ini. Di dalam disertasi ini, makna sinkronisasi bukan merujuk makna dalam kajian teoretis di atas namun memiliki makna

[7]Amirhossein Nazerian, *et.al.,* "The Efficiency of Synchronization Dynamics and the Role of Network Syncreactivity", *Nature Communication,* 2024, hal.1.

senada terkait penyelarasan sebagai upaya menyatukan berbagai sistem dan komponen yang sebelumnya terpisah dan terkesan berseberangan, menjadi selaras dalam kebersamaan pemikiran dan gerakan kooperatif demi mencapai tujuan yang diharapkan.

Hemat penulis, penelitian ini berhasil menjelaskan bagaimana kecerdasan buatan digunakan untuk menemukan cara terbaik agar banyak sistem yang berbeda-beda tetap dapat mencapai keselarasan (sinkronisasi) dalam kondisi dunia nyata yang tidak ideal. Dengan menggunakan ukuran baru yang disebut *transverse reactivity* diatas, yang diperkenalakan Amirhossein Nazerian dkk tersebut, para peneliti merancang strategi sinkronisasi yang lebih hemat energi dan lebih efisien dengan menyesuaikan kekuatan hubungan antar-komponen secara dinamis sesuai kondisi sistem saat itu. Selain itu diperkenalkan pula konsep *network syncreactivity* yang menjelaskan bagaimana struktur jaringan memengaruhi kecepatan dan proses menuju sinkronisasi. Dalam konteks sistem energi nasional, teori-teori sinkronisasi tersebut memberikan landasan konseptual untuk memahami bagaimana berbagai aktor, kebijakan, kelembagaan, teknologi, dan sumber daya yang memiliki karakteristik berbeda dapat bergerak menuju tujuan bersama. Pemerintah, PLN, pengembang PLTS, investor, lembaga pembiayaan, industri, akademisi, dan masyarakat dapat dipandang sebagai komponen yang memerlukan koordinasi, integrasi, dan penyelarasan agar tercipta sistem energi yang tangguh, berkelanjutan, dan mendukung pencapaian Net Zero Emissions 2060.[8]

Namun demikian, perlu dipertegas maksud, makna sinkronisasi dalam disertasi ini bukan merujuk secara teknis pada sinkronisasi osilator sebagaimana dalam kajian teoretis di atas, melainkan memiliki makna senada terkait penyelarasan sebagai upaya menyatukan berbagai sistem dan komponen yang sebelumnya terpisah dan terkesan berseberangan menjadi selaras dalam kebersamaan pemikiran dan gerakan kooperatif demi mencapai tujuan yang diharapkan[9]

Dalam disertasi ini, sinkronisasi dipahami sebagai proses sistemik yang menyatukan Sinkronisasi pengelolaan kebijakan energi, Sinkronisasi manajemen organisasi, dan sinkronisasi sistem teknologi **s**ebagai tiga pilar utama dalam mencapai ketahanan dan keberlanjutan energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060.

Teori *Co-Creation* digunakan sebagai kerangka teori utama untuk memahami pentingnya sinkronisasi lintas aktor dan sistem dalam pengelolaan energi nasional. Paradigma ini menyatakan bahwa penciptaan

---

[8]International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2024*, Abu Dhabi: IRENA, 2024, hal. 112–130.

[9]Disusun penulis berdasarkan sintesis teori sinkronisasi, teori co-creation, dan hasil analisis penulis.

nilai bersama (*co-created value*) dalam sistem yang kompleks hanya dapat terwujud melalui interaksi, integrasi, dan sinkronisasi yang efektif antara berbagai pemangku kepentingan. Teori utama *Co-Creation Theory* memberikan landasan mengenai pentingnya kolaborasi antara pemerintah, PLN, pengembang PLTS, investor, akademisi, industri, dan masyarakat dalam menciptakan nilai bersama (*co-created value*). Teori ini menjelaskan bahwa percepatan transisi energi tidak dapat dilakukan oleh satu pihak secara mandiri, melainkan memerlukan keterlibatan seluruh pemangku kepentingan secara aktif.[10]

Teori utama didukung *Governing the Commons* Theory dan *Polycentric Governance* Theory memberikan perspektif mengenai tata kelola sumber daya bersama. Kedua teori tersebut menjelaskan bahwa pengelolaan energi dan lingkungan memerlukan koordinasi berbagai lembaga dan pusat pengambilan keputusan agar dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan.[11] Selanjutnya, Dynamic Capabilities Theory menjelaskan pentingnya kemampuan adaptasi organisasi terhadap perubahan lingkungan strategis. Dalam konteks penelitian ini, teori tersebut relevan untuk menjelaskan kebutuhan transformasi PLN, industri energi, dan berbagai aktor lainnya dalam menghadapi perkembangan teknologi energi terbarukan dan tuntutan dekarbonisasi global.[12]

Sementara itu, Ecological Modernization Theory memberikan dasar bahwa pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan tidak harus diposisikan sebagai dua tujuan yang saling bertentangan. Melalui inovasi teknologi, efisiensi energi, dan modernisasi sistem produksi, keduanya dapat dicapai secara bersamaan.[13] Pada aspek teknis, *Smart Grid and Energy Transition Theory* memberikan landasan mengenai transformasi sistem ketenagalistrikan dari sistem konvensional menuju sistem yang lebih fleksibel, digital, cerdas, dan mampu mengintegrasikan energi terbarukan dalam skala besar. Teori ini sangat relevan dengan kebutuhan sinkronisasi antara PLN dan PLTS dalam mendukung pencapaian NZE 2060[14].Adapun *Steady-State Economy Theory* dan *Common Good Theory* memberikan perspektif keberlanjutan dan keadilan. Kedua teori tersebut menekankan

---

[10]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford, CA: Stanford University Press, 2014, hal.1–20.

[11]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* ,Cambridge: Cambridge University Press, 1990, hal.88–102.

[12]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth* ,Oxford: Oxford University Press, 2009, hal.87–103.

[13]Arthur P.J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The International Handbook of Environmental Sociology*, ed. Michael Redclift dan Graham Woodgate ,Cheltenham: Edward Elgar, 2010 ,hal. 628–643.

[14]International Energy Agency (IEA), *Energy Technology Perspectives 2023*..., hal. 145–162.

pentingnya menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan daya dukung lingkungan sehingga pembangunan energi tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan ekonomi semata, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan generasi mendatang

Dalam buku Teori yang dikemukan oleh Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan dalam *The Co-Creation Paradigm* (2014), sinkronisasi dipahami bukan sekadar teknis koordinasi, tetapi sebagai proses strategis yang mencakup manajemen, teknologi, dan tata kelola sosial. "*Co-creation is joint creation and evolution of value with stakeholding individuals, intensified and enacted through platforms of engagements, virtualized and emergent from ecosystems of capabilities, and actualized and embodied in domains of experiences, expanding wealth-welfare-wellbeing.*[15]" Ko-kreasi adalah penciptaan dan evolusi nilai secara bersama-sama dengan para pemangku kepentingan, yang diperkuat dan dijalankan melalui platform keterlibatan, divirtualisasikan dan muncul dari ekosistem kapabilitas, serta diwujudkan dalam ranah pengalaman, yang memperluas kekayaan, kesejahteraan, dan kebermaknaan hidup**.**" Kutipan ini merupakan definisi kunci dari teori *co-creation*, yang menunjukkan bahwa penciptaan nilai tidak lagi dilakukan secara sepihak oleh perusahaan, melainkan melalui proses bersama dengan semua pemangku kepentingan (*stakeholders*), yang terintegrasi dalam platform digital, sosial, dan manajerial. Nilai tersebut terwujud melalui pengalaman bersama dan berkembang dalam ekosistem yang kolaboratif.

Lebih lanjut, Ramaswamy dan Ozcan menegaskan bahwa pergeseran paradigma ini menuntut perubahan dalam cara berpikir organisasi, yang mencakup lima prinsip strategis:

a. Melibatkan pemangku kepentingan secara personal dan kolektif dalam menciptakan nilai bersama.
b. Merancang platform keterlibatan yang terdiri atas orang, proses, antarmuka, dan artefak secara sengaja.
c. Menyadari subjektivitas nilai yang teraktualisasi berdasarkan pengalaman individu.
d. Memanfaatkan jejaring kapabilitas sosial, bisnis, sipil, dan komunitas alami.
e. Membangun ekosistem kapabilitas bersama sektor privat, publik, dan sosial untuk memperluas kesejahteraan.

Konsep-konsep ini menunjukkan bahwa sinkronisasi pengelolaan, sinkronisasi manajerial, dan sinkronisasi teknologi bukanlah proses terpisah, melainkan saling terhubung erat dan membentuk jaringan yang tidak dapat dipisahkan dalam kerangka strategis ko-kreasi

[15]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.14.

Sebagai contoh aplikasi sesuai tema disertasi ini adalah sebagai berikut Sinkronisasi pengelolaan tercermin dalam integrasi arah kebijakan antara PLN, Kementerian ESDM, pemerintah daerah, dan pelaku energi lokal.

a. Sinkronisasi manajemen tampak dalam koordinasi proyek PLTS dari tahap perencanaan, pengadaan, hingga pengawasan yang harus berjalan terpadu.
b. Sinkronisasi teknologi diwujudkan melalui penggunaan smart inverter, integrasi sistem PLTS dengan jaringan PLN, dan teknologi smart grid yang memungkinkan pemantauan dan penyesuaian real-time.

Ketiganya merupakan satu kesatuan sistemik yang membentuk fondasi keberhasilan integrasi antara PLN sebagai pengelola sistem kelistrikan nasional dan PLTS sebagai kekuatan baru dalam transisi energi terbarukan menuju *Net Zero Emission* 2060.

a. Sinkronisasi dalam Konteks Pengelolaan

Dalam Kutipan buku *The Co-Creation Paradigm* "*Co-creation menyatakan* "*Engaging stakeholders personally and collectively in creating value together and expanding how the enterprise connects value creation opportunities with resources*",[16] Melibatkan pemangku kepentingan secara pribadi dan kolektif dalam penciptaan nilai bersama, serta memperluas bagaimana perusahaan menghubungkan peluang penciptaan nilai dengan sumber daya**."** Ini mencerminkan peran pengelolaan strategis dalam menjalin hubungan dan kolaborasi antarpihak: antara perusahaan, masyarakat, pemerintah, mitra, dan konsumen.

Selain itu *The Co-Creation Paradigm* menyatakan "*Building ecosystems of capabilities together with other private, public, and social sector enterprises to expand wealth-welfare-wellbeing in the economy and in society as a whole."*[17] Artinya Membangun ekosistem kapabilitas bersama dengan perusahaan dari sektor swasta, publik, dan sosial untuk memperluas kekayaan, kesejahteraan, dan kebermaknaan hidup dalam ekonomi dan masyarakat secara keseluruhan**."**Pilar ini menekankan pada tata kelola lintas-sektor (governance) dan kolaborasi dalam ekosistem yang lebih luas, yang merupakan inti dari sinkronisasi pengelolaan berbasis co-creation.

Dalam diskursus pengelolaan sumber daya alam, pandangan dominan selama bertahun-tahun menyatakan bahwa hanya dua pendekatan yang dapat diandalkan: intervensi negara atau mekanisme pasar. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa komunitas lokal tidak memiliki kapasitas kelembagaan untuk mengelola sumber daya bersama

[16]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan*, The Co-Creation Paradigm...*, hal.16
[17]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan*, The Co-Creation Paradigm...*, hal.16

(common-pool resources/CPRs) secara berkelanjutan. Namun, Elinor Ostrom, melalui karya monumentalnya *Governing the Commons*, membantah pandangan ini dengan menghadirkan argumen empiris dan teoretis yang kuat tentang kemampuan komunitas lokal untuk mengatur dirinya sendiri secara kolektif.

Dalam bagian pendahuluan bukunya, Ostrom menegaskan bahwa:**"***Further, communities of individuals have relied on institutions resembling neither the state nor the market to govern some resource systems with reasonable degrees of success over long periods of time."*[18] Pernyataan ini mengandung makna penting bahwa institusi-institusi berbasis komunitas lokal yang tidak menyerupai bentuk negara atau pasar justru terbukti mampu menghasilkan keberhasilan kelembagaan yang berkelanjutan**.** Dalam konteks ini, kolaborasi lokal bukan sekadar alternatif, melainkan solusi struktural yang telah dijalankan selama berabad-abad di berbagai belahan dunia dengan hasil yang memadai.

Salah satu contoh nyata dari keberhasilan ini adalah sistem pengelolaan perikanan di Alanya, Turki. Dalam studi kasus tersebut, para nelayan menyusun aturan penggunaan wilayah penangkapan ikan secara kolektif dan mengatur giliran serta batas-batasnya berdasarkan konsensus internal. Ostrom mencatat: **"***Alanya provides an example of a self-governed common-property arrangement in which the rules have been devised and modified by the participants themselves and also are monitored and enforced by them."*[19] *Kutipan ini menunjukkan bahwa kekuatan utama dalam keberlanjutan institusi bukanlah terletak pada otoritas eksternal, tetapi pada kemampuan komunitas itu sendiri untuk merancang, menyesuaikan, dan menegakkan aturan yang mereka pahami dan miliki secara bersama.*

Dalam konteks Indonesia, terutama dalam pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pendekatan Ostrom ini sangat relevan. Ketika komunitas lokal diberi ruang untuk merancang mekanisme pembagian listrik, iuran, pemeliharaan, hingga evaluasi sistem secara partisipatif, mereka tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga pemilik institusional dari keberlanjutan sistem energi tersebut. Kolaborasi lokal semacam ini perlu dilihat bukan sebagai pendukung kebijakan nasional, tetapi sebagai inti dari pengelolaan sumber daya bersama yang berdaya tahan dan adaptif.

Elinor Ostrom dalam pengembangan teori *Governing the Commons* melanjutkan teori terkenalnya, *polycentric governance diantaranya dalam*

---

[18]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal.1

[19]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.*..., hal. 20

Policy Research Working Paper Background Paper to the 2010 World Development Report *yang bertema A Polycentric Approach for Coping with Climate Change*, Sinkronisasi pengelolaan merujuk pada harmonisasi fungsi-fungsi kelembagaan dan tata kelola di berbagai tingkat dari lokal hingga global yang memungkinkan kolaborasi dan tanggung jawab bersama dalam menghadapi persoalan publik yang kompleks.

Dalam konteks perubahan iklim, Elinor Ostrom menekankan pentingnya *polycentric governance*, di mana banyak aktor (pemerintah, komunitas, individu, sektor swasta) memiliki kapasitas untuk bertindak secara otonom namun tetap berkoordinasi dalam sistem aturan bersama.

Sebagaimana ditegaskan Ostrom: **"***Efforts to reduce global greenhouse gas emissions are a classic collective action problem that is best addressed at multiple scales and levels*."[20] Upaya mengurangi emisi gas rumah kaca global adalah masalah aksi kolektif klasik yang paling baik ditangani pada berbagai skala dan tingkatan.

Dalam hal ini, sinkronisasi pengelolaan muncul ketika berbagai unit pemerintahan lokal dan organisasi komunitas secara sadar membagi peran dan tanggung jawab dalam kebijakan iklim tanpa menunggu arahan pusat. Misalnya, program PLTS berbasis komunitas, irigasi dan pengelolaan hutan lokal dapat berjalan lebih efektif ketika ada koordinasi antar lembaga desa, pemerintah kota, dan jaringan informasi nasional.

Ostrom menjelaskan bahwa sistem polisentris: **"***The advantage of a polycentric approach is that it encourages experimental efforts at multiple levels, as well as the development of methods for assessing the benefits and costs of particular strategies adopted in one type of ecosystem and comparing these with results obtained in other ecosystems*[21]*(* Keuntungan dari pendekatan polisentris adalah bahwa ia mendorong upaya-upaya eksperimental pada berbagai tingkat, serta pengembangan metode untuk menilai manfaat dan biaya dari strategi tertentu yang diterapkan dalam satu jenis ekosistem dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh di ekosistem lain."

Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks Indonesia, di mana sinkronisasi pengelolaan antara pemerintah pusat, daerah, BUMN, swasta, dan komunitas energi lokal merupakan kunci keberhasilan integrasi energi terbarukan.

b. Sinkronisasi dalam Konteks Manajemen

Sinkronisasi dalam manajemen merupakan keterpaduan antara fungsi-fungsi inti dalam manajemen agar seluruh aktivitas organisasi

---

[20]Elinor Ostrom, *A Polycentric Approach for Coping with Climate Change*, Policy *Research Working Paper 5095*, Washington, DC: The World Bank, October 2009, hal.1.

[21]Elinor Ostrom, A Polycentric Approach for Coping with Climate Change*, Policy Research Working Paper 5095*..., hal. 39.

seperti perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan berjalan secara terarah, efektif, efisien dan selaras dengan waktu.. Dalam literatur dasar mengenai manajemen, disebutkan bahwa: "*The first aspect of management, the process has four functions, namely: planning, organizing, leading, and controlling (POLC). These functions are interdependent to form a coherent set of activities with definite purpose"*[22] Aspek pertama dari manajemen adalah proses yang terdiri atas empat fungsi, yaitu: perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian (POLC),atau monitoring dan controlling. Keempat fungsi ini saling bergantung satu sama lain untuk membentuk serangkaian aktivitas yang terpadu dan memiliki tujuan yang jelas.

Dalam paradigma co-creation, sinkronisasi manajemen merupakan pilar penting dalam membangun keterpaduan antara struktur, strategi, dan sistem organisasi dengan partisipasi aktif para pemangku kepentingan.

Penyelarasan ini diperlukan Senior Leadership untuk memimpin manjemen organisasi untuk tidak hanya mampu beradaptasi, tetapi juga secara aktif mengelola hubungan internal dan eksternal agar selaras dalam satu arah strategis yang sama."*Senior leadership is crucial in facilitating and guiding large-scale, co-creative organizational change*."[23]. Kepemimpinan senior sangat penting dalam memfasilitasi dan membimbing perubahan organisasi skala besar berbasis co-creation.

"*To Fix internal process management and operational issues, align strategy execution with formulation, and make the performance management system more effective*."[24] Memperbaiki manajemen proses internal dan isu operasional, menyelaraskan pelaksanaan strategi dengan perumusannya, dan membuat sistem manajemen kinerja lebih efektif. Kutipan ini menunjukkan praktik nyata sinkronisasi manajerial pada level operasional dan strategis secara bersamaan.

Dalam konteks organisasi modern yang kompleks, Paradigma co-creation menawarkan pendekatan baru yang memungkinkan penyelarasan tujuan dan tindakan antar fungsi manajerial melalui platform kolaboratif yang terintegrasi. Ramaswamy dan Ozcan menyatakan:"*A strategic architecture of co-creation can thus bring all parties together on the same portfolio of platforms to facilitate mutual goal alignment, co-creative interactions, and both enterprise-specific and joint outcomes. The challenges faced by each managerial function in the respective*

---

[22]Marivic F. Flores, *Organization and Management*, Manila: Mindshapers Co., Inc., 2017, dikutip dalam *Organization and Management Grade 11 Module 1*, Department of Education Region III (2020), hal. 4.

[23]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 203

[24]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 203-204

enterprises across the activity system can be very diverse and difficult to understand at an industry or corporate level."[25]

Arsitektur strategis dari ko-kreasi dapat menyatukan semua pihak dalam portofolio platform yang sama untuk memfasilitasi penyelarasan tujuan bersama, interaksi ko-kreatif, dan pencapaian hasil baik yang spesifik untuk masing-masing organisasi maupun yang bersifat kolaboratif. Tantangan yang dihadapi oleh setiap fungsi manajerial dalam organisasi terkait bisa sangat beragam dan seringkali sulit dipahami pada level industri atau korporasi.

Kutipan ini menunjukkan bahwa salah satu tantangan utama dalam manajemen modern adalah bagaimana menyinkronkan fungsi-fungsi manajerial yang tersebar di berbagai bagian organisasi, terutama ketika mereka beroperasi dalam sistem aktivitas yang saling berhubungan namun memiliki konteks dan tekanan yang berbeda.

Melalui arsitektur strategis berbasis platform, organisasi dapat membangun wadah bersama untuk:

1) Menyatukan perspektif dan peran dari berbagai unit dan fungsi manajerial;
2) Memfasilitasi interaksi lintas batas yang berorientasi pada penciptaan nilai Bersama.
3) Menyelaraskan visi strategis organisasi dengan tindakan-tindakan operasional di lapangan;
4) Membangun jembatan antara hasil spesifik entitas dan tujuan kolaboratif lintas organisasi.

Ini merupakan bentuk sinkronisasi manajemen yang bukan hanya mekanistik, tetapi juga bersifat interaktif dan evolusioner, karena melibatkan komunikasi aktif, pembelajaran lintas fungsi, dan adaptasi terhadap konteks yang terus berubah. Dalam skema ini, peran manajemen berpindah dari kontrol dan instruksi menjadi fasilitasi dan orkestrasi interaksi nilai.

Stephen Robbins & Mary Coulter menyatakan bahwa: "*In organizations with strong cultures, employees are more loyal and performance tends to be higher. The stronger a culture becomes, the more it affects the way managers plan, organize, lead, and control"*.[26]

Pernyataan ini menegaskan bahwa pemberdayaan budaya organisasi yang kuat memiliki dampak langsung terhadap loyalitas karyawan dan peningkatan kinerja organisasi. Lebih dari itu, budaya yang kuat secara signifikan membentuk cara manajer menjalankan empat fungsi utama

---

[25]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 176

[26]Stephen P. Robbins and Mary Coulter, *Management*, 14th ed., New Jersey: Pearson Education, 2012, hal. 273

manajemen: perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian (POLC) atau Control Monitoring dan Evaluasi.

Hal ini terjadi karena budaya membentuk nilai-nilai bersama, norma perilaku, dan bahasa organisasi yang menyatukan pemahaman dan ekspektasi di seluruh bagian organisasi.

Selain itu Teori *Dynamic Capabilities*: "oleh David Teece juga dapat dikaitkan dengan Sinkronisasi manajerial: "*There is the need for economic agents to engage in trading activities, and for managers/ entrepreneurs to 'integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments*." [27] (Dibutuhkan peran para pelaku ekonomi untuk terlibat dalam aktivitas perdagangan, dan bagi para manajer/wirausahawan untuk 'mengintegrasikan, membangun, dan mengatur ulang kompetensi internal dan eksternal guna menghadapi lingkungan yang berubah dengan cepat).

Dengan pendekatan ini, sinkronisasi manajerial menjadi tidak hanya soal koordinasi internal, tetapi juga fleksibilitas dan adaptasi yang responsif dalam menghadapi dinamika transisi energi

c. Sinkronisasi dalam Konteks Teknologi

Sinkronisasi teknologi menyangkut keselarasan antar perangkat dan sistem kelistrikan, khususnya dalam aspek waktu, frekuensi, tegangan, dan transmisi data. Hal ini sangat krusial dalam integrasi energi terbarukan seperti PLTS ke dalam jaringan PLN, yang bersifat terdistribusi dan memerlukan koordinasi waktu nyata.

Dalam The Co-Creation Paradigm**,** sinkronisasi teknologi merupakan fondasi untuk penciptaan nilai bersama secara sistemik,dalam sistem energi terbarukan seperti PLTS, sinkronisasi teknologi mencakup penyelarasan waktu, lokasi, dan kondisi operasional agar sistem dapat merespons permintaan dan pasokan secara dinamis. Hal ini sejalan dengan praktik *Dynamic Synchronization of Operations* yang diterapkan oleh Cemex dalam sistem logistiknya:

"*It then installed a logistics system called Dynamic Synchronization of Operations, which uses GPS technology and onboard computers to link the delivery trucks and coordinate them. Like FedEx, it built transparency into its operation, allowing dispatchers to see the location, speed, and direction of each truck and obtain information on weather, traffic conditions, inventory, and customers' locations.*"[28] Cemex membangun sistem logistik real-time yang dapat memantau dan menyesuaikan operasional berdasarkan cuaca, lalu lintas, dan kebutuhan pelanggan.

---

[27]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., hal. 74.

[28]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm: Creating and Engaging in Collaborative Communities*..., hal. 163

Contoh untuk PLTS adalah dalam sistem PLTS terintegrasi ke jaringan PLN, sinkronisasi teknologi semacam ini diperlukan untuk:

1) Menyesuaikan suplai energi dari panel surya yang tergantung cuaca dan waktu,
2) Mengaktifkan Energy storage saat malam hari atau cuaca mendung,
3) Mengurangi beban pembangkit fosil secara otomatis melalui sistem Smart Grid.

Menurut IEEE 1588, atau *Precision Time Protocol (PTP)*, menyediakan mekanisme sinkronisasi waktu presisi tinggi antar perangkat dalam jaringan. Ini memungkinkan koordinasi yang tepat antar pembangkit dan sistem penyimpanan energi, terutama dalam menghadapi intermittensi energi surya. Sinkronisasi ini memastikan efisiensi dan stabilitas grid menuju target NZE 2060."*This standard defines a protocol enabling precise synchronization of clocks in measurement and control systems implemented with technologies such as network communication, local computing, and distributed sensors and actuators."*[29] (Standar ini mendefinisikan protokol yang memungkinkan sinkronisasi waktu yang presisi dalam sistem pengukuran dan pengendalian yang diimplementasikan dengan teknologi seperti komunikasi jaringan, komputasi lokal, serta sensor dan aktuator terdistribusi.)

Demikian pula konsep *Smart Grid* menyediakan kerangka kerja untuk sinkronisasi waktu nyata antara produksi, distribusi, dan konsumsi energi secara adaptif dan efisien. Tanenbaum & van Steen menambahkan: "*Synchronization is all about doing the right thing at the right time. A problem in distributed systems… is that there is no notion of a globally shared clock*."[30]. Artinya, dalam sistem PLTS yang intermittent dan tersebar, sinkronisasi sangat penting untuk memastikan bahwa semua unit bekerja terintegrasi, dengan bantuan sistem penyimpanan energi (battery storage), pengaturan beban, dan integrasi dengan pembangkit fosil secara minimum, sesuai arah NZE 2060

d. Tiga Dimensi Sinkronisasi dan Teori Yang Mendukung.

Ketiga bentuk sinkronisasi tersebut pengelolaan, manajemen, dan teknologi saling berkaitan dan membentuk sistem yang utuh. Sinkronisasi pengelolaan memberikan arah strategis dan legitimasi kebijakan, sinkronisasi manajemen menjamin alur kerja yang terpadu, dan sinkronisasi teknologi memastikan kompatibilitas sistem fisik dan digital,

---

[29]EEE Standards Association, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*, IEEE Std 1588-2008, hal. 1. *https://standards.ieee.org/standard/1588-2008.html.*

[30]Andrew S. Tanenbaum and Maarten Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007, hal. 270.

terutama dalam konteks transisi energi dari PLN ke PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.

Tabel 2.1. Keterkaitan Tga Dimensi Sinkronisasi

Konteks	Fokus Sinkronisasi	Contoh Aplikasi
Pengelolaan	Penyelarasan kebijakan dan aktor	Integrasi kebijakan antara PLN, Kementerian ESDM, dan komunitas
Manajemen	Koordinasi antar fungsi organisasi	Penjadwalan proyek PLTS, distribusi logistik, pengawasan progres
Teknologi	Penyesuaian sistem, sinyal, dan perangkat	Integrasi smart grid, inverter PLTS–PLN, real-time monitoring

Konsep ini sejalan dengan pemikiran Ramaswamy dan Ozcan dalam teori *Co-Creation*, bahwa keterpaduan antar platform manajerial dan teknologi penting untuk menghasilkan nilai bersama yang dinamis. Mereka menyatakan:
"*A strategic architecture of co-creation can bring all parties together... to facilitate mutual goal alignment, co-creative interactions, and joint outcomes."*[31] Sementara itu, dalam kerangka *Governing the Commons*, Elinor Ostrom menekankan bahwa pengelolaan sumber daya bersama (seperti energi) memerlukan koordinasi multi-level yang sinkron antara lembaga formal dan masyarakat lokal.[32] Sinkronisasi teknologi juga sangat krusial. Menurut Przemyslaw Komarnicki, integrasi energi terbarukan hanya akan berhasil jika didukung oleh smart grid interoperability dan koordinasi multiaktor secara teknis dan kelembagaan.[33] Dengan demikian, tiga dimensi sinkronisasi ini menjadi fondasi konseptual dari model integrasi PLN–PLTS yang akan dianalisis secara normatif dalam Bab IV, khususnya dalam konteks nilai-nilai Al-Qur'an yang mencerminkan prinsip keseimbangan, (الميزان), keselarasan (سَوَّى), keadilan (القسط), Keserasian (إصلاح), dan keterpaduan (التوافق)., serta keharmonisan(زُمَرًا/ثُبَاتٍ).

[31]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 143–144.

[32]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

[33]Przemyslaw Komarnicki *et.al*., "Smart Grid Interoperability as Enabler for the Energy Transition: An Interoperability Roadmap by the Horizon Europe INT:NET Project," *12th Symposium on Communications for Energy Systems (ComForEn)*, Vienna, 2022, hal. 1–2.

Untuk mendukung teori sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju NZE 20260 maka dalam bab II ini akan di bahas teori teori ilmiah yang terkait yaitu Teori *Co-Creation* sebagai teori utama didukung teori *Governing the Commons, Polycentric Governance, teori Common Good, Dynamic Capbilities, Steady-State Economics Ecological Modernisation dan Smart Grid & Energy Transition*

2. Pentingnya Sinkronisasi untuk Efisiensi dan Efektivitas Pengelolaan

Sinkronisasi bukan sekadar proses teknis atau administratif, melainkan merupakan prasyarat strategis untuk menciptakan sistem pengelolaan yang efisien dan efektif, khususnya dalam konteks pengelolaan energi nasional seperti integrasi PLN dan PLTS. Efisiensi berarti *melakukan sesuatu dengan benar*, yaitu menghasilkan output sebanyak mungkin dengan input seminimal mungkin, sedangkan Efektivitas berarti *melakukan hal yang benar*, yaitu melakukan aktivitas yang berkontribusi langsung pada pencapaian tujuan organisasi.[34]

Tanpa sinkronisasi, potensi tumpang tindih kebijakan, duplikasi kegiatan, konflik antarlembaga, dan ketidaksesuaian teknis akan menghambat pencapaian tujuan pembangunan energi berkelanjutan.

a. Sinkronisasi Mendorong Efisiensi Pengelolaan

Efisiensi dalam pengelolaan merujuk pada kemampuan menghasilkan output maksimal dengan sumber daya minimal. Sinkronisasi berperan penting dalam efisiensi dengan cara:

1) Mengurangi duplikasi fungsi dan biaya.
2) Menyatukan alur kerja antar unit atau lembaga.
3) Mempercepat proses pengambilan keputusan.

Dalam pengelolaan energi terbarukan, sinkronisasi antara PLN dan penyedia PLTS dapat mengurangi pemborosan kapasitas, konflik jaringan, dan redundansi system yang mahal secara operasional.

Sehubungan dengan itu, Kaplan dan Norton menegaskan:: *The Balanced Scorecard provides a framework to describe and communicate strategy in a consistent and insightful way. We can't expect to implement strategy if we can't describe it*[35] Pernyataan ini menyoroti pentingnya deskripsi strategi yang jelas dan sistematis sebagai syarat mutlak agar seluruh elemen organisasi dapat tersinkronisasi dengan baik. Balanced Scorecard tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur kinerja, tetapi juga sebagai alat sinkronisasi strategis yang menjembatani antara visi jangka panjang dengan tindakan nyata di tingkat operasional.

---

[34]Robbins, Stephen P., and Mary Coulter. *Management*. 14th ed..., hal.4

[35]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*..., hal 10

Melalui pendekatan seperti Balanced Scorecard, sinkronisasi lintas unit memungkinkan pengurangan pemborosan, pelurusan alur kerja, dan penguatan koordinasi, yang secara langsung meningkatkan efisiensi operasional dan pencapaian kinerja strategis.Tanpa adanya penyelarasan (alignment), organisasi tidak dapat mengelola strategi secara efektif karena mereka tidak memiliki proses sistematis untuk menerjemahkan prioritas strategis ke dalam kenyataan operasional.

Sinkronisasi dalam sistem manajemen merupakan instrumen penting untuk mengurangi inefisiensi operasional, yaitu melalui penyelarasan sumber daya dan koordinasi lintas unit organisasi. Seperti ditegaskan oleh Kaplan dan Norton tersebut organisasi tidak akan mampu menjalankan strategi secara efektif tanpa adanya sistem penyelarasan antara prioritas strategis dan aktivitas operasional.[36]

Ostrom menyampaikan pentingnya koordinasi lintas unit dan level pemerintahan untuk efisisiensi dan efektivitas pengelolaan:"*A polycentric system is one where many elements are capable of mutual adjustment for ordering their relationships with one another within a general system of rules*."[37]

Sinkronisasi di sini tercermin dalam "mutual adjustment", yaitu mekanisme koordinatif antar elemen sistem yang memperkuat efisiensi pengelolaan sumber daya bersama seperti energi. (Sinkronisasi membantu mengurangi pemborosan dalam operasional dengan menyelaraskan penggunaan sumber daya dan mengkoordinasikan tugas antar bagian).

Dalam konteks pengelolaan energi berbasis PLTS, Balanced Scorecard misalnya dapat digunakan untuk mengukur:

1) Biaya investasi vs produksi energi (efisiensi finansial)
2) Waktu pemasangan dan koneksi panel ke grid (efisiensi proses)
3) Keandalan sistem monitoring dan smart grid (efisiensi teknologi)
4) Kepuasan pengguna terhadap layanan energi (efisiensi pelayanan)

b. Sinkronisasi Menjamin Efektivitas Pengelolaan

Efektivitas tidak hanya soal efisiensi, tetapi tentang melakukan hal yang benar untuk mencapai tujuan strategis. Robbins dan Coulter menjelaskan bahwa: "*Effectiveness is often described as 'doing the right things,' that is, doing those work activities that will result in achieving goals.*"[38]Dalam konteks pengelolaan energi PLN dan PLTS, efektivitas dicapai bila seluruh tindakan operasional, regulasi, dan teknologi diarahkan menuju tujuan besar seperti *Net Zero Emission* 2060.

---

[36]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*…, hal.9.

[37]Elinor Ostrom, *Understanding Institutional Diversity*, Princeton University Press, 2005, hal. 283.

[38]Stephen P. Robbins and Mary Coulter, *Management*..., hal. 44

Sinkronisasi berfungsi sebagai alat untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan antar aktor (PLN, ESDM, swasta, dan masyarakat) berjalan searah dengan visi bersama, bukan sekadar cepat atau hemat, tanpa efektivitas, efisiensi hanya akan mempercepat arah yang salah.

Sementara efisiensi fokus pada "cara terbaik", efektivitas berorientasi pada "hasil terbaik". Sinkronisasi meningkatkan efektivitas melalui:

1) Koherensi arah kebijakan dan tujuan.
2) Harmonisasi antara perencanaan dan implementasi.
3) Keselarasan antarsistem dan antarpelaku.

Dalam konteks PLN–PLTS, sinkronisasi mendukung terwujudnya transisi energi yang tidak hanya berjalan, tetapi tepat sasaran dan berdaya guna, misalnya untuk mencapai target *Net Zero Emission* 2060.

Effectiveness (Ends), Goal Attainment, High Attainment. Management Strives for: Low Resource Waste (high efficiency) and High Goal Attainment (high effectiveness).”[39] ("Efektivitas (Hasil Akhir) untuk Pencapaian Tujuan yaitu Tingkat Pencapaian yang Tinggi. Manajemen Berupaya Untuk: Pemborosan Sumber Daya yang Rendah (efisiensi tinggi) dan Pencapaian Tujuan yang Tinggi (efektivitas tinggi).")

Dalam konteks pengelolaan energi nasional (seperti sinkronisasi antara PLN dan PLTS), efisiensi saja tidak cukup jika tidak diiringi oleh efektivitas. Proyek harus hemat biaya dan waktu, serta berhasil mencapai target keberlanjutan dan transisi energi secara nyata.

Sinkronisasi dalam sistem manajemen merupakan instrumen penting untuk mengurangi inefisiensi operasional, yaitu melalui penyelarasan sumber daya dan koordinasi lintas unit organisasi. Seperti ditegaskan oleh Kaplan dan Norton, organisasi tidak akan mampu menjalankan strategi secara efektif tanpa adanya sistem penyelarasan antara prioritas strategis dan aktivitas operasional.[40]

c. Relevansi dalam Sistem Multiaktor dan Multilevel

Sinkronisasi menjadi krusial dalam sistem yang bersifat multiaktor (PLN, pemerintah daerah, komunitas energi) dan multilevel (nasional, regional, lokal). Dalam sistem semacam ini, masing-masing aktor memiliki wewenang dan prioritas yang bisa berbeda, sehingga tanpa mekanisme sinkronisasi yang kuat, potensi konflik kebijakan, tumpang tindih kewenangan, dan fragmentasi teknis akan sangat besar.

Elinor Ostrom menekankan pentingnya koordinasi antarlembaga dan penguatan aturan bersama dalam pengelolaan sumber daya bersama

---

[39]Stephen P. Robbin, and Mary Coulter. *Management*. 14th ed..., hal. 44.

[40]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*..., hal. 9.

(*common-pool resources*) sebagai syarat keberhasilan jangka panjang. Dalam teorinya, efektivitas kelembagaan sangat tergantung pada keselarasan antara aturan formal dan praktik aktual di lapangan.[41]

Dalam sistem tata kelola kolektif seperti energi terdistribusi, sinkronisasi aturan dan tindakan menjadi syarat utama keberhasilan institusional jangka panjang. Gagasan ini dapat dirangkum sebagai berikut:

"*In systems of collective governance, synchronization of rules and actions is critical to maintain long-term institutional success."*[42] (Dalam sistem tata kelola bersama, sinkronisasi antara aturan dan tindakan sangat penting untuk menjaga keberhasilan kelembagaan dalam jangka panjang).

Kutipan tersebut merangkum semangat dari pendekatan Ostrom, bahwa dalam skema multiaktor seperti integrasi PLN–PLTS–komunitas lokal, diperlukan mekanisme sinkronisasi vertikal dan horizontal, agar kolaborasi lintas sektor dan level pemerintahan dapat menghasilkan dampak yang efektif, adil, dan berkelanjutan.

d. Dampak Kurangnya Sinkronisasi

Tanpa sinkronisasi, risiko yang dapat muncul meliputi:

1) Kebijakan tumpang tindih antara pusat dan daerah.
2) Proyek PLTS swasta tidak bisa tersambung ke jaringan PLN.
3) Ketimpangan suplai listrik dan gangguan teknis sistem.
4) Ketidaktercapaian target bauran energi nasional.

e. Kesimpulan

Sinkronisasi bukan hanya pelengkap teknis, tetapi merupakan strategi inti dalam pengelolaan energi nasional. Melalui sinkronisasi, efisiensi operasional dan efektivitas kebijakan dapat dicapai secara simultan. Terutama dalam proyek-proyek kolaboratif seperti PLN dan PLTS menuju NZE 2060, sinkronisasi adalah jembatan yang menghubungkan visi nasional dengan implementasi teknis di lapangan.

B. Kajian Teori Tentang Sinkronisasi

1. *Co-Creation Theory*

Teori ini dibagi menjadi 4 tahapan sesuai yang telah diterangkan pada bab I dan akan dibahas sebagai berikut

---

[41]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–91.

[42]Dirumuskan berdasarkan prinsip Ostrom tentang kebutuhan kesesuaian antara aturan dan tindakan dalam sistem kelembagaan kolektif. Lihat juga: Michael D. McGinnis, "*Polycentric Governance* in Theory and Practice: Dimensions of Aspiration and Practical Limitations," *Indiana University*, 2016, hal. 4–6.

a. Teori *Co-Creation* Tahun 2000: "*Co-Opting Customer Competence"*

1) Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Konsep *Co-Creation* pertama kali diperkenalkan secara eksplisit oleh C. K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy melalui artikel *"Co-Opting Customer Competence"* dalam *Harvard Business Review* tahun 2000. Artikel ini menjadi tonggak penting dalam perkembangan teori manajemen modern karena mengubah hubungan perusahaan dan pelanggan dari pola satu arah menuju hubungan kolaboratif dalam penciptaan nilai.

Dalam paradigma bisnis tradisional, perusahaan diposisikan sebagai pencipta nilai utama, sedangkan pelanggan hanya menjadi penerima produk dan layanan. Namun perkembangan teknologi digital dan internet mendorong pelanggan untuk terlibat lebih aktif dalam proses komunikasi, inovasi, dan pembentukan pengalaman bersama perusahaan.

Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: *"In a market in which technology-enabled consumers can now engage themselves in an active dialogue with manufacturersa dialogue that customers can control—companies have to recognize that the customer is becoming a partner in creating value."*[43] ("Dalam sebuah pasar di mana konsumen yang didukung oleh teknologi kini dapat melibatkan diri dalam dialog aktif dengan produsen—sebuah dialog yang bahkan dapat dikendalikan oleh pelanggan—perusahaan harus menyadari bahwa pelanggan telah menjadi mitra dalam penciptaan nilai.")

Kutipan tersebut menunjukkan perubahan posisi pelanggan dari objek pasif menjadi mitra strategis dalam penciptaan nilai bersama perusahaan.

C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy merupakan tokoh utama pengembang teori *Co-Creation* dari Ross School of Business, University of Michigan, yang kemudian mengembangkan teori ini melalui karya *The Future of Competition* (2004), *The Power of Co-Creation* (2010), dan *The Co-Creation Paradigm* (2014).[44]

---

[43]C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, "Co-Opting Customer Competence," *Harvard Business Review* 78, Boston: Harvard Business School Press, 2002.no. 1, January–February 2000, hal.79–87.

[44]C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy merupakan tokoh utama pengembang teori *Co-Creation* dari Ross School of Business, University of Michigan, yang kemudian mengembangkan teori ini melalui karya *The Future of Competition*, 2004, *The Power of Co-Creation*,2010, dan *The Co-Creation Paradigm* 2014),C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, "Co-Opting Customer Competence," *Harvard Business Review* 78..., no. 1 (January–February 2000):hal. 80.

2) Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori *Co-Creation* tahun 2000 menekankan keterlibatan pelanggan dalam proses penciptaan nilai bersama perusahaan. Prahalad dan Ramaswamy menegaskan: "*Harnessing those customer competencies won't be easy. At a minimum, managers must come to grips with four fundamental realities in co-opting customer competence."*[45] *(*Memanfaatkan kompetensi pelanggan bukanlah hal yang mudah. Paling tidak, manajer harus memahami empat realitas fundamental dalam mengajak pelanggan berbagi kompetensi)

Empat elemen utama teori ini meliputi:

a) *Active dialogue*,
b) *Mobilization of customer communities*,
c) *Customer heterogeneity*, dan
d) *Personalized experience co-creation*.

Teori ini menunjukkan bahwa pelanggan tidak lagi hanya menerima produk secara pasif, tetapi ikut terlibat dalam inovasi, pengalaman, dan pengembangan nilai perusahaan secara kolaboratif.

3) Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori *Co-Creation* tahun 2000 menjadi dasar perkembangan teori pada tahap berikutnya. Konsep keterlibatan pelanggan kemudian berkembang menjadi model pengalaman kolaboratif pada *The Future of Competition* (2004), diperluas menjadi ekosistem kolaboratif pada *The Power of Co-Creation* (2010), dan mencapai bentuk paradigmatik pada *The Co-Creation Paradigm* (2014).

4) Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan teori ini terlihat pada perusahaan seperti Microsoft, Amazon, LEGO, dan Nike yang melibatkan pelanggan dalam inovasi dan pengembangan produk. Pendekatan ini memperkuat keterlibatan pengguna sekaligus meningkatkan relevansi produk terhadap kebutuhan pelanggan.

5) Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks sinkronisasi pengelolaan energi antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060, teori *Co-Creation* menempatkan masyarakat sebagai mitra aktif dalam pengembangan energi terbarukan.

Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: "*They have to engage their customers in an active, explicit, and ongoing dialogue; mobilize communities of customers; manage customer diversity; and engage customers* in cocreating personalized experiences."[46] (Perusahaan harus

---

[45]C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, "Co-Opting Customer Competence," dalam *Harvard Business Review on Customer Relationship Management*..., hal. 8.

[46]Thinkers50, "C.K. Prahalad," diakses 7 Juni 2025, *https://thinkers50. Com /biographies/c-k-prahalad/*

melibatkan pelanggan dalam dialog aktif, eksplisit, dan berkelanjutan; memobilisasi komunitas pelanggan; mengelola keberagaman pelanggan; serta mengajak mereka bersama-sama menciptakan pengalaman yang dipersonalisasi)

Kutipan tersebut menunjukkan pentingnya partisipasi masyarakat, komunitas energi, dan komunikasi dua arah dalam pengembangan sistem energi terbarukan berbasis kolaborasi.

Dalam konteks PLN–PLTS, pendekatan ini dapat diterapkan melalui:

a) keterlibatan masyarakat dalam kebijakan energi,
b) pengembangan komunitas energi lokal, dan
c) kolaborasi pengguna dalam pengembangan sistem PLTS berbasis kebutuhan daerah.

6) Perbandingan dengan Pendekatan Tradisional

Pendekatan tradisional menempatkan perusahaan sebagai pencipta nilai utama, sedangkan pelanggan hanya sebagai penerima produk dan layanan. Sebaliknya, teori *Co-Creation* menempatkan pelanggan sebagai mitra aktif dalam inovasi, desain, dan pengembangan pengalaman bersama perusahaan. Pendekatan ini menciptakan hubungan yang lebih partisipatif, adaptif, dan kolaboratif dibanding model bisnis konvensional.

7) Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Co-Creation* tahun 2000 menjadi fondasi penting dalam transformasi hubungan perusahaan dan pelanggan menuju model kolaboratif. Dalam konteks penelitian ini, teori tersebut memberikan dasar konseptual mengenai pentingnya keterlibatan masyarakat, komunikasi dua arah, dan kolaborasi multiaktor dalam sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.

b. Teori *Co-Creation* Tahun 2004: *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*

1) Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Buku *The Future of Competition* (2004) karya C. K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy lahir dari pengamatan terhadap perubahan interaksi bisnis di era digital, di mana pelanggan tidak lagi menjadi penerima pasif produk, tetapi mulai terlibat dalam penciptaan pengalaman dan nilai bersamaperusahaan.

Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: "*This book results from an unusual six-year collaboration between a nontraditional strategy researcher and an eclectic marketing scholar. We came to some early conclusions. The phenomenon was indeed not cosmetic. It cut across rich and poor, across developed and developing countries, and across private and public sector. It challenged the distinction between enterprises and*

households."[47] (Buku ini merupakan hasil dari kolaborasi yang tidak biasa selama enam tahun antara seorang peneliti strategi nontradisional dan seorang sarjana pemasaran yang eklektik. Fenomena ini bukanlah perubahan kosmetik semata, tetapi melintasi batas negara maju dan berkembang, sektor publik dan swasta, bahkan menantang batas antara perusahaan dan rumah tangga.)

Kutipan tersebut menunjukkan bahwa teori *Co-Creation* 2004 tidak hanya mengubah strategi bisnis, tetapi juga merekonstruksi hubungan antara perusahaan, masyarakat, dan komunitas sebagai mitra pencipta nilai bersama.

2) Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori *Co-Creation* tahun 2004 dikembangkan melalui kerangka DART (*Dialogue, Access, Risk Assessment,* dan *Transparency*) yang menjadi dasar interaksi kolaboratif antara perusahaan dan konsumen.[48]

a) Dialogue: Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: *"Dialogue means interactivity, engagement and a propensity to act on both sides."* (Dialog berarti adanya interaktivitas, keterlibatan, dan kecenderungan untuk bertindak dari kedua belah pihak.Konsep ini menekankan pentingnya komunikasi dua arah antara perusahaan dan pengguna dalam proses penciptaan nilai bersama.

b) Access: *"Access challenges the notion of firm-centric control. It is about providing access to resources for cocreation."* (Akses menantang gagasan kontrol yang berpusat pada perusahaan. Ini tentang memberikan akses terhadap sumber daya untuk keperluan ko-kreasi)

Dalam konteks energi, konsep ini menuntut keterbukaan akses data, teknologi, dan informasi agar masyarakat dapat terlibat aktif dalam pengembangan energi terbarukan.

c) Risk Assessment: "*Can firms unilaterally manage risks in an environment of co-creation?"* (Dapatkah perusahaan mengelola risiko secara sepihak dalam lingkungan ko-kreasi?)

Kutipan ini menunjukkan bahwa risiko dalam sistem kolaboratif perlu dikelola bersama antara perusahaan dan pengguna.

d) Transparency: *"Transparency of information is necessary to create trust between institutions and individuals."* Keterbukaan informasi sangat diperlukan untuk membangun kepercayaan antara lembaga dan individu.")

Prinsip ini menekankan pentingnya transparansi dalam membangun kepercayaan publik dan partisipasi masyarakat.

---

[47]Ross School of Business University of Michigan, "Faculty Profile: Venkat Ramaswamy," diakses 7 Juni 2025, dalam *https://michiganross.umich.edu/faculty-research /faculty/venkat-ramaswamy*

[48]C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition*..., hal. 22-27.

Prahalad dan Ramaswamy juga menegaskan: "*As we have emphasized, products and services are not the basis of value. Rather, value is embedded in the experiences co-created by the individual in an experience environment that the company co-develops with consumers.*"[49] (Produk dan layanan bukanlah dasar utama dari nilai. Nilai tertanam dalam pengalaman yang dikreasi bersama oleh individu di dalam lingkungan pengalaman yang dikembangkan bersama oleh perusahaan dan konsumen).

Kutipan ini menunjukkan bahwa nilai tidak lagi hanya berasal dari produk, tetapi dari pengalaman kolaboratif antara perusahaan dan pelanggan.

3) Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori tahun 2004 merupakan pengembangan dari teori tahun 2000. Jika teori 2000 berfokus pada kompetensi pelanggan (*customer competence*), maka teori 2004 memperluas konsep tersebut ke arah pengalaman kolaboratif (*co-created experience*) melalui kerangka DART dan keterlibatan multiaktor dalam ekosistem bisnis.

4) Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Model *Co-Creation* tahun 2004 diterapkan pada berbagai perusahaan seperti Nike iD, LEGO Mindstorms, dan Starbucks Idea Platform yang melibatkan pelanggan dalam desain produk, inovasi, dan pengembangan layanan berbasis pengalaman pengguna. Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: *"Consumers now also have access to the value chains of entire industries that were traditionally company-controlled."* (Konsumen kini juga memiliki akses terhadap rantai nilai industri yang sebelumnya sepenuhnya dikendalikan oleh perusahaan) *dan* Prahalad dan Ramaswamy menyatakan: "*Value may be influenced not just by one firm but also by a network of firms acting together to create an experience network. [50]"* (Nilai tidak hanya dibentuk oleh satu perusahaan saja, tetapi juga oleh jaringan berbagai pihak yang bekerja bersama membentuk pengalaman bersama, implementasinya diterangkan pada item nomor 5).

5) Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, kerangka DART sangat relevan diterapkan melalui:

a) Dialog antara PLN dan masyarakat
b) Keterbukaan akses data energi
c) Pembagian risiko investasi PLTS
d) Transparansi informasi energi.

---

[49]C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition...*, hal.137.

[50]C.K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*..., hal.26–27 dan hal.137

Kutipan ini menunjukkan bahwa pengembangan energi terbarukan membutuhkan kolaborasi multiaktor antara pemerintah, PLN, industri, komunitas energi, dan masyarakat secara bersama-sama.

6) Kelebihan dan Kelemahan Teori dalam Konteks Sinkronisasi PLN–PLTS
   Kelebihan teori ini:
   a) Mendorong kolaborasi multiaktor
   b) Memperkuat partisipasi masyarakat
   c) Meningkatkan transparansi pengelolaan energi
   Sedangkan kelemahannya:
   a) Membutuhkan kesiapan infrastruktur digital
   b) Memerlukan sistem informasi terbuka
   c) Merpotensi menimbulkan konflik dalam pembagian risiko dan tanggung jawab.
7) Perbandingan dengan Teori Co-Creation Tahun 2000
   Teori tahun 2000 masih menempatkan pelanggan sebagai sumber kompetensi dan masukan inovasi, sedangkan teori tahun 2004 memperluas konsep tersebut menjadi pengalaman kolaboratif yang melibatkan dialog, akses, transparansi, dan pembagian risiko melalui kerangka DART. Dengan demikian, teori 2004 lebih komprehensif, kolaboratif, dan adaptif terhadap sistem multiaktor modern.
8) Kesimpulan dan Refleksi Teoretis
   Teori *Co-Creation* tahun 2004 menjadi tonggak penting dalam perkembangan strategi bisnis kolaboratif modern. Melalui kerangka DART dan konsep *experience co-creation*, teori ini memberikan dasar penting bagi pengembangan sistem energi berbasis partisipasi masyarakat, transparansi, dan kolaborasi multiaktor dalam sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.

c. Teori *Co-Creation* 2010: *The Power of Co-Creation*

1) Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh
   Dalam karya *The Power of Co-Creation* (2010), Venkat Ramaswamy dan Francis Gouillart mengembangkan konsep *Co-Creation* dari hubungan pelanggan-perusahaan menuju sistem kolaborasi terbuka yang melibatkan seluruh ekosistem nilai (*value system*). Co-creation tidak lagi dipahami hanya sebagai strategi pemasaran atau inovasi produk, tetapi sebagai transformasi organisasi berbasis pengalaman (*experience-based enterprise*) yang memfasilitasi interaksi berkelanjutan lintas aktor.
2) Konsep dan Gagasan Pokok Teori
   Teori *Co-Creation* tahun 2010 menekankan bahwa nilai diciptakan melalui keterlibatan aktif berbagai pihak dalam sistem kolaboratif berbasis pengalaman. Model ini dibangun melalui empat komponen utama yang saling terintegrasi dalam arsitektur *co-created value*.

a) Pola Pikir Berbasis Pengalaman (*Experience Mind-set*)

Ramaswamy dan Gouillart menyatakan: "*Co-creative enterprises respond to insights originating from the actual engagement experiences of people—customers, employees, suppliers, and other stakeholders—continuously designing and redesigning what is of value together with them."*[51] (Perusahaan berbasis co-creation merespons wawasan yang muncul dari pengalaman keterlibatan nyata para pihak—pelanggan, karyawan, pemasok, dan pemangku kepentingan lainnya—dengan terus-menerus merancang dan merancang ulang apa yang bernilai bersama mereka.)

Kutipan tersebut menunjukkan bahwa pengalaman manusia menjadi pusat dalam penciptaan nilai bersama.

b) Konteks Interaksi (*Context of Interactions*)

Teori ini menempatkan interaksi bermakna sebagai pusat penciptaan nilai. Studi kasus NIKEiD menunjukkan bahwa pelanggan tidak hanya membeli produk, tetapi ikut mendesain dan membangun pengalaman bersama perusahaan.

Ramaswamy dan Gouillart menyatakan: "Nike learns deeply, and continuously, about what personalization options are valuable to its customers and why, and then connects better with their experiences of personalization."[52] (Nike belajar secara mendalam dan terus-menerus mengenai bentuk personalisasi yang bernilai bagi pelanggannya, lalu menghubungkannya dengan pengalaman personal pelanggan tersebut.)

Dalam konteks PLN–PLTS, pendekatan ini relevan untuk membangun platform interaksi digital yang memungkinkan masyarakat terlibat dalam pengembangan dan evaluasi sistem energi terbarukan.

c) Platform Keterlibatan (*Engagement Platforms*)

Platform keterlibatan berfungsi memfasilitasi proses *co-creation* secara luas dan sistematis melalui media digital, komunitas, maupun interaksi langsung.

Ramaswamy dan Gouillart menegaskan: "Engagement platforms are the cornerstone of co-creation that support the other three components of co-creative engagement."[53] ("Platform keterlibatan merupakan fondasi utama co-creation yang mendukung tiga komponen keterlibatan co-creation lainnya.")

Konsep ini menekankan pentingnya sistem keterlibatan yang memungkinkan interaksi berkelanjutan antaraktor dalam ekosistem nilai.Berbeda degan teori tahun 2004 konsep tersebut menggunakan

---

[51]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation*, New York: Free Press, 2010, hal. 11.

[52]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation...*, hal.44.

[53]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation...*, hal.63.

pengalaman kolaboratif yang melibatkan dialog, akses, transparansi, dan pembagian risiko melalui kerangka DART.[54] Dengan demikian, teori 2010 lebih komprehensif, kolaboratif, dan adaptif terhadap sistem multiaktor modern.

d) Jaringan Relasi (*Network Relationships*)

Dalam teori tahun 2010, co-creation tidak lagi dibatasi oleh perusahaan secara internal, tetapi melibatkan jaringan luas pemangku kepentingan seperti komunitas, pemerintah, institusi pendidikan, dan mitra bisnis.

Ramaswamy dan Gouillart menyatakan: "*Nike+ is a great example of a co-creative engagement platform that allows Nike to: learn directly from the behavior of its customers; generate new ideas rapidly; experiment with new offerings quickly; get direct input from customers on their running preferences; build deeper relationships and trust with the community; and generate 'stickier' brand collateral."*[55] (Nike+ adalah contoh luar biasa dari platform keterlibatan co-creation yang memungkinkan Nike belajar langsung dari perilaku pelanggan, menghasilkan ide baru dengan cepat, menguji penawaran baru, memperoleh masukan langsung, membangun hubungan yang lebih dalam dengan komunitas, serta memperkuat loyalitas merek)

Kutipan ini menunjukkan bahwa jaringan relasi dan komunitas menjadi sumber strategis dalam penciptaan nilai bersama.

e) Kesimpulan Pendekatan Iteratif dan Skalabel

Ramaswamy dan Gouillart menegaskan: *"There is an iterative, experimental nature to the building of these capabilities. Most organizations start by setting up one platform in one particular corner of the enterprise, then realize that this platform can be linked to other platforms."* [56] (Pembangunan kemampuan ini bersifat iteratif dan eksperimental. Sebagian besar organisasi memulainya dengan membangun satu platform pada satu bagian tertentu perusahaan, lalu menyadari bahwa platform tersebut dapat dihubungkan dengan platform lainnya)

Kutipan tersebut menunjukkan bahwa *Co-Creation* dibangun secara bertahap dan berkembang menjadi ekosistem kolaboratif yang saling terhubung.

3) Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori tahun 2010 menunjukkan perkembangan dari pendekatan pelanggan-perusahaan (2004) menuju keterlibatan ekosistem secara

---

[54]C.K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition*..., hal. 22

[55]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation*..., hal.97.

[56]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation*..., hal.251.

menyeluruh. Jika teori sebelumnya berfokus pada *outside-in*, maka teori 2010 mengintegrasikan *inside-out* dan *outside-in* secara simultan dalam membangun sistem kolaboratif lintas aktor.

4) Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Model *Co-Creation* tahun 2010 diterapkan pada berbagai platform seperti Nike+, NIKEiD, dan Starbucks MyStarbucksIdea yang melibatkan pelanggan dalam desain produk, komunitas digital, serta pengembangan inovasi berbasis pengalaman pengguna.

5) Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Konsep *The Power of Co-Creation* sangat relevan dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 melalui:

a) Pengembangan platform keterlibatan energi
b) Integrasi komunitas energi dan pemerintah daerah
c) Kolaborasi multiaktor dalam pengembangan PLTS
d) Keterlibatan masyarakat dalam evaluasi kebijakan energi

Dalam konteks ini, PLN tidak hanya berfungsi sebagai penyedia energi, tetapi juga sebagai fasilitator ekosistem energi bersih berbasis kolaborasi.

6) Perbandingan dengan Co-Creation 2004

Teori 2004 berfokus pada hubungan perusahaan dan pelanggan melalui kerangka DART, sedangkan teori 2010 memperluas co-creation menjadi sistem kolaboratif lintas ekosistem yang melibatkan komunitas, pemerintah, investor, dan berbagai pemangku kepentingan lainnya. Dengan demikian, teori 2010 lebih menekankan platform keterlibatan, jaringan relasi, dan transformasi organisasi berbasis pengalaman.

7) Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Co-Creation* 2010 membuka paradigma baru dalam pengelolaan organisasi berbasis kolaborasi dan pengalaman manusia. Melalui engagement platform, network relationships, dan ecosystem collaboration, teori ini memberikan dasar penting bagi pengembangan tata kelola energi kolaboratif dalam sinkronisasi PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.

d. Teori *Co-Creation* 2014: *The Co-Creation* Paradigma

1) Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

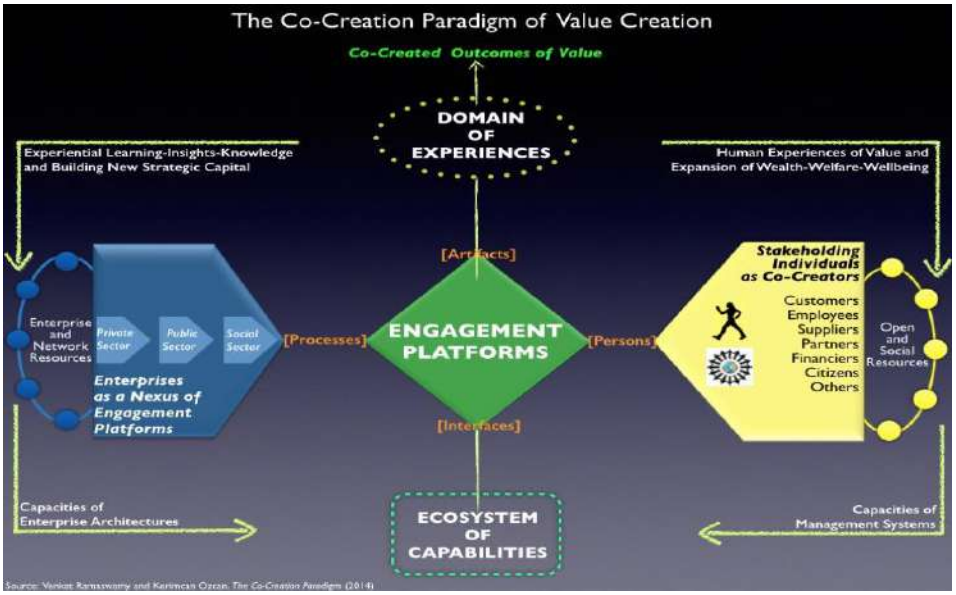
Buku *The Co-Creation Paradigm* (2014) karya Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan memperkenalkan paradigma baru penciptaan nilai yang berpusat pada pengalaman manusia, interaksi, dan keterlibatan lintas aktor dalam ekosistem digital dan sosial. Paradigma ini menandai pergeseran dari pendekatan *company-centric* menuju *stakeholder-centric* melalui platform keterlibatan (*engagement platforms*) dan ekosistem kolaboratif yang saling terhubung.

Ramaswamy dan Ozcan menyatakan: *"Co-creation is fundamentally a way of thinking about value creation that expands value in win more–win more fashion, together with individuals who are seen as both the means and ends of value creation."*[57] (*Co-creation* pada dasarnya adalah cara berpikir tentang penciptaan nilai yang memperluas nilai dalam pola menang-bersama, bersama individu yang dipandang sebagai sarana sekaligus tujuan penciptaan nilai)

Kutipan tersebut menunjukkan bahwa penciptaan nilai tidak lagi dilakukan secara sepihak oleh perusahaan, tetapi dibangun bersama seluruh pemangku kepentingan melalui interaksi dan pengalaman kolaboratif.

2) Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Untuk memahami paradigma *The Co-Creation Paradigm*, penjelasan teori ini mengacu pada diagram *Value Creation as Co-Creation Paradigm* yang menggambarkan hubungan antara individu, platform keterlibatan, organisasi, ekosistem kapabilitas, pengalaman manusia, dan hasil nilai bersama.



Gambar 2.1. Value Creation as *Co-Creation* Paradigm
Sumber: Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* (2014).

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa penciptaan nilai (*value creation*) dibangun melalui hubungan antara *stakeholding individuals*, *engagement*

[57] Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014,hal. 1-3.

platforms, *enterprises*, *ecosystems of capabilities*, dan *domains of experiences* dalam menghasilkan *co-created outcomes of value*. Paradigma ini menempatkan seluruh pemangku kepentingan sebagai *co-creators* dalam sistem kolaboratif berbasis pengalaman dan interaksi.

a) *Stakeholding Individuals as Co-Creators*

Blok ini menunjukkan bahwa pelanggan, karyawan, pemasok, mitra, investor, dan masyarakat tidak lagi diposisikan sebagai penerima pasif layanan, tetapi sebagai pelaku aktif dalam proses penciptaan nilai bersama.

"Individuals whether customers, employees, suppliers, partners, financiers, or citizens at large are playing out their different interests from both within and outside of traditional enterprises."[58] (Individu baik pelanggan, karyawan, pemasok, mitra, investor, maupun warga Masyarakat memainkan berbagai peran dari dalam maupun luar organisasi tradisional.)

b) *Engagement Platforms*

Engagement platforms merupakan pusat interaksi antara individu dan organisasi melalui proses, teknologi, antarmuka, dan komunitas digital.

"Engagement platforms are both offerings and the means to create those offerings." (Platform keterlibatan merupakan produk atau layanan itu sendiri sekaligus sarana untuk menciptakannya.)

Platform ini dapat berbentuk aplikasi digital, marketplace, komunitas daring, maupun sistem interaksi energi berbasis teknologi.

c) *Enterprises as a Nexus of Engagement Platforms*

Paradigma tahun 2014 menempatkan organisasi sebagai jaringan platform keterlibatan (*nexus of engagement platforms*) yang memfasilitasi kolaborasi multiaktor. *"Enterprises ... must be architected as a nexus of engagement platforms."* (Organisasi harus dirancang sebagai jaringan platform keterlibatan.)

Dengan demikian, organisasi tidak lagi hanya menjadi produsen, tetapi juga fasilitator kolaborasi dan keterlibatan multipihak.

d) *Ecosystems of Capabilities*

Blok ini menunjukkan pentingnya kapabilitas lintas komunitas sosial, bisnis, sipil, dan lingkungan dalam membangun keberlanjutan sistem: *"...can jointly build co-creative capacities of the social, business, civic, and natural communities..."* (Dapat bersama-sama membangun kapabilitas ko-kreatif komunitas sosial, bisnis, sipil, dan lingkungan)

---

[58]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.1-3

Konsep ini menegaskan bahwa penciptaan nilai memerlukan kolaborasi seluruh ekosistem.

e) *Domains of Experiences*

Blok ini menunjukkan bahwa pengalaman manusia menjadi pusat penciptaan nilai melalui interaksi sosial, digital, dan ekonomi yang memperluas kesejahteraan dan kualitas hidup.

Berbeda dengan teori sebelumnya The power of Co Creation th 2010[59], teori th 2014 lebih kolaboratif .

f) *Co-Created Outcomes of Value*[60]

Hasil akhir dari proses *co-creation* adalah terbentuknya:

(1) *Wealth* (kekayaan),
(2) *Welfare* (kesejahteraan),
(3) *Wellbeing* (kebahagiaan sosial).

"Wealth–welfare–wellbeing [are] the very basis of joint value creation and evolution."[61] (Kekayaan, kesejahteraan, dan kebahagiaan merupakan dasar utama penciptaan nilai bersama)

g) *Hubungan* Antarblok dalam Diagram

Arah panah dalam diagram menunjukkan hubungan dinamis antara individu, platform keterlibatan, organisasi, pengalaman, dan ekosistem kapabilitas dalam membentuk sistem penciptaan nilai bersama secara berkelanjutan.

h) *Posisi* Pengusaha Mandiri dalam Paradigma *Co-Creation*

Paradigma *Co-Creation* 2014 membuka peluang bagi masyarakat untuk berkembang dari pengguna menjadi pelaku usaha dalam ekosistem energi dan ekonomi digital. Melalui *engagement platforms*, individu dapat berkembang menjadi agen, reseller, installer PLTS, maupun UMKM energi terbarukan yang terhubung dengan komunitas, pemerintah, dan PLN.

Tabel 2.2. Peta Posisi Pengusaha Mandiri dalam Paradigma *Co-Creation*

Tahap	Peran	Posisi dalam Paradigma
Pelanggan aktif	Konsumen PLTS	*Stakeholding Individuals*
Mitra teknis/ reseller	Agen dan distributor PLTS	*Individuals* → *Engagement Platforms*
UMKM/ startup energi	Produsen dan inovator PLTS	*Enterprise Nexus*

[59]Venkat Ramaswamy and Francis Gouillart, *The Power of Co-Creation*.., hal. 11.

[60]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.81-87 dan hal 221

[61]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal. 248

Komunitas energi	Pelaku advokasi dan kolaborasi lokal	*Ecosystem of Capabilities*

Sumber: Diadaptasi dari Ramaswamy dan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* (2014).

3) Perkembangan dan Evolusi Teori

Paradigma tahun 2014 merupakan pengembangan lanjutan dari teori Co-Creation sebelumnya. Jika teori 2000 berfokus pada *customer competence*, teori 2004 pada DART, dan teori 2010 pada *engagement platforms* serta *ecosystem collaboration*, maka teori 2014 mengintegrasikan seluruh konsep tersebut ke dalam sistem kolaboratif lintas sektor berbasis platform digital dan ekosistem sosial.

4) Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Paradigma ini diterapkan pada berbagai platform digital dan komunitas kolaboratif seperti Shopee, Tokopedia, NikeID, Local Motors, YouTube, dan MyStarbucksIdea yang memungkinkan pengguna berkembang dari konsumen menjadi pelaku usaha, inovator, dan bagian dari jaringan penciptaan nilai bersama.

5) Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Paradigma *The Co-Creation Paradigm* sangat relevan dalam sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060 melalui:

a) Pengembangan platform digital partisipasi energi,
b) Pembentukan ekosistem energi berbasis komunitas,
c) Transformasi pelanggan menjadi pelaku usaha energi, dan
d) Kolaborasi multipihak antara PLN, pemerintah, investor, pesantren, dan masyarakat.

6) Kelebihan dan Kelemahan Teori dalam Konteks Sinkronisasi PLN–PLTS

Kelebihan teori ini:

a) Melibatkan banyak aktor lintas sektor
b) Mendukung partisipasi masyarakat
c) Berbasis platform digital dan pengalaman langsung, serta
d) Memperkuat keberlanjutan ekosistem energi

Sedangkan kelemahannya:

a) Membutuhkan infrastruktur digital yang kuat,
b) Memerlukan harmonisasi regulasi multipihak, dan
c) Menghadapi resistensi dari sistem organisasi konvensional.

7) Perbandingan dengan Pendekatan Co-Creation Tahun 2010

Tabel. 2.3. Perbandingan Co Creation 2010 dan 2014

Aspek	Co-Creation 2010	Co-Creation 2014
Fokus	Perusahaan–pelanggan	Multiaktor & transformasi sosial
Orientasi	Strategi inovasi dan produktivitas	Arsitektur sistemik dan keberlanjutan
Pilar	Innovation & experience	Platform, ecosystem, co-created value
Hasil	Pengalaman pelanggan	Nilai sosial, ekonomi, dan lingkungan
Pemangku kepentingan	Pelanggan & perusahaan	Seluruh aktor sosial dan publik

8) Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Paradigma *The Co-Creation Paradigm* (2014) memberikan dasar strategis dan sistemik bagi pengembangan tata kelola energi kolaboratif menuju NZE 2060. Melalui engagement platforms, ecosystem capabilities, dan keterlibatan multiaktor, teori ini mendukung transformasi masyarakat dari pengguna energi menjadi pelaku aktif dalam sistem energi berkelanjutan berbasis kolaborasi dan partisipasi sosial.

2. Teori *Governing The Commons*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Teori *Governing the Commons* dikembangkan oleh Elinor Ostrom, Guru Besar Ilmu Politik di Indiana University dan pendiri *Workshop in Political Theory and Policy Analysis*. Pada tahun 2009, Ostrom menjadi perempuan pertama penerima Nobel Ekonomi atas kontribusinya dalam membuktikan bahwa komunitas lokal mampu mengelola sumber daya bersama (*common-pool resources/CPR*) secara mandiri dan berkelanjutan tanpa harus bergantung sepenuhnya pada negara atau privatisasi pasar.[62]

Pendekatan Ostrom dibangun melalui penelitian empiris pada sistem irigasi di Valencia dan Filipina, hutan di Jepang, serta perikanan di Turki. Fokus utama teorinya adalah bagaimana komunitas dapat membangun tata kelola mandiri berbasis kelembagaan lokal untuk memperoleh manfaat bersama secara berkelanjutan.

Ostrom menyatakan: "*The central question I address in this book is how a group of principals who are in an interdependent situation can*

[62]The Nobel Prize, "Elinor Ostrom Facts," *NobelPrize.org*, 2009, *https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2009/ostrom/fa*cts

organize and govern themselves to obtain continuing joint benefits."[63] (Pertanyaan utama yang saya bahas dalam buku ini adalah bagaimana sekelompok pelaku utama yang berada dalam situasi saling bergantung dapat mengorganisasi dan mengatur diri mereka sendiri untuk memperoleh manfaat bersama yang berkelanjutan.)
Kutipan tersebut menjadi dasar utama teori *Governing the Commons* yang menekankan pentingnya *self-governance* dan kelembagaan kolektif berbasis komunitas.

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori *Governing the Commons* lahir sebagai kritik terhadap pandangan Garrett Hardin dalam artikel The Tragedy of the Commons (1968) yang menyatakan bahwa sumber daya bersama akan rusak akibat perilaku individualistik manusia. Hardin menyatakan: "*Freedom in a commons brings ruin to all."*[64] (Kebebasan dalam sumber daya bersama akan membawa kehancuran bagi semuanya)

Berbeda dengan Hardin, Ostrom membuktikan bahwa komunitas dapat membangun institusi lokal yang mampu mengatur sumber daya bersama secara efektif dan berkelanjutan tanpa dominasi negara maupun privatisasi penuh pasar Sebagai alternatif, Ostrom menawarkan delapan prinsip kelembagaan CPR (*Eight Design Principles*) dan menegaskan:
"Long-enduring CPR institutions were all characterized by some form of the following design principles."[65] (Kelembagaan CPR yang mampu bertahan lama semuanya memiliki bentuk tertentu dari prinsip-prinsip kelembagaan berikut ini)

Tabel 2.4. Eight Design Principles dalam CPR

No	Prinsip	Makna Utama
1	Clearly defined boundaries	Batas hak akses jelas
2	Congruence with local conditions	Aturan sesuai kondisi lokal
3	Collective-choice arrangements	Partisipasi dalam pengambilan keputusan
4	Monitoring	Pemantauan berbasis komunitas
5	Graduated sanctions	Sanksi bertahap
6	Conflict-resolution mechanisms	Penyelesaian konflik lokal
7	Recognition of rights to	Pengakuan hak mengatur diri

[63]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 15.
[64]Garrett Hardin, "The Tragedy of the Commons..., hal. 1243–1248.
[65]Elinor Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 61-95

	organize	
8	Nested enterprises	Tata kelola bertingkat

Prinsip-prinsip tersebut lahir dari penelitian lapangan Ostrom mengenai keberhasilan institusi berbasis masyarakat dalam menjaga keberlanjutan sumber daya bersama.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori ini berkembang sejak penelitian Ostrom pada 1960-an mengenai pengelolaan air tanah di California Selatan dan kemudian diperluas melalui studi global tentang irigasi, hutan, dan perikanan. Pendekatan Ostrom berkembang secara empiris dan lintas disiplin sehingga menjadi salah satu teori kelembagaan paling berpengaruh dalam pengelolaan sumber daya bersama modern.

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Ostrom menunjukkan keberhasilan pengelolaan CPR melalui berbagai studi kasus seperti:

1) Irigasi Huerta di Valencia,
2) Padang rumput Törbel di Swiss,
3) Irigasi Zanjera di Filipina,
4) Pengelolaan hutan Satoyama di Jepang, dan
5) Perikanan di Alanya, Turki.[66]

Dalam kasus tersebut, kelembagaan lokal terbukti mampu menjaga keberlanjutan sumber daya tanpa dominasi eksternal yang berlebihan.

e. Relevansi Teori Terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks Indonesia, teori ini relevan untuk menjembatani:

1) PLN sebagai sistem sentralistik nasional, dan
2) PLTS komunitas sebagai sistem energi desentralistik berbasis masyarakat.

Prinsip Ostrom mendukung pengelolaan energi terbarukan sebagai *common-pool resources* yang dikelola secara partisipatif dan bertingkat untuk mendukung target NZE 2060.[67]

Contoh penerapannya mulai terlihat pada:

1) PLTS komunitas di Nusa Tenggara Timur (NTT),[68] dan
2) pengembangan PLTS berbasis pesantren serta desa mandiri energi di Jawa Tengah.[69]

---

[66] Elinor Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 81–83; 65–68; 143–146.

[67] Elinor Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 88–90.

[68]dalam *https://irid.or.id/kunjungan-ke-lokasi-pembangkit-tenaga-listrik-surya-plts-oelpuah-kupang-nusa-tenggara-timur-ntt/, d*iakses 21 Mei 2025.

[69]Kementrian ESDM,*Laporan Kementerian ESDM*, *Potret PLTS Komunitas di Pesantren dan Desa Mandiri Energi*, 2022.

f. Perbandingan dengan *Co-Creation* dan *Polycentric Governance*

Tabel 2.5. Perbandingan dengan *Co-Creation dan Polycentric Governance*

Aspek	*Governing the Commons*	*Co-Creation*	*Polycentric Governance*
Fokus	CPR & kelembagaan lokal	Nilai bersama antaraktor	Tata kelola multi-level
Karakteristik	Self-governance & monitoring	Dialog & engagement	Koordinasi lintas level
Pendekatan	Institusi komunitas	Kolaborasi multipihak	Sistem bertingkat
Peran komunitas	Aktor utama	Co-creator	Koordinator lokal
Relevansi PLN–PLTS	Penguatan komunitas energi	Sinkronisasi multiaktor	Desain energi bertingkat

Dalam konteks disertasi ini:

1) *Co-Creation* menjadi teori utama,
2) *Governing the Commons* memperkuat kelembagaan komunitas energi,
3) sedangkan *Polycentric Governance* memperkuat sinkronisasi antarlevel tata kelola energi.

g. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Governing the Commons* memberikan dasar penting bagi pengembangan sistem energi yang partisipatif, adil, dan berkelanjutan. Ketika dikombinasikan dengan teori *Co-Creation* dan *Polycentric Governance*, pendekatan Ostrom memperkuat logika tata kelola energi kolaboratif berbasis musyawarah, keadilan, dan keseimbangan dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060.

3. Teori *Polycentric Governance*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Konsep *polycentricity* pertama kali diperkenalkan oleh Vincent Ostrom, Charles M. Tiebout, dan Robert Warren melalui artikel *"The Organization of Government in Metropolitan Areas: A Theoretical Inquiry"* (1961). Mereka mengusulkan bahwa tata kelola tidak seharusnya dipusatkan pada satu otoritas tunggal, tetapi dibangun melalui banyak pusat pengambilan keputusan yang saling terhubung namun tetap otonom.[70]

[70]Vincent Ostrom, *et.al.,* "The Organization of Government in Metropolitan Areas: A Theoretical Inquiry" ..., Vol. 55, no. 4, 1961, hal. 831–842.

Mereka menyatakan: *"A polycentric political system is one in which many centers of decision-making which are formally independent of each other… take each other into account in competitive relationships."*[71] (Sistem politik polisentris adalah sistem yang memiliki banyak pusat pengambilan keputusan yang secara formal independen satu sama lain, namun tetap saling mempertimbangkan dalam hubungan yang bersifat kompetitif.)

Konsep tersebut kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Elinor Ostrom untuk menjawab tantangan tata kelola sumber daya bersama, perubahan iklim, dan transisi energi global.[72]

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori *Polycentric Governance* menekankan bahwa persoalan kompleks tidak dapat diselesaikan oleh satu otoritas tunggal, tetapi membutuhkan banyak pusat keputusan yang bekerja secara mandiri namun tetap terkoordinasi dalam kerangka aturan bersama.

Ostrom menyatakan*:"A polycentric system is one where many elements are capable of making mutual adjustments for ordering their relationships with one another within a general system of rules where each element acts with independence of other elements."*[73] (Sistem polisentris adalah sistem di mana banyak elemen mampu saling menyesuaikan hubungan mereka dalam suatu sistem aturan umum, di mana setiap elemen tetap bertindak secara independen)

Selanjutnya Ostrom menegaskan: *"Such systems operate at multiple scales, are characterized by a large number of overlapping jurisdictions, and facilitate experimentation and learning through mutual monitoring and adaptation."*[74] (Sistem semacam ini bekerja pada berbagai skala, memiliki banyak yurisdiksi yang saling tumpang tindih, serta mendorong eksperimen dan pembelajaran melalui pemantauan dan adaptasi timbal balik)

Berdasarkan konsep tersebut, sistem polisentris memiliki lima karakteristik utama:

1) Banyak pusat keputusan yang saling terhubung,
2) Otonomi pengambilan keputusan (*self-rule*),
3) Pembelajaran dan akuntabilitas bersama,
4) Keputusan berbasis konteks lokal namun terhubung dengan sistem lebih besar, dan

---

[71]Vincent Ostrom, *et.al.,* "The Organization of Government in Metropolitan Areas: A Theoretical Inquiry"..., hal. 831–842.

[72]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* Vol. 20, no. 4 ,2010, hal.550–557.

[73]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change"..., hal. 552.

[74]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change" ..., hal. 553.

5) Terbuka terhadap eksperimen kelembagaan.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Konsep *polycentric governance* berkembang dari:

1) teori *polycentric political system* (1961)
2) *Governing the Commons* (1990)[75]
3) *Polycentric Governance of Complex Economic Systems* (2010),[76] dan
4) *A Polycentric Approach for Coping with Climate Change* (2009)[77].

Perkembangan ini menunjukkan bahwa teori polisentris berkembang dari tata kelola metropolitan menuju tata kelola multi-level untuk menghadapi persoalan global yang kompleks seperti perubahan iklim dan transisi energi.

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Pendekatan *polycentric governance* diterapkan dalam:

1) pengelolaan irigasi di Nepal,[78]
2) tata kelola hutan di India dan Amerika Latin,[79]
3) *Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)* di Amerika Serikat,[80] dan
4) jaringan *C40 Cities* dalam kebijakan iklim perkotaan.[81]

Keberhasilan tersebut menunjukkan fleksibilitas teori polisentris dalam mengelola sistem kompleks berbasis kolaborasi multiaktor.

e. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060:

1) PLN berfungsi sebagai otoritas nasional,
2) PLTS komunitas menjadi unit lokal yang otonom, dan
3) pemerintah daerah, komunitas, serta investor menjadi bagian dari jaringan koordinasi multi-level.

---

[75]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*...,

[76]Elinor Ostrom, "Polycentric Governance of Complex Economic Systems," *American Economic Review* Vol.100, no. 3 ,2010, hal. 641–672

[77]Elinor Ostrom, *A Polycentric Approach for Coping with Climate Change*, Policy Research Working Paper 5095.

[78]Arun Agrawal and Elinor Ostrom, "Collective Action, Property Rights, and Decentralization in Resource Use in India and Nepal," *Politics & Society* 29, no. 4 ,2001, hal. 485–514.

[79]Elinor Ostrom, "Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development," *World Development* Vol. 24, no. 6 ,1996, hal. 1073–1087.

[80]David L. Levy and Daniel Egan, "A Neo-Gramscian Approach to Corporate Political Strategy: Conflict and Accommodation in the Climate Change Negotiations," *Journal of Management Studies* Vol.40, no. 4 ,2003, hal.803–829.

[81]Sander van der Leeuw *et.al*., "The Adaptive Capacity of Cities: A Manifesto for Research and Policy," *Global Environmental Change* Vol. 20, no. 3 ,2010, hal.346–350

Pendekatan polisentris memungkinkan:
1) Inovasi dari bawah (*bottom-up innovation*)
2) Pembelajaran antarunit
3) Distribusi tanggung jawab
4) Koordinasi fleksibel antaraktor energi.

f. Perbandingan Polycentric Governance, Governing the Commons,

Tabel 2.6. Perbandingan *Polycentric Governance, Governing the Commons, dan Co-Creation*

Aspek	Polycentric Governance	Governing the Commons	Co-Creation
Fokus	Koordinasi multi-level	CPR & kelembagaan lokal	Penciptaan nilai bersama
Aktor	Pemerintah, komunitas, NGO	Komunitas lokal	Multi-stakeholder
Pendekatan	Sistem bertingkat & adaptif	Self-governance	Engagement & collaboration
Tujuan	Adaptasi sistem kompleks	Keberlanjutan sumber daya	Inovasi & nilai bersama
Relevansi PLN–PLTS	Sinkronisasi antarlevel	Penguatan komunitas energi	Kolaborasi energi

Tabel tersebut menunjukkan bahwa teori *polycentric governance* memiliki keunggulan dalam membangun koordinasi fleksibel antarlevel kelembagaan energi.

g. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Polycentric Governance merupakan pengembangan dari *Governing the Commons* menuju sistem tata kelola multi-level yang fleksibel, adaptif, dan kolaboratif. Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, teori ini memberikan dasar penting bagi koordinasi antara pemerintah pusat, PLN, pemerintah daerah, komunitas energi, dan masyarakat secara berkelanjutan.

4. Teori *Common Good*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Herman E. Daly merupakan pelopor *ecological economics* yang memandang ekonomi sebagai subsistem dari ekosistem bumi yang memiliki batas daya dukung tertentu. Daly pernah menjabat sebagai *Senior Economist* di World Bank dan Profesor Emeritus di University of Maryland. Bersama John B. Cobb Jr., ia menulis *For the Common Good* untuk mengkritik paradigma ekonomi neoklasik yang berorientasi pada

pertumbuhan tanpa batas dan menawarkan pendekatan ekonomi berbasis keberlanjutan, komunitas, dan keadilan sosial.[82]

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori *Common Good* menegaskan bahwa ekonomi tidak dapat dipisahkan dari batas ekologis dan kesejahteraan sosial masyarakat. Daly dan Cobb menyatakan: *"The economy is a subsystem of the ecosystem, which is finite and non-growing. Therefore, the economy cannot grow forever."*[83] (Ekonomi adalah subsistem dari ekosistem yang terbatas dan tidak bertumbuh. Karena itu, ekonomi tidak dapat tumbuh selamanya.)

Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi harus mempertimbangkan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) dan keberlanjutan jangka panjang. Daly dan Cobb juga menekankan pentingnya pembangunan berbasis komunitas dan kemandirian wilayah*:"The economic policy here proposed encourages a different approach to development… It can maintain itself as a viable community.*" (Kebijakan ekonomi yang diusulkan di sini mendorong pendekatan pembangunan yang berbeda… sehingga suatu wilayah dapat mempertahankan dirinya sebagai komunitas yang berkelanjutan)

Konsep tersebut relevan dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, di mana daerah didorong memanfaatkan potensi energi lokal sebelum bergantung pada pasokan eksternal.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori *Common Good* berkembang dari kritik terhadap paradigma pertumbuhan ekonomi berbasis GDP/GNP menuju pendekatan kesejahteraan berkelanjutan.

1) Kritik terhadap GDP/GNP

Daly dan Cobb mengkritik GDP karena tidak membedakan manfaat dan biaya sosial-ekologis dari aktivitas ekonomi.

Mereka menulis: *"Most recognize both that the market activity that GNP measures has social costs that it ignores…"*[84] (Sebagian besar orang menyadari bahwa aktivitas pasar yang diukur PNB memiliki biaya sosial yang diabaikan…)

Berbeda dengan teori Herman E. Daly dikenal sebagai pelopor *ecological economics* yang mengkritik paradigma ekonomi neoklasik karena menganggap sumber daya alam tidak terbatas dan selalu dapat

---

[82]Herman E. Daly and John B. Cobb, Jr., *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*, 2nd ed. Boston: Beacon Press, 1994, xiii.

[83]Herman E. Daly and John B. Cobb, Jr., *For the Common Good...*, hal. 64.

[84]Herman E. Daly and John B. Cobb, Jr., *For the Common Good...*, hal. 269.

digantikan oleh kapital buatan manusia. Gagasan utamanya dituangkan dalam buku *Steady-State Economics* (1977; edisi kedua 1991).[85]

Sebagian besar orang menyadari bahwa aktivitas pasar yang diukur PNB memiliki biaya sosial yang diabaikan .Kritik tersebut melahirkan konsep *Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW)* sebagai alternatif indikator kesejahteraan.[86]

2) Integrasi Ekologi dalam Sistem Ekonomi

Daly dan Cobb menegaskan bahwa ekonomi hanyalah bagian dari sistem ekologi yang terbatas sehingga pembangunan harus memperhatikan keberlanjutan lingkungan.

3) Prinsip Keadilan Lintas Generasi

Mereka menekankan bahwa pembangunan harus memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan generasi mendatang.

Daly dan Cobb mengutip Pigou bahwa pemerintah memiliki kewajiban melindungi sumber daya alam dari eksploitasi yang merusak masa depan.

Mereka juga menyebut kerusakan ekologis sebagai *"ecological debt"* yang harus dipertanggungjawabkan kepada generasi mendatang.

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, prinsip ini berarti:

a) Membatasi eksploitasi energi fosil,
b) Meningkatkan investasi energi terbarukan,
c) Menghitung biaya ekologis jangka panjang, dan
d) Menjadikan keberlanjutan lintas generasi sebagai indikator keberhasilan energi.

4) Kritik terhadap *Dogmatism*e Pertumbuhan

Daly dan Cobb menegaskan bahwa pertumbuhan ekonomi tanpa batas dapat menghasilkan biaya sosial dan ekologis yang lebih besar dibanding manfaatnya. Karena itu, keberhasilan pembangunan tidak cukup diukur melalui peningkatan GDP, tetapi juga melalui kualitas hidup, keadilan distribusi, dan keberlanjutan lingkungan Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan teori *Common Good* dapat ditemukan pada:

1) PLTS berbasis koperasi dan komunitas,
2) *Genuine Progress Indicator (GPI)* di beberapa negara bagian AS,
3) konsep *degrowth* dan *steady-state economy* di Eropa, dan

---

[85]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, 2nd ed., Washington, D.C.: Island Press, 1991, hal. 17.

[86]Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good...*, hal. 63–76 dan hal. 454-491.

4) *Gross National Happiness (GNH)* di Bhutan.[87]

Dalam konteks PLN–PLTS menuju NZE 2060, pendekatan ini mendukung:

1) Pemerataan akses energi,
2) Keberlanjutan ekologis,
3) Dan kesejahteraan sosial berbasis komunitas.

d. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Teori *Common Good* memberikan kerangka moral dan ekologis dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060. Energi dipandang sebagai sumber daya bersama yang harus dikelola secara adil dan berkelanjutan. Empat prinsip utama teori ini yang relevan adalah:

1) Kritik Terhadap GDP Sebagai Satu-Satunya Indikator Keberhasilan,
2) Integrasi Ekologi Dalam Kebijakan Energi,
3) Keadilan Lintas Generasi, Dan
4) Penolakan terhadap paradigma pertumbuhan tanpa batas.

e. Perbandingan *Common Good*, *Co-Creation*, dan *Polycentric Governance*

Tabel 2.7. Perbandingan *Common Good, Co-Creation, dan Polycentric Governance*

Aspek	Common Good	Co-Creation	Polycentric Governance
Fokus	Kesejahteraan & ekologi	Nilai bersama antaraktor	Koordinasi multi-level
Subjek utama	Komunitas & biosfer	Stakeholder & masyarakat	Multi-center governance
Tujuan	Keadilan & keberlanjutan	Inovasi kolaboratif	Adaptasi & sinkronisasi
Relevansi PLN–PLTS	Energi berkeadilan	Kolaborasi energi	Tata kelola bertingkat

Tabel tersebut menunjukkan bahwa teori *Common Good* memperkuat dimensi etik dan keberlanjutan dalam sinkronisasi pengelolaan energi.

f. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Common Good* memperluas orientasi ekonomi dari pertumbuhan individualistik menuju kesejahteraan kolektif dan keberlanjutan ekologis. Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, teori ini memberikan dasar etik bagi pengembangan sistem energi yang adil, partisipatif, dan berkelanjutan.

[87]Herman E. Daly and John B. Cobb, Jr., *For the Common Good...*, hal. 186–190; 444–457

2. Teori *Dynamic Capabilities*

a. Latar Belakang Teori dan Pemikiran Tokoh

Teori *Dynamic Capabilities* pertama kali diformulasikan oleh David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen melalui artikel *"Dynamic Capabilities and Strategic Management"* (1997). Teori ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Teece melalui buku *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth* (2009). Kontribusi penting juga diberikan oleh Sidney G. Winter yang menekankan pentingnya *routines* dan *path dependence* dalam evolusi organisasi.[88]

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teece, Pisano, dan Shuen menyatakan: *"The essence of dynamic capabilities lies in the firm's ability to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments.*"[89] ("Esensi dynamic capabilities terletak pada kemampuan organisasi untuk mengintegrasikan, membangun, dan mengonfigurasi ulang kompetensi internal maupun eksternal dalam menghadapi perubahan lingkungan yang cepat.")

Konsep tersebut dipertegas Teece (2009) yang menambahkan pentingnya *dynamic managerial capabilities* dalam proses transformasi organisasi.[90]

Sementara itu, Winter menjelaskan bahwa kapabilitas organisasi bukan tindakan ad-hoc, melainkan rutinitas tingkat tinggi yang bersifat berpola, dipelajari, dan stabil: *"An organizational capability is a high-level routine…"*[91] (Kapabilitas organisasi merupakan rutinitas tingkat tinggi yang memberikan organisasi kemampuan menghasilkan keputusan strategis secara berulang)

Berdasarkan teori ini, terdapat tiga pilar utama *dynamic capabilities*:

1) *Sensing* adalah mendeteksi peluang dan ancaman,
2) *Seizing* memanfaatkan peluang secara strategis, dan
3) *Reconfiguring* mentransformasi aset dan sistem organisasi.[92]

---

[88]David J. Teece, Gary Pisano, and Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* Vol.18, no. 7 ,1997, hal. 509–533.

[89]David J. Teece, Gary Pisano, and Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management"..., hal. 516.

[90]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., hal. 72–74.

[91]Sidney G. Winter, "Understanding Dynamic Capabilities," *Strategic Management Journal* 24, no. 10 ,2003, hal. 991–995.

[92] David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management...*, hal. 9.

Ketiga pilar tersebut menjadi dasar kemampuan organisasi mempertahankan keunggulan dalam lingkungan yang berubah cepat.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Teori ini berkembang dari pendekatan *Resource-Based View (RBV)* dengan menambahkan dimensi dinamis berupa inovasi, pembelajaran, dan transformasi strategis. Perkembangan berikutnya menekankan pentingnya *microfoundations*, rutinitas organisasi, dan proses adaptasi berkelanjutan dalam membentuk kapabilitas organisasi[93]

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan *dynamic capabilities* dapat dilihat pada:

1) IBM yang bertransformasi dari perusahaan perangkat keras menjadi penyedia layanan digital,
2) Amazon dan Apple dalam pengembangan ekosistem teknologi adaptif, dan
3) Procter & Gamble dalam inovasi berbasis perubahan pasar global.

Keberhasilan tersebut menunjukkan pentingnya kemampuan organisasi dalam melakukan inovasi dan reconfiguring secara berkelanjutan.

e. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, teori ini relevan untuk:

1) *Sensing* potensi energi surya dan perkembangan teknologi,
2) *Seizing* peluang kebijakan energi hijau, dan
3) *Reconfiguring* sistem kelistrikan nasional menuju integrasi energi terbarukan.

Teece menegaskan bahwa *dynamic capabilities* sangat penting dalam lingkungan yang mengalami inovasi teknologi cepat.[94] Sementara itu, Winter mengingatkan bahwa keberhasilan transformasi memerlukan rutinitas dinamis yang terstruktur, bukan sekadar solusi ad-hoc.

f. Perbandingan dengan *Co-Creation* dan *Polycentric Governance*

Tabel 2.8. Perbandingan *Dynamic Capabiliies dengan Co-Creation dan Polycentric Governance*

Aspek	Dynamic Capabilities	Co-Creation	Polycentric Governance
Fokus	Adaptasi internal organisasi	Penciptaan nilai bersama	Koordinasi multi-level
Kekuatan utama	Sensing, seizing, reconfiguring	Engagement & collaboration	Multi-center governance

[93]Sidney G. Winter, "Understanding Dynamic Capabilities"..., hal. 991.
[94]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management...*, hal. 74.

Pendekatan	Strategi & inovasi	Interaksi stakeholder	Tata kelola bertingkat
Relevansi PLN–PLTS	Transformasi organisasi energi	Kolaborasi energi	Sinkronisasi antarlevel

Ketiga teori tersebut saling melengkapi dalam pengelolaan energi terbarukan: *Dynamic Capabilities* sebagai penggerak internal organisasi, *Co-Creation* sebagai pendekatan kolaboratif, dan *Polycentric Governance* sebagai kerangka tata kelola eksternal.

g. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Dynamic Capabilities* memberikan pendekatan strategis bagi organisasi dalam menghadapi perubahan teknologi dan lingkungan yang cepat. Dalam konteks PLN–PLTS menuju NZE 2060, penguatan kemampuan *sensing*, *seizing*, dan *reconfiguring* menjadi kunci sinkronisasi sistem energi nasional secara adaptif dan berkelanjutan

5. *Steady State Economics*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Herman E. Daly dikenal sebagai pelopor *ecological economics* yang mengkritik paradigma ekonomi neoklasik karena menganggap sumber daya alam tidak terbatas dan selalu dapat digantikan oleh kapital buatan manusia. Gagasan utamanya dituangkan dalam buku *Steady-State Economics* (1977; edisi kedua 1991).

Daly menegaskan: "*We may say that a steady-state economy develops but does not grow, just as the planet earth, of which the human economy is a subsystem, develops but does not grow*."[95] (Ekonomi steady-state berkembang tetapi tidak tumbuh, sebagaimana bumi sebagai subsistem ekonomi manusia berkembang namun tidak bertumbuh)

Kutipan tersebut menegaskan bahwa ekonomi manusia hanyalah subsistem dari ekosistem bumi yang terbatas sehingga pertumbuhan ekonomi tidak dapat berlangsung tanpa batas. Karena itu, keberlanjutan hanya dapat dicapai melalui keseimbangan ekologis.

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori, :[96]

Daly membedakan secara tegas antara:

1) *Growth* (pertumbuhan kuantitatif)
2) *Development* (peningkatan kualitas).

Ia menyatakan: "*Economic growth and development are not the same thing; growth means getting bigger, development means getting better."* (Pertumbuhan ekonomi dan pembangunan bukan hal yang sama;

[95]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, 2nd ed., Washington, D.C.: Island Press, 1991, hal. 17-40

[96]Herman E. Daly, *Steady-State Economics...*, hal. 29-40

pertumbuhan berarti menjadi lebih besar, sedangkan pembangunan berarti menjadi lebih baik)

Daly juga menjelaskan bahwa keteraturan ekonomi dipertahankan melalui penggunaan sumber daya ekologis yang terbatas: "*The structure and order (low entropy) of the economy is maintained by imposing a cost of disorder on the ecosyste"* (Struktur dan keteraturan ekonomi dipertahankan dengan membebankan biaya ketidakteraturan pada ekosistem)

Berdasarkan konsep tersebut, *Steady-State Economy (SSE)* memiliki beberapa prinsip utama:

1) Ekonomi sebagai subsistem ekologi bumi
2) Pembatasan *throughput* energi dan material
3) Stabilitas populasi dan kapital fisik
4) Efisiensi sumber daya
5) Keadilan distribusi dalam batas daya dukung bumi.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Konsep SSE berkembang menjadi dasar *ecological economics* dan memengaruhi gagasan:

1) Ekonomi sirkular,
2) *Degrowth movement*,
3) Serta indikator alternatif seperti *Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW)*.

Daly mengkritik GDP sebagai indikator utama kesejahteraan: "*GDP measures activity, not welfare, and can mislead policy if used as the main indicator."*[97] (GDP mengukur aktivitas, bukan kesejahteraan, dan dapat menyesatkan kebijakan bila dijadikan indikator utama)

Perkembangan teori ini juga mendorong munculnya pendekatan pembangunan berkelanjutan yang menekankan keseimbangan antara ekonomi, sosial, dan lingkungan.[98]

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan SSE dapat dilihat pada:

1) Pajak karbon dan *throughput tax*
2) Pembatasan eksploitasi sumber daya
3) Ekonomi sirkular
4) Pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas.

Daly menegaskan: "*We should limit the total scale of the economy by resource quotas, and shift taxes from income to throughput."*[99] (Kita

---

[97]Herman E. Daly, *Steady-State Economics...*, hal. 101.

[98]Victor, Peter A., *Managing Without Growth: Slower by Design, Not Disaster*, Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

[99]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*..., hal. 72.

harus membatasi skala ekonomi melalui kuota sumber daya dan mengalihkan pajak dari pendapatan menuju throughput sumber daya)

Dalam konteks energi, pajak karbon pada PLTU dan insentif PLTS merupakan bentuk implementasi langsung konsep SSE.

e. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Teori SSE relevan dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 karena:

1) Menolak ekspansi energi fosil tanpa batas
2) Mendorong efisiensi energi dan pengurangan emisi
3) Mendukung distribusi energi yang adil
4) Menempatkan PLTS sebagai instrumen keberlanjutan jangka panjang.

Konsep SSE juga mendukung:

1) Pajak karbon
2) Kuota emisi
3) Smart grid
4) Pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas sebagai bagian dari transisi energi nasional.

f. Perbandingan dengan *Co-Creation*, *Polycentric Governance*, dan *Common Good*

Tabel.2.9. Perbandingan dengan *Co-Creation, Polycentric Governance, dan Common Good*

Aspek	Steady-State Economics	Co-Creation	Polycentric Governance	Common Good
Fokus	Batas ekologis ekonomi	Nilai bersama	Tata kelola multi-level	Kesejahteraan kolektif
Pendekatan	Stabilitas & keberlanjutan	Kolaborasi	Koordinasi adaptif	Etika & keadilan
Tujuan	Keseimbangan ekologis	Inovasi nilai	Sinkronisasi kelembagaan	Kebaikan bersama
Relevansi PLN–PLTS	Transisi energi berkelanjutan	Kolaborasi energi	Tata kelola energi	Energi berkeadilan

SSE memperkuat dimensi ekologis dan keberlanjutan dalam sinkronisasi energi nasional.

g. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Steady-State Economics memberikan kerangka penting bagi transisi energi menuju NZE 2060 karena menekankan:

1) Keseimbangan ekologis,
2) Efisiensi sumber daya,
3) Keadilan distribusi, dan
4) Pembatasan pertumbuhan berbasis energi fosil.

Dalam konteks PLN–PLTS, teori ini mendorong perubahan paradigma dari orientasi "lebih banyak energi" menuju "energi yang cukup, efisien, dan berkelanjutan."

6. *Ipccteori Ecological Modernisation*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Teori *Ecological Modernisation (EM)* lahir pada awal 1980-an melalui pemikiran Joseph Huber yang menekankan inovasi teknologi, Martin Jänicke yang mengembangkan modernisasi politik lingkungan, serta Arthur P. J. Mol dan Gert Spaargaren yang mengembangkan dimensi sosiologis dan tata kelola lingkungan.[100]

Stewart Lockie menyatakan: *"The Ecological Modernisation Reader offers the clearest and the most comprehensive introduction to ecological modernisation theory yet…"*[101] (The Ecological Modernisation Reader memberikan pengantar yang paling jelas dan paling komprehensif tentang teori modernisasi ekologis hingga saat ini)

Kutipan tersebut menunjukkan bahwa teori EM berkembang menjadi salah satu pendekatan penting dalam reformasi lingkungan modern.

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Teori EM berpendapat bahwa modernisasi industri dan masyarakat tidak harus menjadi penyebab krisis lingkungan, tetapi dapat direformasi menjadi solusi keberlanjutan melalui teknologi bersih, inovasi, dan tata kelola partisipatif.

Mol dan Spaargaren menegaskan: *"Science and technology are not only judged for their role in the emergence of environmental problems but also valued for their actual and potential role in curing and preventing them.*"[102] (Ilmu pengetahuan dan teknologi tidak hanya dinilai karena perannya dalam memunculkan masalah lingkungan, tetapi juga dihargai atas peran nyata dan potensialnya dalam mencegah serta mengatasi masalah tersebut.)

Konsep utama EM meliputi:

1) *Eco-innovation* dan teknologi bersih
2) Efisiensi sumber daya
3) *Multi-level governance*
4) *Decoupling* antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan

---

[100]Joseph Huber, *Die verlorene Unschuld der Ökologie* (Frankfurt: Fischer, 1982); Martin Jänicke, "On Ecological and Political Modernization," *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* 2 (1993): 1 hal. 59–175.

[101]Stewart Lockie, *et.al., The Ecological Modernisation Reader: Environmental Reform in Theory and Practice*..., back cover.

[102]Arthur P. J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory," dalam *The Ecological Modernisation Reader*, hal. 15.

5) Perubahan pola konsumsi menuju *sustainable consumption*.[103]

EM juga memandang polusi sebagai kegagalan desain modernitas sehingga reformasi teknologi dan kelembagaan menjadi solusi utama keberlanjutan.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Perkembangan teori EM dapat dibagi menjadi tiga fase:

1) Fase klasik (1980–1990) yang fokus pada teknologi bersih dan efisiensi industri,
2) Fase transisi (1990–2005) yang memperluas kajian ke tata kelola dan konsumsi, serta
3) Fase mutakhir (2009–2024) yang terintegrasi dengan *green growth*, *circular economy*, digitalisasi, dan *smart grid*.[104]

Perkembangan ini menunjukkan bahwa EM tidak hanya menjadi teori lingkungan, tetapi juga kerangka reformasi sosial, ekonomi, dan teknologi menuju keberlanjutan.

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan EM terlihat pada:

1) Reformasi industri pulp dan kertas di Asia Tenggara[105]
2) Regulasi kendaraan rendah emisi di California,[106]
3) Pengelolaan kawasan industri di Vietnam[107]
4) Pengembangan sistem pengelolaan air di Jerman dan Belanda.[108]

EM juga berkembang dalam kebijakan *green economy* dan *energy transition* di Eropa, Jepang, dan Tiongkok.

e. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, teori EM relevan melalui:

1) Pengembangan *smart grid* dan digitalisasi jaringan PLN
2) Peningkatan bauran energi terbarukan melalui PLTS
3) Partisipasi masyarakat melalui PLTS atap dan koperasi energi

---

[103]Arthur P. J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory"..., hal. 15–136

[104]Arthur P. *et.al.,* "Ecological Modernisation Theory: Taking Stock, Moving Forward," dalam *Handbook of Environmental Sociology*, eds. S. Lockie, D. A. Sonnenfeld, and D. Fisher, London: Routledge, 2013, hal. 15–30.

[105]David A. Sonnenfeld, "Contradictions of Ecological Modernisation: Pulp and Paper Manufacturing in South-East Asia," dalam *Ecological Modernisation Around the World*, eds. Mol and Sonnenfeld, London: Frank Cass, 2000, hal. 197–217.

[106]Miguel Gonzales, "Regulating Low Emission Vehicles in California," *Environmental Politics* Vol.10, no. 2 ,2001, hal.1–23.

[107]Tran, Ngoc Thanh, *et.al*., "Environmental Management in Industrial Zones in Vietnam," *Journal of Environmental Management* 67, no. 2 ,2003, hal.125–138.

[108]Arthur P. J. Mol and David A. Sonnenfeld, *Ecological Modernisation Around the World: Perspectives and Critical Debates*, London: Frank Cass, 2000, hal. 5–7.

4) Dekarbonisasi sistem kelistrikan nasional

Konsep *decoupling* dalam EM mendukung upaya pemisahan pertumbuhan ekonomi dari peningkatan emisi karbon. Selain itu, pendekatan *sustainable consumption* mendorong perubahan perilaku konsumsi energi masyarakat menuju energi bersih.[109]

f. Perbandingan dengan *Common Good* dan *Steady-State Economics*

Tabel 2.10 Perbandingan dengan *Common Good dan Steady-State Economics*

Aspek	Ecological Modernisation	Common Good	Steady-State Economics
Fokus	Reformasi teknologi & institusi	Keadilan sosial-ekologis	Batas ekologis ekonomi
Pendekatan	Modernisasi hijau	Etika komunitas	Stabilitas ekologis
Solusi utama	Eco-innovation & governance	Kesejahteraan kolektif	Pembatasan throughput
Relevansi PLN–PLTS	Smart grid & energi bersih	Energi berkeadilan	Transisi energi berkelanjutan

EM memperkuat dimensi teknologi dan reformasi kelembagaan dalam transisi energi nasional.

g. Ukuran Indikator Keberhasilan

Indikator yang umum digunakan dalam teori EM meliputi:

1) *Carbon intensity reduction*
2) *Renewable share of energy mix*
3) *Green investment ratio*
4) *Eco-innovation index*
5) *Smart grid readiness*

h. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Ecological Modernisation* memberikan kerangka dinamis bagi reformasi lingkungan melalui:

1) Inovasi teknologi
2) Tata kelola partisipatif
3) Efisiensi sumber daya
4) Perubahan pola konsumsi masyarakat

[109]Gert Spaargaren, "Sustainable Consumption: A Theoretical and Environmental Policy Perspective," dalam *The Ecological Modernisation Reader*, London: Routledge, 2009, hal. 291–314.

Dalam konteks Indonesia, teori ini relevan untuk mendukung sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 melalui integrasi *smart grid*, energi terbarukan, dan kebijakan dekarbonisasi yang berkelanjutan.

7. Teori *Smart Grid and Energy Transition*

a. Latar Belakang Teori dan Profil Pemikiran Tokoh

Konsep *Smart Grid and Energy Transition* berkembang seiring kebutuhan sistem kelistrikan yang adaptif, efisien, dan mampu mengintegrasikan energi terbarukan secara optimal. Salah satu tokoh penting dalam bidang ini adalah Przemyslaw Komarnicki yang meneliti integrasi sistem penyimpanan energi dan fleksibilitas jaringan listrik modern. Bersama Pio Lombardi dan Zbigniew A. Styczynski, ia menulis *Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids* yang menjadi rujukan penting dalam pengembangan *smart grid*.[110]

Teori ini berkembang dari kebutuhan global terhadap sistem energi rendah karbon yang didukung digitalisasi, teknologi penyimpanan energi, dan koordinasi jaringan secara real-time.

b. Konsep dan Gagasan Pokok Teori

Smart grid merupakan jaringan listrik modern yang menggunakan teknologi informasi, komunikasi dua arah, dan sistem penyimpanan energi untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan.

Komarnicki menegaskan: *"Storage systems are one of the most important flexibility options for integrating renewable energy into power grids."*[111] (Sistem penyimpanan merupakan salah satu opsi fleksibilitas terpenting dalam mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam jaringan listrik.)

Konsep utama teori ini meliputi:

1) Integrasi energi terbarukan
2) Digitalisasi jaringan listrik
3) Penyimpanan energi (*energy storage*)
4) *Real-time coordination*
5) Pengambilan keputusan berbasis data

Sistem penyimpanan seperti baterai, *flywheel*, dan *pumped hydro* berfungsi menjaga stabilitas pasokan listrik dari sumber energi intermiten seperti PLTS dan PLTB.

c. Perkembangan dan Evolusi Teori

Perkembangan *smart grid* dipengaruhi oleh:

1) Krisis energi global

---

[110]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids*, Cham: Springer, 2017.

[111]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Electric Energy Storage Systems...*, hal. 5.

2) Target *Net Zero Emission* (NZE)
3) Perkembangan ICT (*Information and Communication Technology*)
4) Peningkatan energi terbarukan dalam sistem kelistrikan.

Setelah 2010, teknologi penyimpanan energi dan digitalisasi jaringan menjadi komponen utama dalam desain sistem listrik modern.[112] Peran lembaga internasional seperti International Energy Agency dan World Energy Council juga memperkuat pengembangan kebijakan transisi energi global.[113]

d. Contoh Aplikasi Teori dalam Konteks Umum

Penerapan *smart grid* terlihat pada:

1) Proyek *Energiewende* di Germany yang mengintegrasikan energi terbarukan dan baterai skala besar
2) Sistem *community grid* di Denmark
3) *Demand response* dan *net metering* di California, serta
4) Proyek integrasi PLTS dan baterai di Hawaii melalui *Smart Grid Foundation Project*.[114]

Kasus-kasus tersebut menunjukkan pentingnya koordinasi digital dan penyimpanan energi dalam menjaga stabilitas sistem listrik modern.

e. Relevansi Teori terhadap Sinkronisasi Pengelolaan Energi (PLN–PLTS)

Dalam konteks Idonesia, integrasi PLTS dengan jaringan PLN menghadapi tantangan fluktuasi daya dan stabilitas sistem. *Smart grid* menjadi solusi melalui:

1) Manajemen beban otomatis
2) Penyimpanan energi saat surplus listrik
3) Koordinasi real-time antar jaringan
4) Digitalisasi distribusi listrik nasional

Komarnicki menegaskan: *"The grid of the future is not only about generation and distribution, but about real-time coordination, storage, and decision-making based on data."*[115] (Jaringan listrik masa depan bukan hanya tentang pembangkitan dan distribusi, tetapi juga koordinasi waktu nyata, penyimpanan, dan pengambilan keputusan berbasis data)

Pendekatan ini mendukung sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 melalui integrasi energi terbarukan dan penguatan infrastruktur digital nasional.

---

[112]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Electric Energy Storage Systems...*, hal. 90.

[113]World Energy Council, *Renewable Energy Projects Handbook,* London: WEC, 2016, hal. 9. hal. 42, dan hal. 68; IEA, *World Energy Outlook 2019...*, hal. 55.

[114]Energy Foundation Hawaii, *Smart Grid Foundation Project*, Honolulu, 2020, hal. 11 dan 18.

[115]Grid Integration Review, "Solar PV Systems Challenges," *Energy Journal* 47 2021, hal. 27

f. Perbandingan dengan *Co-Creation* dan *Polycentric Governance*

Tabel 2.11. Perbandingan Smart dengan *Co-Creation dan Polycentric Governance*

Aspek	Smart Grid	Co-Creation	Polycentric Governance
Fokus	Teknologi & digitalisasi	Kolaborasi aktor	Tata kelola multi-level
Pendekatan	Teknis & data-driven	Partisipatif	Adaptif & desentralistik
Relevansi PLN–PLTS	Integrasi teknis grid	Kolaborasi stakeholder	Sinkronisasi kelembagaan

Teori *Smart Grid* memperkuat dimensi teknis dan digital dalam sinkronisasi energi nasional.

g. Kesimpulan dan Refleksi Teoretis

Teori *Smart Grid and Energy Transition* memberikan kerangka teknis penting bagi transformasi sistem energi modern melalui:

1) Digitalisasi jaringan
2) Penyimpanan energi
3) Koordinasi real-time
4) Integrasi energi terbarukan

Dalam konteks PLN–PLTS menuju NZE 2060, teori ini mendukung pembangunan sistem energi nasional yang lebih fleksibel, efisien, dan berkelanjutan.

C. Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi)

1. Sumber Daya Alam Energi

a. Definisi dan Pengertian

Sumber Daya Alam (SDA) merupakan seluruh kekayaan yang berasal dari alam dan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Dalam konteks pembangunan modern, salah satu bentuk SDA yang paling strategis adalah sumber daya alam energi, yaitu sumber daya yang menyediakan tenaga bagi aktivitas pembangkitan listrik, transportasi, industri, dan rumah tangga. Energi tidak hanya berfungsi sebagai input teknis pembangunan, tetapi juga menjadi fondasi utama bagi keberlangsungan sistem sosial, ekonomi, dan ekologis.

International Energy Agency (IEA) menyatakan bahwa *"Energy resources are the cornerstone of modern civilization, powering our homes, industries, and transportation systems."*[116] (Sumber daya energi adalah

[116]International Energy Agency, *World Energy Outlook 2023*..., hal. 1–3.

landasan peradaban modern, yang memberi tenaga pada rumah, industri, dan sistem transportasi kita).

Pernyataan ini menegaskan bahwa keberhasilan pembangunan sangat ditentukan oleh cara energi dikelola dan dimanfaatkan secara berkelanjutan.

b. Klasifikasi Sumber Daya Energi

Secara konseptual, sumber daya energi diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu energi fosil *(non-renewable)* dan energi terbarukan (renewable), berdasarkan karakteristik ketersediaan, proses pembentukan, dan dampak lingkungannya.

1) Energi Fosil (Non-Terbarukan)

Energi fosil berasal dari material organik purba yang tertimbun selama jutaan tahun dan mengalami proses geologis alami. Jenis utama energi fosil meliputi minyak bumi, batubara, dan gas alam. Literatur perubahan iklim menegaskan bahwa *"Fossil fuels are finite and their combustion releases significant greenhouse gases into the atmosphere."*[117] *(Bahan bakar fosil bersifat terbatas dan pembakarannya melepaskan gas rumah kaca dalam jumlah besar ke atmosfer).* Energi fosil memiliki kandungan karbon tinggi dan berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO_2).

a) Jenis-jenis Energi Fosil, di antaranya: (1) Minyak bumi *(petroleum),* (2) Batubara,(3) Gas alam *(natural gas)* dan (4) Minyak serpih *(shale oil)* dan pasir bitumen *(tar sands)*

b) Ciri-ciri Energi Fosil adalah; (1) Mengandung karbon tinggi, menghasilkan emisi CO_2, (2) Masih menjadi sumber energi dominan secara global dan (3) Ketergantungan tinggi oleh sektor industri, transportasi, dan pembangkit listrit.

2) Energi Terbarukan

Sebaliknya, energi terbarukan berasal dari proses alam yang dapat diperbarui secara berkelanjutan dalam waktu relatif singkat.

1) Jenis Jenis nya meliputi seperti energi surya, angin, air, biomassa, panas bumi, dan energi laut. Energi terbarukan memiliki karakteristik emisi karbon rendah, potensi tersebar secara lokal, serta mendukung ketahanan energi jangka panjang.

2) Karakteristik Energi Terbarukan, a) Potensi besar dan tersebar secara local, b) Emisi karbon rendah atau nol c). Meningkatkan ketahanan energi local. d). Dapat dikombinasikan dengan *smart grid dan energy storage system*

---

[117]Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*, Cambridge: Cambridge University Press, 2021, hal.59–61, hal.100–102.

World Energy Council menegaskan bahwa *"Renewables are not only environmentally sustainable but also crucial for energy security in the long term."*[118]

c. Perbandingan Energi Fosil dan Energi Terbarukan

Tabel 2.12. Perbandingan Energi Fosil dan Energi Terbarukan

Aspek	Energi Fosil	Energi Terbarukan
Ketersediaan	Terbatas dan tidak dapat diperbarui	Dapat diperbarui secara alami
Dampak lingkungan	Emisi CO_2 dan polusi tinggi	Emisi rendah atau mendekati nol
Stabilitas jangka panjang	Rentan fluktuasi	Relatif stabil
Relevansi NZE	Tidak mendukung	Mendukung pencapaian NZE

d. Relevansi Global Pengelolaan SDA Energi

Dalam diskursus global, pengelolaan SDA energi diposisikan sebagai instrumen utama dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan pencapaian Net Zero Emissions (NZE). Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dan International Energy Agency (IEA) secara konsisten menegaskan bahwa transisi dari energi fosil menuju energi terbarukan merupakan prasyarat untuk menahan kenaikan suhu global dan menjaga keseimbangan ekosistem bumi.[119]

e. Kesimpulan Sub-Bab 1

Dengan demikian, sumber daya alam energi memiliki posisi strategis dalam pembangunan berkelanjutan. Peralihan dari energi fosil menuju energi terbarukan bukan sekadar pilihan teknologi, melainkan tuntutan ekologis, ekonomi, dan moral dalam merespons krisis iklim global.

2. Pengelolaan Sumber Daya Alam (SDA) Energi

Pengelolaan sumber daya alam (SDA) energi telah menjadi isu sentral dalam pembangunan berkelanjutan. Energi tidak hanya menentukan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga memengaruhi keberlanjutan lingkungan dan keadilan sosial. Oleh karena itu, pengelolaan SDA energi memerlukan kerangka teoretis yang komprehensif dan lintas disiplin.

---

[118]World Energy Council, *World Energy Resources 2016*,London: World Energy Council, 2016, hal.7–9, 25–27

[119]Intergovernmental Panel on Climate Change,(IPCC) *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023* ,Geneva: IPCC, 2023, 18–21; International Energy Agency, *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: International Energy Agency, 2021, hal.15–18.

Berbagai teori pengelolaan SDA energi yang telah dibahas pada Bab II.B dapat dipetakan ke dalam beberapa pendekatan utama sebagai berikut.

a. Pendekatan Teknis–Top-Down

   Pendekatan teknis–top-down menekankan peran negara dan institusi besar dalam perencanaan, pengendalian, dan pengaturan sistem energi. Pendekatan ini memberikan arah strategis dan stabilitas sistem, dengan landasan teoretis yang telah dibahas pada Bab II.B melalui teori kelembagaan dan tata kelola sistem energi.[120]

b. Pendekatan Partisipatif

   Pendekatan partisipatif menekankan keterlibatan masyarakat dan aktor non-negara dalam pengelolaan SDA energi, terutama untuk memperkuat legitimasi sosial dan keberlanjutan kebijakan. Pendekatan ini berfungsi sebagai pelengkap pendekatan teknis–top-down.[121]

c. Pendekatan Governing the Commons

   Pendekatan *governing the commons* menekankan pentingnya pengelolaan kolektif terhadap sumber daya bersama melalui institusi lokal dan aturan bersama agar terhindar dari eksploitasi berlebihan.[122]

d. Pendekatan Polycentric Governance

   Pendekatan *polycentric governance* menekankan keberadaan banyak pusat pengambilan keputusan yang saling terkoordinasi dalam pengelolaan energi, sehingga sistem menjadi lebih adaptif dan responsif.[123]

e. Pendekatan Co-Creation

   Pendekatan *co-creation* memandang pengelolaan energi sebagai proses penciptaan nilai bersama antara negara, pasar, dan masyarakat.[124]

f. Pendekatan Dynamic Capabilities

   Pendekatan *dynamic capabilities* menekankan kemampuan institusi energi untuk beradaptasi dan berinovasi dalam menghadapi perubahan lingkungan strategis.[125]

---

[120] Max Weber, *Economy and Society*, vol. 1, Berkeley: University of California Press, 1978, hal. 56–58, 212–215.

[121] Robert Chambers, *Rural Development: Putting the Last First*, London: Longman, 1983, hal. 94–98, 183–186.

[122] Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 29–33, 88–102.

[123]Elinor Ostrom, "*Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change*," *Global Environmental Change* 20, no. 4,2010,hal. 552–557.

[124]C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*..., hal. 5–9, 103–107.

[125]David J. Teece, Gary Pisano, and Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management..., Vol.18, no. 7 ,1997, hal.509–512, 525–528.

g. Pendekatan Common Good

Pendekatan *common good* menempatkan energi sebagai sarana pemenuhan kesejahteraan bersama dan keadilan sosial.[126]

h. Pendekatan Steady-State Economy

Pendekatan *steady-state economy* menekankan pentingnya batas ekologis dan keseimbangan jangka panjang dalam pengelolaan energi.[127]

i. *Smart Grid* and *Energy Transition*

Pendekatan *smart grid* memfasilitasi integrasi energi terbarukan melalui digitalisasi, penyimpanan energi, dan koordinasi sistem secara real-time.[128]

j. Pendekatan Integratif–Qur'ani

Pendekatan integratif–Qur'ani memberikan landasan etis melalui prinsip amanah, keadilan, dan keseimbangan dalam pengelolaan SDA energi.[129]

3. Sinkronisasi Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi)

a. Pendahuluan

Pengelolaan SDA energi yang efektif tidak dapat bertumpu pada satu pendekatan tunggal. Kompleksitas tantangan energi menuntut sinkronisasi berbagai pendekatan teknis, kelembagaan, sosial, dan etika agar saling melengkapi.

b. Analisis Keterpaduan Teori

Pendekatan teknis–top-down memberikan stabilitas sistem, pendekatan partisipatif dan *co-creation* memperkuat legitimasi sosial, *polycentric governance* dan *dynamic capabilities* meningkatkan adaptivitas, sementara *smart grid* menyediakan solusi teknologi. Sinergi pendekatan tersebut menghasilkan tata kelola energi yang seimbang dan berkelanjutan.

c. Sintesis Model Sinkronisasi Pengelolaan SDA Energi

Model sinkronisasi pengelolaan SDA energi mengintegrasikan kekuatan kelembagaan, partisipasi sosial, dan nilai etika sebagai satu kesatuan sistemik yang mendukung transisi energi berkelanjutan dan pencapaian NZE.

---

[126]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*..., hal. 38–41, 171–174.

[127]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, 2nd ed..., hal.17–21, 54–58.

[128]Przemyslaw Komarnicki *et.al*., *Smart Grids and Energy Transition*, Cham: Springer, 2019..., hal.3–6, 41–45, 89–92.

[129]Al-Qur'an, QS. Al-Baqarah/2:30; QS. Al-Hadid/57:25; QS. Ar-Rahman/55 :7–8; lihat M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*, vol. 1 dan 13, Jakarta: Lentera Hati, 2002, vol. 1,hal. 226–229

d. Kesimpulan

Sinkronisasi pengelolaan SDA energi melalui integrasi berbagai pendekatan teoretis menghasilkan kerangka holistik yang mampu menjawab tantangan keberlanjutan, keadilan sosial, dan adaptasi teknologi.

Berdasarkan kerangka konseptual dan sintesis teoretis yang dibangun dalam Bab II.C, pembahasan selanjutnya diarahkan pada analisis empiris dan kelembagaan mengenai pengelolaan energi serta pengembangan energi terbarukan dalam praktik. Bab III akan mengkaji bagaimana prinsip-prinsip pengelolaan dan sinkronisasi SDA energi tersebut diwujudkan dalam konteks kebijakan dan institusi menuju NZE 2060.

D. Teori Rumah Kaca dan *Net Zero Emissions* (NZE)

1. Dasar Fisika Energi Matahari dan Radiasi Elektromagnetik

Energi Matahari merupakan sumber utama bagi sistem iklim Bumi dan kehidupan. Energi ini dihasilkan melalui reaksi fusi nuklir di inti Matahari, ketika inti hidrogen bergabung membentuk helium disertai pelepasan energi yang sangat besar. Proses ini mengikuti prinsip kesetaraan massa–energi sebagaimana dirumuskan oleh Einstein.[130] Energi yang mula-mula dilepaskan dalam bentuk radiasi berenergi ti nggi kemudian mengalami degradasi energi saat bergerak ke lapisan luar Matahari dan dipancarkan ke ruang angkasa sebagai radiasi elektromagnetik.

Radiasi Matahari yang mencapai Bumi tersusun atas tiga kelompok utama: ultraviolet (UV), cahaya tampak, dan inframerah (IR). Secara kuantitatif, sekitar 45–50% energi Matahari berada pada spektrum cahaya tampak, 40–45% pada inframerah gelombang pendek, dan sisanya pada ultraviolet.[131] Cahaya tampak relatif mudah menembus atmosfer dan menjadi komponen dominan yang diserap oleh permukaan Bumi, sementara sebagian besar UV diserap oleh lapisan ozon.

2. Mekanisme Pemanasan Bumi dan Efek Rumah Kaca

Pemanasan awal permukaan Bumi terjadi terutama akibat penyerapan cahaya tampak oleh daratan dan lautan. Energi yang diserap ini dikonversi menjadi energi panas sehingga meningkatkan temperatur permukaan. Permukaan Bumi yang menghangat kemudian memancarkan kembali energi

---

[130]Albert Einstein, *Relativity: The Special and the General Theory*, New York: Henry Holt, 1920.

[131]John A. Duffie and William A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th ed., Hoboken, NJ: Wiley, 2013,hal. 8–12.

tersebut dalam bentuk radiasi inframerah gelombang panjang *(longwave infrared)*.[132]

Efek rumah kaca merupakan mekanisme ketika radiasi inframerah gelombang panjang yang dipancarkan oleh Bumi diserap dan dipancarkan ulang oleh gas-gas rumah kaca di atmosfer, sehingga panas tidak seluruhnya lepas ke luar angkasa. Mekanisme ini bersifat alamiah dan esensial bagi keberlangsungan kehidupan. Sebagaimana dijelaskan dalam literatur iklim: *"The greenhouse effect is a natural phenomenon in which greenhouse gases (GHGs) in the Earth's atmosphere trap heat from the sun, keeping the planet warm enough to sustain life. Without this effect, the Earth's surface temperature would be about 33°C lower, making it uninhabitable.[133]"*

Tanpa efek rumah kaca alami, suhu rata-rata permukaan Bumi diperkirakan sekitar –18°C; dengan efek ini, suhu meningkat menjadi sekitar +15°C.

3. Perbedaan Inframerah Matahari dan Inframerah Bumi

Radiasi inframerah perlu dibedakan berdasarkan sumber dan panjang gelombangnya. Inframerah Matahari merupakan inframerah gelombang pendek (shortwave IR) yang membawa energi panas ke sistem Bumi sebagai bagian dari radiasi masuk. Sebaliknya, inframerah Bumi merupakan inframerah gelombang panjang (longwave IR) yang dipancarkan oleh permukaan Bumi sebagai bentuk pelepasan panas.

Gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O) relatif transparan terhadap cahaya tampak dan inframerah gelombang pendek, tetapi sangat efektif menyerap inframerah gelombang panjang.[134] Oleh karena itu, efek rumah kaca terutama disebabkan oleh penahanan inframerah Bumi, bukan oleh inframerah yang datang langsung dari Matahari.

4. Gas Rumah Kaca dan Dasar Kuantitatif Emisi Karbon

Gas rumah kaca utama meliputi CO_2, CH_4, N_2O, uap air, dan ozon. Di antara gas-gas tersebut, CO_2 merupakan kontributor terbesar terhadap pemanasan global akibat volumenya yang sangat besar dan umur tinggalnya yang panjang di atmosfer. CH_4 dan N_2O memiliki potensi pemanasan global

---

[132]Grant R. Bigg, *The Oceans and Climate*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003, hal. 45–48.

[133]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *AR6 Working Group I: The Physical Science Basis*..., hal. 85.

[134]Raymond T. Pierrehumbert, *Principles of Planetary Climate*, Cambridge: Cambridge University Press, 2010, hal. 142–150.

(Global Warming Potential/GWP) yang jauh lebih tinggi per satuan massa, meskipun konsentrasinya lebih kecil.[135]

Untuk menyatukan kontribusi berbagai gas, emisi dinyatakan dalam CO_2 ekuivalen (CO_2e). Secara umum, emisi karbon dari sektor energi dapat dihitung menggunakan faktor emisi (Emission Factor/EF) dengan rumus:

$$E = P \times EF$$

di mana E adalah emisi (kg CO_2e), P adalah energi listrik yang dihasilkan (kWh), dan EF adalah faktor emisi (kg CO_2e/kWh).

5. Perkembangan Emisi Global dan Tantangan NZE

Menurut data International Energy Agency (IEA), emisi CO_2 global dari sektor energi dan industri menunjukkan tren peningkatan jangka panjang: sekitar 33 $GtCO_2$ pada 2010, meningkat menjadi sekitar 35 $GtCO_2$ pada 2015, turun sementara pada 2020 akibat pandemi, dan kembali meningkat hingga sekitar 37 $GtCO_2$ pada 2024.[136]

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) AR6 menegaskan bahwa untuk membatasi kenaikan suhu global hingga 1,5°C, emisi global harus turun sekitar 43–45% pada 2030 dibandingkan level 2019, dan mencapai net zero sekitar pertengahan abad.[137]

6. Strategi Pengurangan Emisi dalam Kerangka NZE

Upaya pengurangan emisi karbon secara global bertumpu pada tiga pilar utama:

a. Dekarbonisasi

> *"Decarbonization of the power sector is the backbone of the net zero transition. By 2050, more than 90% of electricity should come from renewables, with solar PV and wind providing the bulk."*[138]

Dekarbonisasi menurunkan intensitas karbon dengan menggantikan pembangkit berbasis fosil dengan energi terbarukan dan teknologi rendah karbon.

---

[135]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Geneva: IPCC, 2023), hal. 54–56.

[136]International Energy Agency (IEA), *CO_2 Emissions in 2024* (Paris: IEA, 2025),

[137]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva: IPCC, 2023, hal.54–56, hal.23–27.

[138]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal. 38.

b. Elektrifikasi

"Electrification of end-use sectors such as transport, buildings, and industry is crucial to reduce dependence on fossil fuels and enable the use of low-carbon electricity."[139]

Elektrifikasi memindahkan konsumsi energi dari pembakaran langsung ke listrik yang semakin bersih.

b. Efisiensi Energi

"Energy efficiency is one of the fastest and most cost-effective ways to reduce greenhouse gas emissions."[140]

Efisiensi energi menurunkan permintaan energi tanpa mengorbankan output ekonomi.

7. Dimensi Etis dan Normatif NZE dalam Perspektif Al-Qur'an

Konsep Net Zero Emissions tidak hanya berdimensi teknis dan kebijakan, tetapi juga memiliki dimensi etis dan spiritual. Al-Qur'an menegaskan prinsip mīzān (keseimbangan) sebagai fondasi menjaga keteraturan alam (QS Ar-Rahman: 7–8), yang sejalan dengan tujuan pengurangan emisi untuk memulihkan stabilitas iklim global.

Larangan *isrāf* (pemborosan) pada QS Al-An'am/6:141) dan (QS Al-Isra/17:27) menguatkan prinsip efisiensi energi dan konservasi sumber daya. Prinsip khilāfah dan amanah pada QS Al-Jatsiah/45:13, QS al-Hadid/57:7 dan QS al-An'am/6:165 menegaskan tanggung jawab manusia sebagai pengelola bumi, bukan sebagai pihak yang mengeksploitasi sumber daya tanpa batas. Selain itu, semangat *ta'āwun* (kolaborasi) pada QS Al-Ma'idah/5:2 selaras dengan pendekatan kolaboratif dalam pengelolaan sumber daya bersama.

Dengan demikian, nilai-nilai Al-Qur'an memberikan legitimasi moral dan sosial bagi transisi energi menuju NZE, sekaligus memperkuat pendekatan kolaboratif dan tanggung jawab kolektif dalam pengelolaan sumber daya energi.

8. Kesimpulan Teoretis Bab II.D

Bab ini menegaskan bahwa pemanasan global berakar pada mekanisme fisika radiasi dan efek rumah kaca, diperkuat oleh peningkatan emisi karbon akibat aktivitas manusia. Emisi dapat diukur secara kuantitatif melalui faktor emisi dan dinyatakan dalam CO_2 ekuivalen. Strategi NZE bertumpu pada dekarbonisasi, elektrifikasi, dan efisiensi energi, yang secara normatif diperkuat oleh nilai-nilai Al-Qur'an tentang keseimbangan, tanggung jawab,

---

[139]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050*, *A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal.71.

[140]International Energy Agency (IEA) , *Energy Efficiency 2022*..., hal.15.

dan kolaborasi. Bab ini menjadi fondasi ilmiah dan etik bagi analisis empiris dan tata kelola energi pada Bab III.

Dengan demikian, uraian dalam Bab II.D telah membangun landasan teoritis yang komprehensif mengenai mekanisme fisika emisi gas rumah kaca, konsep Net Zero Emissions (NZE), serta nilai-nilai etis dan normatif Al-Qur'an dalam menjaga keseimbangan dan keberlanjutan lingkungan.

Kerangka teoritis ini menjadi pijakan konseptual untuk memahami tantangan dan dinamika pengelolaan sumber daya energi di tingkat empiris. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya dalam Bab III diarahkan pada analisis pengelolaan sumber daya energi di Indonesia, termasuk kebijakan, kelembagaan, dan praktik transisi energi menuju NZE 2060, guna menilai sejauh mana prinsip-prinsip teoritis tersebut terimplementasi dalam konteks nyata.

E. Sintesis Teoretis dan Arah Pendekatan Normatif Penelitian

Berdasarkan keseluruhan kajian pada Bab II—mulai dari konsep sinkronisasi, teori-teori tata kelola, pengelolaan sumber daya alam (energi), hingga tantangan Net Zero Emissions dapat disimpulkan bahwa persoalan energi merupakan persoalan sistemik yang menuntut keterpaduan antara aktor, kebijakan, teknologi, dan nilai. Teori-teori sinkronisasi dan tata kelola menekankan pentingnya koordinasi dan kolaborasi, sementara kajian NZE menunjukkan batas-batas ekologis yang harus dihormati dalam proses pembangunan.[141]

Sintesis teoretis ini menunjukkan bahwa pendekatan teknis dan kebijakan saja tidak memadai untuk menjamin keberlanjutan pengelolaan energi. Diperlukan kerangka normatif yang mampu memberikan orientasi nilai agar implementasi teori dan kebijakan tidak terjebak pada pendekatan teknokratis semata, melainkan selaras dengan prinsip keadilan, tanggung jawab, dan keberlanjutan jangka panjang.[142]

Dalam konteks penelitian ini, Al-Qur'an diposisikan sebagai sumber nilai dan prinsip normatif yang relevan dengan pengelolaan sumber daya alam (energi). Penempatan ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan teori ilmiah yang telah dibahas, melainkan untuk melengkapinya dengan horizon nilai yang mengarahkan sinkronisasi pengelolaan energi. Analisis Qur'ani dilakukan secara khusus menggunakan metode tafsir ilmi tematik bersifat

[141]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 29–33; Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 15–20.

[142] Herman E. Daly, *Steady-State Economics*..., hal. 3–7.

muqayyad, sebagaimana telah dijelaskan dalam Bab I, sehingga pembahasan tafsir tetap terfokus dan kontekstual terhadap variabel penelitian[143].
Oleh karena itu, subbab ini berfungsi sebagai poros konseptual yang menghubungkan kajian teori pada Bab II, analisis empiris pengelolaan energi pada Bab III, analisis prinsip prinsip normatif Qur'ani yang akan dibahas di bab IV, serta teori model sinkronisasi yang akan dibahas pada Bab II F, sedangkan di bab V merupakan pembahasan perumusan model secara implentatif., dibangun atas dasar Temuan teoritis dari bab II, temuan empiris yang akan dibahas di bab III serta prinsip prinsip nurmatif Al-Qur'an di bab IV. Dengan posisi tersebut, Bab II.E memastikan bahwa keseluruhan alur penelitian bergerak secara sistematis dari teori, ke realitas, hingga ke perumusan model berbasis nilai Qur'ani dalam pengelolaan energi menuju Net Zero Emissions 2060.

F. Teori Model dan Kerangka Konseptual Sinkronisasi PLN–PLTS Menuju Net Zero Emissions 2060

Setelah membahas teori sinkronisasi, pengelolaan sumber daya alam, PLN dan PLTS, rumah kaca dan Net Zero Emissions (NZE), serta sintesis teoretis penelitian, langkah selanjutnya adalah mengkaji teori model sebagai landasan konseptual penelitian. Kajian ini diperlukan karena tujuan penelitian tidak hanya menjelaskan fenomena sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS, tetapi juga merumuskan model sinkronisasi yang berbasis teori ilmiah dan nilai-nilai Al-Qur'an. Dalam penelitian ilmiah, model digunakan sebagai representasi konseptual yang menggambarkan hubungan antar konsep dan komponen dalam suatu sistem sehingga dapat membantu memahami fenomena yang kompleks secara lebih sistematis[144]. Namun demikian, pembahasan pada bab ini masih berada pada tataran teoritis dan konseptual, sehingga menghasilkan kerangka konseptual awal (*conceptual framework*) yang akan dianalisis lebih lanjut melalui kajian tafsir dan evaluasi empiris pada bab-bab berikutnya.[145]

1. Pengertian dan Fungsi Model dalam Penelitian

Model merupakan salah satu instrumen penting dalam penelitian ilmiah yang digunakan untuk menjelaskan, menyederhanakan, dan memahami realitas yang kompleks. Dalam berbagai disiplin ilmu, model

---

[143]ʻAbd al-Ḥayy al-Farmāwī, *al-Bidāyah fī al-Tafsīr al-Mawḍūʻī*, Kairo: Dār al-Qalam, 1977, hal. 42–45; Mannāʻ al-Qaṭṭān, *Mabāḥith fī ʻUlūm al-Qur'ān*, Riyadh: Maktabat al-Maʻārif, 1996, hal. 334–337.

[144]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed..., hal.67

[145]Yosef Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure," *International Journal of Qualitative Methodsvol.* Vol. 8, no. 4 , 2009, hal. 49–62

berfungsi sebagai representasi konseptual yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam suatu sistem sehingga fenomena yang diteliti dapat dipahami secara lebih sistematis. Melalui model, peneliti dapat mengidentifikasi unsur-unsur utama yang memengaruhi suatu fenomena serta menjelaskan hubungan antar unsur tersebut dalam suatu kerangka yang terstruktur.[146]

Menurut Creswell, model merupakan representasi visual atau konseptual yang menunjukkan hubungan antara konsep, variabel, atau komponen yang digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena penelitian. Model membantu peneliti dalam mengorganisasi gagasan, menjelaskan hubungan antar unsur, serta membangun kerangka berpikir yang logis dalam penelitian.[147] Dengan demikian, model tidak hanya berfungsi sebagai alat deskriptif, tetapi juga sebagai sarana untuk menjelaskan dan menganalisis suatu fenomena secara ilmiah.

Meredith menjelaskan bahwa model adalah representasi yang disederhanakan dari suatu sistem nyata yang digunakan untuk memahami, menjelaskan, memprediksi, atau merancang suatu fenomena tertentu.[148]Dalam pengertian ini, model berfungsi sebagai alat untuk menghubungkan teori dengan realitas sehingga memungkinkan peneliti memahami berbagai faktor yang memengaruhi suatu sistem dan merumuskan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi.

Sementara itu, Whetten menyatakan bahwa suatu model teoritis yang baik harus mampu menjelaskan unsur-unsur utama yang membentuk suatu fenomena (*what*), hubungan antar unsur tersebut (*how*), alasan terjadinya hubungan tersebut (*why*), pihak-pihak yang terlibat (*who*), serta konteks yang memengaruhi hubungan tersebut (*when*).[149] Oleh karena itu, model tidak hanya menggambarkan struktur suatu sistem, tetapi juga menjelaskan mekanisme kerja dan tujuan yang hendak dicapai oleh sistem tersebut.

Dalam konteks penelitian pengelolaan energi, model memiliki fungsi yang sangat penting karena sistem energi merupakan sistem yang kompleks dan melibatkan banyak komponen yang saling berinteraksi. Komponen tersebut mencakup pemerintah sebagai regulator, PLN sebagai penyelenggara sistem ketenagalistrikan nasional, pengembang PLTS sebagai penyedia energi terbarukan, investor sebagai penyedia pembiayaan,

---

[146]Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications* ,New York: George Braziller, 1968, hal.32–39.

[147]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches...*, hal.67.

[148]Jack R. Meredith, Samuel J. Mantel Jr., and Scott M. Shafer, *Project Management: A Managerial Approach*, 9th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2017, hal. 23.

[149]David A. Whetten, "What Constitutes a Theoretical Contribution?" *Academy of Management Review* vol. 14, no. 4,1989, hal. 490–495

masyarakat sebagai pengguna energi, serta teknologi dan lingkungan sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari sistem energi nasional. Hubungan yang kompleks antar komponen tersebut memerlukan suatu model yang mampu menjelaskan keterkaitan dan proses sinkronisasi di antara seluruh unsur yang terlibat.

Secara umum, model dalam penelitian memiliki beberapa fungsi utama. Pertama, model berfungsi sebagai alat untuk menyederhanakan realitas sehingga fenomena yang kompleks dapat dipahami secara lebih mudah. Kedua, model berfungsi sebagai alat analisis untuk menjelaskan hubungan antar komponen yang diteliti. Ketiga, model berfungsi sebagai alat prediksi untuk memperkirakan dampak atau hasil yang mungkin terjadi akibat interaksi antar komponen dalam suatu sistem. Keempat, model berfungsi sebagai dasar dalam perumusan kebijakan dan pengambilan keputusan, khususnya dalam sistem yang melibatkan banyak aktor dan kepentingan.[150]

Dalam penelitian ini, model dipahami sebagai representasi konseptual yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Model tersebut digunakan untuk menjelaskan bagaimana kebijakan, kelembagaan, pembiayaan, sumber daya manusia, teknologi, distribusi energi, dan aspek lingkungan dapat diselaraskan melalui suatu proses sinkronisasi yang terintegrasi sehingga mampu mendukung pencapaian target NZE 2060.Namun demikian, model yang dibahas pada tahap kajian teoritis ini masih berada pada tataran konseptual dan belum merupakan model implementatif penelitian. Menurut Jabareen, model konseptual dibangun melalui proses identifikasi konsep, pengelompokan, integrasi, dan sintesis berbagai teori yang relevan sebelum menghasilkan suatu kerangka konseptual yang utuh.[151] Oleh karena itu, model yang dihasilkan pada Bab II berfungsi sebagai *conceptual framework* yang menjadi dasar bagi analisis normatif Al-Qur'an dan evaluasi empiris pada bab-bab berikutnya.

Dengan demikian, model yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya berorientasi pada efisiensi teknis dan ekonomi, tetapi juga memperhatikan aspek tata kelola, keadilan, keberlanjutan lingkungan, dan nilai-nilai Al-Qur'an sebagai bagian integral dari sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions 2060. Bab II menghasilkan kerangka konseptual (conceptual framework), bukan model final. Kalimat ini akan menjadi landasan yang kuat ketika nanti pada Bab V muncul model implementatif hasil sintesis teori, ayat, tafsir, dan evaluasi

---

[150]Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*..., hal.55–67.

[151]Yosef Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure"…, hal. 49–62.

empiris. Dengan demikian sebagai alasan tidak dapat mempersoalkan mengapa model final baru lahir pada Bab V.

2. Perbandingan Teori-Teori Model

Model merupakan instrumen penting dalam penelitian karena berfungsi untuk menjelaskan hubungan antar komponen dalam suatu sistem secara lebih sederhana dan sistematis. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, para ahli telah mengembangkan berbagai teori model yang digunakan untuk memahami fenomena yang kompleks sesuai dengan karakteristik bidang kajiannya masing-masing. Perbedaan tersebut terlihat pada fokus analisis, tujuan penggunaan, pendekatan metodologis, serta tingkat relevansinya terhadap objek penelitian yang diteliti. Oleh karena itu, sebelum menentukan model yang digunakan dalam penelitian ini, perlu dilakukan telaah terhadap beberapa teori model yang berkembang dalam literatur ilmiah.

Dalam konteks penelitian sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060, model yang digunakan harus mampu menjelaskan hubungan antara berbagai aktor, kebijakan, teknologi, sumber daya, dan tujuan yang saling berinteraksi dalam suatu sistem energi nasional yang kompleks. Karena itu, diperlukan perbandingan beberapa teori model untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai sebagai landasan konseptual penelitian.

Tabel 2.f.1 Perbandingan Teori-Teori Model

No	Teori Model	Tokoh Utama	Fokus Utama	Kelebihan	Kesesuaian dengan Penelitian
1	General Systems Theory	Ludwig von Bertalanffy	Hubungan antar subsistem dalam suatu sistem	Holistik dan integratif	Sangat Tinggi
2	Conceptual Model Theory	Yosef Jabareen	Sintesis konsep dan teori	Cocok untuk penelitian kualitatif	Sangat Tinggi
3	Logic Model	W.K. Kellogg Foundation	Input–Process–Output–Outcome–Impact	Menjelaskan proses implementasi	Tinggi
4	Integrative Model	David A. Whetten	What–How–Why–Who–	Komprehensif	Tinggi

			When		
5	Soft Systems Methodology	Peter Checkland	Penyelesaian masalah kompleks multipihak	Fleksibel dan partisipatif	Sedang
6	Dynamic System Model	Jay W. Forrester	Dinamika dan umpan balik sistem	Mampu menjelaskan perubahan jangka panjang	Sedang
7	Socio-Technical Systems Model	Emery dan Trist	Integrasi sistem sosial dan teknologi	Cocok untuk transformasi energi	Tinggi

Berdasarkan Tabel 2.f.1 terlihat bahwa masing-masing teori model memiliki fokus dan karakteristik yang berbeda. General Systems Theory yang dikembangkan oleh Bertalanffy memandang suatu fenomena sebagai suatu sistem yang terdiri atas berbagai subsistem yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain. Teori ini menekankan pentingnya memahami keseluruhan sistem secara utuh (*wholeness*) daripada melihat setiap bagian secara terpisah.[152] Pendekatan ini sangat relevan dengan penelitian karena pengelolaan PLN dan PLTS melibatkan berbagai komponen yang saling berkaitan dalam sistem energi nasional.

Berbeda dengan itu, Conceptual Model Theory yang dikembangkan oleh Jabareen menekankan proses pembentukan model melalui sintesis berbagai konsep dan teori. Menurut Jabareen, model konseptual dibangun melalui identifikasi konsep-konsep utama, pengelompokan konsep, integrasi konsep, dan penyusunan kerangka konseptual yang mampu menjelaskan suatu fenomena secara utuh.[153] Pendekatan ini sangat sesuai dengan penelitian ini karena menggunakan metode Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad yang memadukan teori-teori ilmiah dengan nilai-nilai Al-Qur'an.

Sementara itu, Logic Model yang dikembangkan oleh W.K. Kellogg Foundation lebih berorientasi pada hubungan logis antara sumber daya, aktivitas, keluaran, hasil, dan dampak suatu program. Model ini banyak digunakan dalam perencanaan, evaluasi program, dan pengukuran

[152]Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications* …, hal. 37–45.

[153]Yosef Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure"..., hal. 49–62.

keberhasilan implementasi kebijakan.[154] Dalam konteks penelitian ini, Logic Model relevan untuk menjelaskan bagaimana proses sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS dapat menghasilkan dampak berupa percepatan pencapaian NZE 2060.

Adapun Integrative Model yang dikemukakan oleh Whetten menekankan bahwa suatu teori atau model yang baik harus mampu menjelaskan lima aspek utama, yaitu *what*, *how*, *why*, *who*, dan *when*[155]. Model ini memberikan kerangka berpikir yang komprehensif dalam menjelaskan hubungan antar variabel dan alasan terjadinya hubungan tersebut.

Selanjutnya, Soft Systems Methodology (SSM) yang dikembangkan oleh Checkland banyak digunakan untuk menyelesaikan persoalan sosial yang kompleks dan melibatkan banyak pihak dengan perspektif yang berbeda. Pendekatan ini menekankan proses pembelajaran dan pemahaman terhadap situasi masalah dibandingkan pencarian solusi teknis semata.[156] Meskipun relevan dalam menjelaskan interaksi para pemangku kepentingan, teori ini kurang mampu menjelaskan integrasi teknis sistem ketenagalistrikan yang menjadi fokus penelitian.

Dynamic System Model yang diperkenalkan oleh Forrester berfokus pada hubungan sebab-akibat, umpan balik (*feedback loop*), dan dinamika perubahan sistem dalam jangka panjang[157]. Model ini sangat bermanfaat dalam simulasi dan proyeksi kebijakan, tetapi lebih banyak digunakan dalam pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan sistem.

Sementara itu, Socio-Technical Systems Model yang dikembangkan oleh Emery dan Trist menjelaskan bahwa keberhasilan suatu sistem sangat ditentukan oleh keselarasan antara aspek sosial dan aspek teknis.[158] Pendekatan ini memiliki relevansi yang tinggi terhadap penelitian energi karena transisi energi tidak hanya memerlukan inovasi teknologi, tetapi juga dukungan kelembagaan, regulasi, dan partisipasi masyarakat.

Analisis Perbandingan Teori Model Berdasarkan uraian di atas, terlihat bahwa tidak ada satu teori model yang secara tunggal mampu menjelaskan seluruh kompleksitas sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060. General Systems Theory unggul dalam menjelaskan struktur dan

---

[154]W.K. Kellogg Foundation, *Logic Model Development Guide*, Battle Creek, MI: W.K. Kellogg Foundation, 2004, hal.1–12.

[155]David A. Whetten, "What Constitutes a Theoretical Contribution"..., hal. 490–495.

[156]Peter Checkland, *Systems Thinking, Systems Practice*, Chichester: John Wiley & Sons, 1981, hal. 162–183.

[157]Jay W. Forrester, *Industrial Dynamics* ,Cambridge, MA: MIT Press, 1961, hal. 13–28.

[158]Eric L. Trist and Fred E. Emery, *Towards a Social Ecology*, New York: Plenum Press, 1973, hal 95–117

hubungan antar subsistem, tetapi tidak menjelaskan secara rinci proses pembentukan model. Sebaliknya, Conceptual Model Theory sangat kuat dalam menjelaskan proses sintesis teori dan konsep, tetapi tidak secara khusus menjelaskan mekanisme implementasi model. Sementara itu, Logic Model sangat baik dalam menjelaskan hubungan antara proses dan hasil, tetapi kurang menjelaskan struktur sistem yang melatarbelakangi proses tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini memandang bahwa pendekatan yang paling tepat bukan memilih satu teori model secara eksklusif, melainkan mengintegrasikan beberapa teori model yang saling melengkapi. Pendekatan tersebut memungkinkan penelitian menjelaskan struktur sistem energi nasional, proses pembentukan model, serta mekanisme implementasi model menuju tujuan yang diharapkan.

Atas dasar pertimbangan tersebut, penelitian ini selanjutnya memilih General Systems Theory, Conceptual Model Theory, dan Logic Model sebagai landasan utama dalam penyusunan model penelitian. Ketiga teori tersebut dipandang paling sesuai dengan karakteristik objek penelitian, metode penelitian, serta tujuan penelitian yang hendak dicapai. Dasar pemilihan ketiga teori tersebut akan dibahas lebih lanjut pada subbab berikutnya.

3. Dasar Pemilihan Model Penelitian

Setelah dilakukan perbandingan terhadap berbagai teori model sebagaimana telah diuraikan pada subbab sebelumnya, langkah berikutnya adalah menentukan teori model yang paling sesuai digunakan sebagai landasan penyusunan model penelitian. Pemilihan teori model dalam penelitian ini tidak dilakukan secara arbitrer, melainkan didasarkan pada kesesuaian dengan objek penelitian, metode penelitian, tujuan penelitian, serta karakteristik hasil yang ingin dicapai. Pertimbangan tersebut penting agar model yang dibangun memiliki landasan teoritis yang kuat dan mampu menjelaskan fenomena sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 secara komprehensif.

a. Kesesuaian dengan Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060. Objek tersebut tidak hanya melibatkan aspek teknis ketenagalistrikan, tetapi juga mencakup kebijakan, kelembagaan, pembiayaan, sumber daya manusia, teknologi, lingkungan, dan berbagai pemangku kepentingan yang saling berinteraksi. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini membahas suatu sistem yang kompleks dan multidimensional.

Dalam perspektif General Systems Theory, suatu fenomena harus dipahami sebagai sistem yang terdiri atas berbagai subsistem yang saling

berhubungan dan saling memengaruhi.[159] Oleh karena itu, teori ini dipandang sesuai untuk menjelaskan keterkaitan antara PLN, PLTS, pemerintah, investor, masyarakat, teknologi, dan lingkungan sebagai bagian dari sistem energi nasional yang terintegrasi. Pendekatan sistem juga sejalan dengan konsep sinkronisasi yang menjadi fokus utama penelitian, yaitu upaya menyelaraskan berbagai komponen yang berbeda agar bekerja menuju tujuan bersama.

b. Kesesuaian dengan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Tafsir Ilmi Maudhu'i Muqayyad, yaitu pendekatan yang mengintegrasikan kajian ayat-ayat Al-Qur'an dengan teori-teori ilmiah yang relevan untuk menjawab suatu persoalan tertentu. Karakteristik metode tersebut menuntut adanya proses sintesis berbagai konsep, teori, data, dan nilai-nilai Al-Qur'an ke dalam suatu kerangka pemikiran yang utuh.

Kondisi tersebut sangat sesuai dengan Conceptual Model Theory yang dikembangkan oleh Yosef Jabareen. Menurut Jabareen, model konseptual dibangun melalui proses identifikasi konsep, kategorisasi konsep, integrasi konsep, dan sintesis teori sehingga menghasilkan suatu kerangka konseptual yang mampu menjelaskan fenomena yang diteliti.[160]2 Dengan demikian, teori ini relevan digunakan sebagai landasan metodologis dalam membangun model penelitian yang mengintegrasikan teori sinkronisasi, teori pengelolaan sumber daya alam, teori energi, dan nilai-nilai Al-Qur'an.

c. Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah merumuskan model sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 yang berbasis teori ilmiah dan nilai-nilai Al-Qur'an. Tujuan tersebut tidak hanya memerlukan model yang mampu menjelaskan hubungan antar komponen, tetapi juga harus mampu menggambarkan proses implementasi dan arah perubahan yang diharapkan.

Dalam hal ini, Logic Model yang dikembangkan oleh W.K. Kellogg Foundation memberikan kerangka yang relevan karena menjelaskan hubungan antara *input*, *activities*, *outputs*, *outcomes*, dan *impact*.[161] Pendekatan tersebut memungkinkan penelitian menjelaskan bagaimana berbagai sumber daya dan aktivitas sinkronisasi dapat menghasilkan keluaran, hasil, dan dampak berupa percepatan pencapaian NZE 2060.

---

[159] Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*…, hal.55–67.

[160]Yosef Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure…, hal.49–62.

[161]W.K. Kellogg Foundation, *Logic Model Development Guide* ..., hal. 1–12.

Secara konseptual, hubungan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

Komponen Logic Model	Konteks Penelitian
Input	PLN, PLTS, Pemerintah, Investor, Masyarakat
Activities	Sinkronisasi Pengelolaan
Output	Integrasi Sistem PLN–PLTS
Outcome	Peningkatan Pemanfaatan Energi Surya dan Efisiensi Sistem
Impact	Net Zero Emissions 2060

Kerangka tersebut menunjukkan bahwa Logic Model mampu menjelaskan arah implementasi model penelitian tanpa harus mendahului hasil penelitian yang akan diperoleh pada bab-bab berikutnya.

d. Kesesuaian dengan Karakteristik Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghasilkan suatu model konseptual yang nantinya akan dikembangkan melalui analisis normatif Al-Qur'an dan evaluasi empiris. Oleh karena itu, model yang digunakan harus memiliki fleksibilitas untuk menerima masukan dari berbagai sumber pengetahuan, baik teori ilmiah maupun nilai-nilai Qur'ani.

General Systems Theory memberikan landasan untuk memahami hubungan antar komponen sistem. Conceptual Model Theory memberikan kerangka dalam membangun model melalui sintesis berbagai konsep. Sementara Logic Model memberikan arah implementasi dan hubungan antara proses dengan hasil yang ingin dicapai. Ketiga teori tersebut saling melengkapi sehingga mampu menjelaskan struktur, proses, dan tujuan model penelitian secara lebih komprehensif.

Analisis Dasar Pemilihan Model

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa tidak ada satu teori model yang secara tunggal mampu menjelaskan seluruh kebutuhan penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan integratif dengan menggabungkan tiga teori model yang saling melengkapi.

Tabel 2.f.2. Dasar Pemilihan Teori Model Penelitian

Teori Model	Fungsi dalam Penelitian
General Systems Theory	Menjelaskan struktur dan hubungan antar komponen dalam sistem PLN–PLTS
Conceptual Model Theory	Menjelaskan proses pembentukan model melalui sintesis teori dan nilai-nilai Al-Qur'an
Logic Model	Menjelaskan kerangka implementasi dan arah pencapaian tujuan penelitian

Dengan demikian, penelitian ini tidak menggunakan satu teori model secara tunggal, melainkan mengintegrasikan General Systems Theory, Conceptual Model Theory, dan Logic Model sebagai landasan konseptual penyusunan model penelitian. Ketiga teori tersebut dipilih karena memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap objek penelitian, metode penelitian, tujuan penelitian, dan karakteristik hasil yang ingin dicapai. Pemilihan ketiga teori tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam menyusun sintesis teori model penelitian yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

4. Sintesis Teori Model Penelitian

Sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, penelitian ini tidak menggunakan satu teori tunggal dalam menjelaskan sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Kompleksitas sistem energi nasional yang melibatkan berbagai aktor, sumber daya, teknologi, kebijakan, dan tujuan keberlanjutan memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif melalui sintesis berbagai teori yang saling melengkapi. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan delapan teori yang memiliki relevansi terhadap pengelolaan energi, tata kelola, keberlanjutan lingkungan, serta proses sinkronisasi antarsistem.

Sintesis teori dilakukan untuk membangun kerangka konseptual yang mampu menjelaskan hubungan antara berbagai komponen yang terlibat dalam pengelolaan PLN dan PLTS. Melalui sintesis tersebut, setiap teori tidak dipandang sebagai konsep yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari suatu kesatuan yang saling melengkapi dalam menjelaskan fenomena penelitian. Pendekatan ini sejalan dengan Conceptual Model Theory yang menekankan pentingnya integrasi berbagai konsep dan teori untuk menghasilkan suatu kerangka pemikiran yang utuh.[162]

Tabel 2.f.3 Sintesis Delapan Teori Penelitian

No	Teori	Fokus Utama	Kontribusi terhadap Penelitian
1	Teori Sinkronisasi	Penyelarasan sistem dan komponen	Menjelaskan pentingnya keselarasan antara PLN, PLTS, pemerintah, investor, dan masyarakat
2	*Co-Creation Theory*	Kolaborasi multipihak	Menjelaskan penciptaan nilai bersama melalui keterlibatan seluruh pemangku kepentingan
3	Governing the	Pengelolaan	Menjelaskan pengelolaan

[162]Yosef Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure…, hal.49–62.

	Commons	sumber daya bersama	energi dan lingkungan sebagai kepentingan bersama
4	Polycentric Governance	Tata kelola multipusat	Menjelaskan koordinasi antar lembaga dan pusat pengambilan keputusan
5	Dynamic Capabilities	Adaptasi dan inovasi	Menjelaskan kemampuan organisasi menghadapi perubahan teknologi dan kebijakan
6	Ecological Modernization	Integrasi ekonomi dan lingkungan	Menjelaskan pembangunan berkelanjutan melalui inovasi teknologi bersih
7	*Smart Grid & Energy Transition*	Transformasi sistem energi	Menjelaskan integrasi energi terbarukan ke dalam sistem ketenagalistrikan
8	Steady-State Economy/ Common Good	Keberlanjutan dan keadilan	Menjelaskan keseimbangan antara ekonomi, sosial, dan lingkungan

Berdasarkan Tabel diatas terlihat bahwa masing-masing teori memberikan kontribusi yang berbeda namun saling melengkapi. Teori Sinkronisasi menjadi landasan utama yang menjelaskan pentingnya penyelarasan berbagai komponen dalam suatu sistem agar mampu bergerak menuju tujuan bersama. Dalam konteks penelitian ini, sinkronisasi tidak hanya dimaknai sebagai keselarasan teknis, tetapi juga mencakup sinkronisasi kebijakan, tata kelola, pembiayaan, teknologi, dan partisipasi para pemangku kepentingan.[163]

Co-Creation Theory memberikan landasan mengenai pentingnya kolaborasi antara pemerintah, PLN, pengembang PLTS, investor, akademisi, industri, dan masyarakat dalam menciptakan nilai bersama (*co-created value*). Teori ini menjelaskan bahwa percepatan transisi energi tidak dapat dilakukan oleh satu pihak secara mandiri, melainkan memerlukan keterlibatan seluruh pemangku kepentingan secara aktif.[164]

Governing the Commons Theory dan *Polycentric Governance* Theory memberikan perspektif mengenai tata kelola sumber daya bersama. Kedua teori tersebut menjelaskan bahwa pengelolaan energi dan lingkungan

[163]Arkady Pikovsky, Michael Rosenblum, and Jürgen Kurths, *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*..., hal. 1–12.

[164]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*…, hal.1–20.

memerlukan koordinasi berbagai lembaga dan pusat pengambilan keputusan agar dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan[165]. Selanjutnya, Dynamic Capabilities Theory menjelaskan pentingnya kemampuan adaptasi organisasi terhadap perubahan lingkungan strategis. Dalam konteks penelitian ini, teori tersebut relevan untuk menjelaskan kebutuhan transformasi PLN, industri energi, dan berbagai aktor lainnya dalam menghadapi perkembangan xsd

Sementara itu, Ecological Modernization Theory memberikan dasar bahwa pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan tidak harus diposisikan sebagai dua tujuan yang saling bertentangan. Melalui inovasi teknologi, efisiensi energi, dan modernisasi sistem produksi, keduanya dapat dicapai secara bersamaan.[166] Pada aspek teknis, *Smart Grid* and Energy Transition Theory memberikan landasan mengenai transformasi sistem ketenagalistrikan dari sistem konvensional menuju sistem yang lebih fleksibel, digital, cerdas, dan mampu mengintegrasikan energi terbarukan dalam skala besar. Teori ini sangat relevan dengan kebutuhan sinkronisasi antara PLN dan PLTS dalam mendukung pencapaian NZE 2060.[167]

Adapun Steady-State Economy Theory dan Common Good Theory memberikan perspektif keberlanjutan dan keadilan. Kedua teori tersebut menekankan pentingnya menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan daya dukung lingkungan sehingga pembangunan energi tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan ekonomi semata, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan generasi mendatang.[168]

Analisis Sintesis Teori

Berdasarkan sintesis tersebut dapat dipahami bahwa masing-masing teori memiliki fokus yang berbeda namun saling melengkapi dalam menjelaskan sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS. Teori Sinkronisasi memberikan dasar penyelarasan sistem; Co-Creation menjelaskan kolaborasi para pemangku kepentingan; *Governing the Commons* dan *Polycentric Governance* menjelaskan tata kelola multipihak; Dynamic Capabilities menjelaskan kemampuan adaptasi; Ecological Modernization menjelaskan integrasi pembangunan dan lingkungan; *Smart Grid* dan Energy Transition menjelaskan transformasi teknologi energi; sedangkan Steady-State Economy dan Common Good memberikan landasan

---

[165]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* ..., hal.88–102.

[166]Arthur P.J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The International Handbook of Environmental Sociology*, ed. Michael Redclift dan Graham Woodgate (Cheltenham: Edward Elgar, 2010),hal. 628–643.

[167]International Energy Agency (IEA), *Energy Technology Perspectives 2023*…, hal. 145–162.

[168] Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*...., hal.65–92.

keberlanjutan dan keadilan. Dengan demikian, sintesis delapan teori tersebut membentuk suatu kerangka konseptual yang mampu menjelaskan fenomena sinkronisasi pengelolaan energi secara lebih komprehensif dibandingkan apabila hanya menggunakan satu teori secara tunggal. Namun demikian, sintesis ini masih berada pada tataran teoritis dan belum menghasilkan modelrfinal penelitian. Dengan pembahasan diatas perlu dipilih penekahan pemilihan teori utama dan teori yang pendukung , menurut penulis dengan judul Sinkronisasi antar PLN dan PLTS , antara suatu badan Usaha Persero Terbatas PLN dengan Konsumen yang menggunakan sumber daya alam PLTS diperlukan tata Kelola kolabotif Modern antara Penyedia Barang jasa (PLN) dengan penguuna barang jasa (konsumen/pelanggan), maka teori utama implementatif yang cocok adalah mengunakan Co Cretaion Theory .Hasil sintesis tersebut baru berfungsi sebagai landasan konseptual yang akan digunakan dalam membangun kerangka penelitian pada subbab berikutnya.

Berdasarkan sintesis delapan teori tersebut, dengan teori utama co-creation theory penelitian ini selanjutnya menyusun suatu kerangka konseptual (*conceptual framework*) yang menjelaskan hubungan antara teori-teori ilmiah, nilai-nilai Al-Qur'an, serta tujuan sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions 2060. Kerangka konseptual tersebut menjadi landasan analisis penelitian yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

5. Kerangka Konseptual Penelitian

Berdasarkan sintesis teori-teori yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya, penelitian ini membangun suatu kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara teori-teori ilmiah, nilai-nilai Al-Qur'an, serta tujuan sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Kerangka konseptual tersebut disusun sebagai landasan berpikir penelitian dalam memahami keterkaitan antara aspek teknis, kelembagaan, ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam sistem energi nasional.

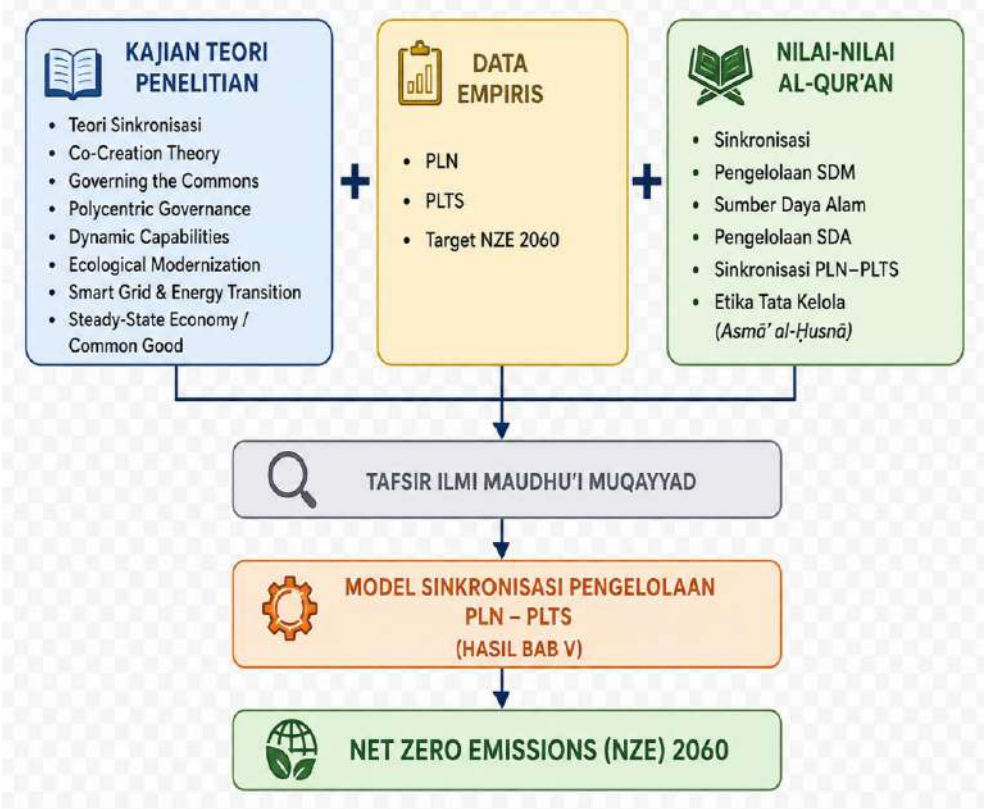
Sebagaimana dijelaskan oleh Creswell, kerangka konseptual berfungsi sebagai peta konseptual (*conceptual map*) yang menunjukkan hubungan antara teori, konsep, dan variabel yang digunakan dalam penelitian.[169] Dalam penelitian ini, kerangka konseptual dibangun melalui integrasi teori sinkronisasi, teori pengelolaan sumber daya alam, teori PLN dan PLTS, teori rumah kaca dan Net Zero Emissions, serta teori-teori pendukung lainnya yang telah dibahas pada Bab II.

Di samping teori-teori ilmiah, penelitian ini juga menempatkan nilai-nilai Al-Qur'an sebagai landasan normatif yang memberikan arah etik

[169]Yosef Jabareen, “Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure…, hal.49–62.

terhadap pengelolaan energi. Nilai-nilai tersebut tidak diposisikan sebagai pengganti teori ilmiah, melainkan sebagai sumber nilai yang memperkuat orientasi keadilan, keberlanjutan, keseimbangan, kerja sama, dan tanggung jawab dalam pengelolaan energi nasional. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan dua pendekatan sekaligus, yaitu pendekatan ilmiah sebagai dasar analisis dan pendekatan Qur'ani sebagai dasar normatif.

Secara konseptual, hubungan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.f. Kerangka Konseptual Penelitian Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS Menuju NZE 2060 Perspektif Al-Qur'an (Sumber: Disusun Penulis berdasarkan sintesis teori sinkronisasi, teori pengelolaan energi, dan nilai-nilai Al-Qur'an, 2026).

Kerangka konseptual tersebut menunjukkan bahwa teori-teori ilmiah memberikan dasar analitis dalam memahami fenomena sinkronisasi pengelolaan energi, sedangkan nilai-nilai Al-Qur'an memberikan dasar normatif yang mengarahkan tujuan dan prinsip pengelolaannya. Integrasi kedua pendekatan tersebut menjadi landasan penelitian dalam merumuskan model sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060.

Namun demikian, perlu ditegaskan bahwa kerangka konseptual yang disusun pada tahap ini masih berada pada tataran teoritis. Berdasarkan General Systems Theory, suatu model yang utuh harus mampu menjelaskan hubungan aktual antar komponen dalam suatu sistem berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang memadai. Demikian pula menurut Conceptual Model Theory, model konseptual yang dibangun dari sintesis teori masih memerlukan pengujian dan penyempurnaan melalui proses penelitian sebelum menjadi model yang utuh.[3]

Oleh karena itu, kerangka konseptual yang disajikan pada Bab II ini belum merupakan model final penelitian. Kerangka tersebut hanya berfungsi sebagai dasar konseptual yang akan digunakan dalam proses analisis berikutnya. Model Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 secara utuh baru akan dirumuskan setelah dilakukan analisis normatif terhadap ayat-ayat Al-Qur'an, sintesis tafsir para mufasir, serta evaluasi empiris terhadap kondisi pengelolaan PLN dan PLTS sebagaimana dibahas pada Bab IV dan Bab V.

Dengan demikian, posisi kerangka konseptual dalam penelitian ini adalah sebagai jembatan antara kajian teori dan hasil penelitian. Kerangka tersebut memberikan arah analisis sekaligus menjadi dasar dalam proses penyusunan model penelitian yang akan dikembangkan lebih lanjut pada tahap berikutnya.

Berdasarkan pembahasan teori model, perbandingan berbagai teori model, dasar pemilihan model penelitian, sintesis teori model, serta kerangka konseptual yang telah diuraikan, dapat dipahami bahwa sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 memerlukan pendekatan yang bersifat sistemik, kolaboratif, adaptif, dan berkelanjutan. Kerangka konseptual yang disusun pada bab ini menjadi landasan teoritis bagi analisis normatif terhadap ayat-ayat Al-Qur'an dan analisis empiris yang akan dilakukan pada bab-bab berikutnya, sehingga pada akhirnya dapat dirumuskan model sinkronisasi pengelolaan energi yang komprehensif dan sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB III
ANALISA PENGELOLAAN ANTARA PUSAT LISTRIK NEGARA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

A. PLN dan Kerangka Tata Kelola Energi Nasional

1. Peran Strategis PLN dalam Sistem Ketenagalistrikan Nasional

Menurut Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009, penyediaan tenaga listrik merupakan kewenangan negara yang dilakukan oleh pemerintah dan pemerintah daerah, serta dalam pelaksanaannya dapat dijalankan oleh BUMN, BUMD, badan usaha swasta, koperasi, dan swadaya masyarakat. Sedangkan Pasal 9 Undang-Undang tersebut menegaskan bahwa usaha penyediaan tenaga listrik terbagi menjadi dua kategori, yaitu penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum dan penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan sendiri[1].

Selanjutnya, Pasal 10 menjelaskan bahwa usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum mencakup pembangkitan, transmisi, distribusi, dan/atau penjualan tenaga listrik, yang dapat diselenggarakan secara terintegrasi oleh satu badan usaha dalam satu wilayah usaha, dengan penetapan wilayah usaha menjadi kewenangan Pemerintah.[2]

---

[1]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2009, Pasal 4 ayat (1)–(3) dan Pasal 9.

[2]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*..., Pasal 10 ayat (1).

Pasal 11 mengatur bahwa penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum dapat dilakukan oleh BUMN, BUMD, badan usaha swasta, koperasi, dan swadaya masyarakat, dengan memberikan prioritas pertama kepada BUMN. Pemerintah juga membuka kesempatan bagi BUMD, badan usaha swasta, atau koperasi untuk melayani wilayah yang belum terjangkau listrik, dan apabila tidak ada pihak yang mampu menyediakan listrik, pemerintah wajib menugaskan BUMN untuk melaksanakannya.[3]

Dalam kerangka regulasi tersebut, PT PLN (Persero) merupakan BUMN yang memegang mandat utama penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum. PLN berfungsi sebagai pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum (IUPTLU), *single buyer* listrik dari IPP, serta operator sistem dan jaringan yang mengelola transmisi dan distribusi listrik di sebagian besar wilayah Indonesia. Peran ini menempatkan PLN sebagai aktor sentral dalam menjaga keandalan pasokan listrik, keterjangkauan tarif, pemerataan akses listrik, dan pelaksanaan kebijakan transisi energi, sambil tetap membuka ruang bagi BUMD, swasta, dan koperasi dalam melayani wilayah yang belum terjangkau listrik.

Dalam kerangka transisi energi, PLN harus mampu menyesuaikan portofolio pembangkit dari dominasi fosil menuju energi terbarukan, meningkatkan fleksibilitas jaringan, dan mengadopsi teknologi modern seperti *smart grid* dan energy storage, tanpa mengorbankan keandalan dan keterjangkauan. Posisi PLN yang dominan menyebabkan setiap perubahan kebijakan energi terbarukan termasuk pengembangan PLTS selalu berkaitan erat dengan perencanaan sistem PLN, terutama melalui dokumen Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL).

2. Kerangka Regulasi dan Kebijakan Energi Nasional

Kerangka regulasi energi di Indonesia bertumpu pada beberapa instrumen utama. UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi dimana Seluruh sumber daya energi dikuasai oleh Negara dan dimanfaatkan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat dan diselenggarakan oleh Pemerintah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.[4]

Diantaranya dalam Pasal UU No. 30 Tahun 2007 menetapkan bahwa energi matahari/surya merupakan bagian dari energi terbarukan dan menegaskan pentingnya pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional[5]. UU No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan

---

[3]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenaga listrikan*..., Pasal 11 ayat (1–2).

[4]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesja Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2007 , Pasal 4 ayat ((1-3)

[5]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*..., Pasal 1 ayat 6 dan Pasal 3

mengatur penyelenggaraan ketenagalistrikan, menegaskan peran negara, dan membuka ruang bagi keterlibatan badan usaha milik negara, swasta, BUMD, dan koperasi dalam penyediaan tenaga listrik.[6]

Dengan demikian, kedua undang-undang tersebut membentuk landasan hukum yang komprehensif bagi pengelolaan energi nasional, baik dalam aspek pengembangan energi terbarukan maupun penyelenggaraan ketenagalistrikan.

Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 menetapkan target porsi EBT minimal 23% pada 2025 dan 31% pada 2050, serta menekankan pentingnya diversifikasi energi, efisiensi energi, dan peningkatan ketahanan energi.[7] Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang ditetapkan melalui Perpres No. 22 Tahun 2017 menerjemahkan KEN ke dalam peta jalan jangka panjang yang lebih operasional, termasuk penetapan target kapasitas pembangkit EBT dan strategi sektoral untuk mencapainya EBT 167.7 GW dan PLTS 45 GW pada tahun 2050, dengan potensi PLTS sebesar 207.9 GW.[8]

Di sektor kelistrikan, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) memuat rencana penyediaan tenaga listrik jangka panjang data Real th 2024 dan Proyeksi Pembangkit tahun 2025 sampai tahun 2060,[9] yang kemudian dijabarkan ke dalam RUPTL yang disusun oleh PLN dan disahkan oleh Kementerian ESDM. RUPTL 2025–2034 merupakan dokumen penting karena menggeser arah pembangunan pembangkit dari PLTU batu bara menuju pembangkit EBT, termasuk PLTS skala utilitas dan PLTS atap, meskipun realisasi di lapangan masih menghadapi berbagai hambatan.[10]

Selain kerangka makro tersebut, terdapat regulasi yang secara khusus mengatur pengembangan energi terbarukan dan PLTS. Perpres No. 112 Tahun 2022 mengatur percepatan pengembangan energi terbarukan untuk

---

[6]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan...*, Pasal 4 ayat 1-2

[7] Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2014, Pasal 9 ayat (f) angka 1.

[8]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2017, Lampiran 1, hal.63-64

[9]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional(RUKN 2025-2060)*, Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2025, hal.114 dan hal.133-134

[10]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2025 sampai dengan Tahun 2034 (RUPTL 2025-2034)*, Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2025,

penyediaan tenaga listrik dan mengatur harga patokan pembelian tenaga listrik dari pembangkit EBT, termasuk PLTS, oleh PLN[11]. Di sisi lain, Peraturan Menteri ESDM secara berulang direvisi untuk mengatur PLTS atap, dimulai dari Permen ESDM 49/2018, kemudian 13/2019, 26/2021, hingga Permen ESDM 2/2024 yang berlaku saat ini.[12] Regulasi ini mengubah mekanisme ekspor–impor energi, perhitungan kuota, dan ketentuan administratif, serta berdampak terhadap minat pelanggan dan investor PLTS atap. Kebijakan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) untuk modul surya yang diatur oleh Kementerian Perindustrian juga mempengaruhi struktur biaya proyek PLTS dan daya saing industri panel surya domestic, sedangkan peraturan TKDN PLTS diatur dalam peraturan Permen ESDM No. 11 Tahun 2024,Kepmen ESDM 191.K/EK.01/MEM.E/2024,Sertifikat TKDN Kemenperin.[13]

Dengan demikian, kerangka regulasi energi nasional bukan hanya mencakup UU dan kebijakan makro, tetapi juga peraturan teknis dan ekonomis yang secara langsung mempengaruhi kelayakan proyek PLTS, baik dari perspektif PLN maupun investor. Sinkronisasi antara KEN, RUEN, RUKN, RUPTL, dan regulasi teknis PLTS menjadi faktor penentu keberhasilan transisi energi berbasis surya di Indonesia.

---

[11]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2022, Pasal 5-10, beserta lampiran I no 5.6.7.

[12]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2018, Berita Negara Republik Indonesia Nomor 1525 Tahun 2018.pasal 6 ayat 3; Permen ESDM No 13/2019; Permen ESDM No26/2021 pasal 8 ayat 3-5,Permen ESDM No.2/2024 ,Pasal 5 ayat 1

[13]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 11 Tahun 2024 tentang Penggunaan Produk Dalam Negeri untuk Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*, khususnya Pasal 8 ayat (5) mengenai penetapan batas minimum TKDN oleh Menteri,Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 191.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Batas Minimum Nilai TKDN Gabungan Barang dan Jasa dalam Lingkup Proyek Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024, Lampiran, yang menetapkan nilai TKDN minimum PLTS sebesar 20%. Lampiran A no 7, dan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, *Sertifikat Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN)* untuk komponen pembangkit listrik tenaga surya (modul surya, inverter, struktur, dan komponen BOS), sebagai dasar verifikasi pemenuhan TKDN dalam kontrak PLTS.

3. Sejarah dan Transformasi Kelembagaan PLN

Perkembangan PLN menunjukkan perjalanan panjang dari sistem kolonial menuju utilitas nasional modern. Akar historisnya dimulai sejak pendirian ANIEM oleh pemerintah kolonial Belanda pada 1909,[14] sebelum kemudian dikuasai Jepang pada 1942 dan akhirnya diambil alih pemerintah Republik Indonesia setelah kemerdekaan. Pada 27 Oktober 1945, pemerintah membentuk Djawatan Listrik dan Gas sebagai institusi resmi pertama dengan kapasitas listrik nasional hanya sekitar 157,5 MW.[15]

Transformasi kelembagaan berlangsung dalam beberapa tahap penting. Pada 1961, jawatan diubah menjadi Perusahaan Negara Listrik dan Gas (PNL&G) melalui PP No. 18/1961,[16] kemudian dipisah pada 1965 sehingga listrik dikelola oleh PLN. Selanjutnya, pada 1972 PLN berubah menjadi Perum PLN,[17] mempertegas mandat pelayanan publik dan program Listrik Desa sebagai prioritas nasional. Perubahan besar berikutnya terjadi pada 1994 ketika PLN menjadi persero melalui PP No. 23/1994,[18] menandai orientasi baru pada efisiensi dan tata kelola bisnis. Kerangka hukum modern diperkuat melalui UU No. 30 Tahun 2009 yang menetapkan bahwa penyediaan tenaga listrik merupakan kewenangan negara yang dapat dikerjakan BUMN, BUMD, dan swasta.[19]

Pada 2010–2020 PLN memasuki era digitalisasi dan ekspansi kapasitas melalui program 10.000 MW dan 35.000 MW, namun bauran energi tetap didominasi PLTU batubara, bertentangan dengan tren dekarbonisasi global.[20]

Perubahan signifikan dimulai pada 2021 melalui RUPTL 2021–2030 yang disebut "RUPTL Hijau" karena porsi penambahan kapasitas EBT untuk pertama kalinya melampaui fosil.[21] Arah transisi energi ini semakin kuat

---

[14]PT Perusahaan Listrik Negara, "Sejarah PLN," diakses 10 Mei 2025, dalam *https:// web. pln. co.id/ tentang-pln/profil/sejarah*

[15]PT Perusahaan Listrik Negara, "Sejarah PLN," dalam, *https://web.pln. co.id / tentang-pln/profil/sejarah*

[16]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1961 tentang Pendirian Perusahaan Negara Listrik dan Gas*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1961..

[17]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 1972 tentang Perusahaan Umum Listrik Negara*., Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1972.

[18]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 1994 tentang Pengalihan Perum PLN menjadi Persero.*, Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1994.

[19]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*..., Pasal 4.

[20]International Energy Agency (IEA), *Southeast Asia Energy Outlook 2022*, Paris: International Energy Agency, 2022.

[21]Dewan Perwakilan Rakyat RI, *Info Singkat: RUPTL 2021–2030 dan Transisi Energi Nasional*, XVII no. 11/I/P3DI .Akses internet Juni 2025, hal.2.

dalam RUPTL 2025–2034 yang menetapkan porsi tambahan EBT 61–76% dan memasukkan ±10,3 GW storage sebagai elemen penting integrasi VRE.[22] RUPTL ini juga memberi ruang partisipasi swasta hingga ±70% proyek pembangkitan, menunjukkan pergeseran PLN dari *pembangun utama* menuju *pengelola ekosistem energi hijau*.[23]

Secara keseluruhan, evolusi PLN memperlihatkan transformasi dari utilitas fosil terpusat menuju utilitas modern rendah karbon yang mengelola PLTS, PLTB, storage, smart grid, interkoneksi, dan digitalisasi sistem. Transformasi ini menjadi fondasi pencapaian target *Net Zero Emission* 2060 dan konsisten dengan komitmen Paris Agreement serta peta jalan transisi energi nasional.[24]

4. PLN dalam Kerangka Tata Kelola Energi Nasional dan Target NZE

Bab ini membahas posisi strategis PT PLN (Persero) dalam kerangka tata kelola energi nasional Indonesia yang diarahkan menuju pencapaian Net Zero Emissions (NZE) tahun 2060. Apabila Bab II.D telah menjelaskan urgensi NZE dari perspektif ilmiah melalui teori rumah kaca, mekanisme emisi gas rumah kaca, dan jalur dekarbonisasi global, maka pembahasan pada Bab III.A.4 secara sengaja dipersempit ke level kelembagaan dan kebijakan nasional dengan menempatkan PLN sebagai aktor utama sistem ketenagalistrikan. Fokus utama bab ini adalah bagaimana target NZE diterjemahkan ke dalam arsitektur perencanaan energi nasional mulai dari Kebijakan Energi Nasional (KEN), Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN), hingga Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) serta implikasinya terhadap arah pengembangan pembangkit, khususnya energi terbarukan dan PLTS. Dengan demikian, Bab III.A.4 berfungsi sebagai jembatan konseptual antara landasan ilmiah NZE dan pembahasan kebijakan-instrumental pada Bab III.D.

a. Landasan Hukum Tertinggi: UU Energi, UU Ketenagalistrikan, dan Paris Agreement

Tiga undang-undang utama membentuk kerangka hukum sektor energi:

---

[22]Ashurst LLP, "Indonesia's New Power Development Plan: RUPTL 2025–2034," *Ashurst Insights*, April 2025,dalam *https://www.ashurst.com/en/insights/indonesias-new-power-development-plan/*

[23]Fokus Energi, "RUPTL PLN 2025–2034 Siap Buka Keran Investasi Swasta," Mei 2025, dalam *https://fokusenergi.com/electricity/ruptl-pln-2025-2034-siap-buka-keran-investasi-swasta/*

[24]Institute for Essential Services Reform (IESR), *Peta Jalan Transisi Energi Indonesia 2023*, Jakarta: IESR, 2023, hal. 12–19.

1) UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi
   UU ini menjadi dasar penyusunan kebijakan energi nasional, termasuk pengelolaan energi secara berkelanjutan, diversifikasi energi, prioritas pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT), serta kewajiban negara memastikan ketahanan energi.[25]
2) UU No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan
   UU ini mengatur sistem ketenagalistrikan nasional, kewenangan PLN sebagai *single buyer* dan operator sistem, standar keselamatan, mutu, dan keandalan listrik, serta tanggung jawab pemerintah menjamin ketersediaan tenaga listrik bagi masyarakat.[26]
3) UU No. 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement
   Melalui undang-undang ini, Indonesia secara hukum meratifikasi *Paris Agreement* dan terikat untuk:
   a) menahan kenaikan suhu global di bawah 2°C dan berupaya mencapai 1,5°C,
   b) menyusun dan memperbarui *Nationally Determined Contribution* (NDC) setiap 5 tahun,
   c) menyiapkan strategi jangka panjang penurunan emisi (LTS–LCCR / Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050),Pembangunan rendah Karbon, Ketahanan Perubahan Iklim ,Target waktu strategi jangka Panjang sampai tahun 2050, yang ditetapkan oleh Paris Agreement, sedangkan Indonesia secara Nasional menetapkan target NZE tahun 2060 atu lebih cepat.
   d) serta menurunkan emisi dari sektor energi dan ketenagalistrikan secara bertahap.[27]

Paris Agreement mewajibkan negara melakukan *deepdecarbonization* dengan fokus pada sektor energi sebagai sumber emisi terbesar. Implikasi langsung terhadap PLN dan perencanaan listrik adalah:

1) PLTU batubara harus dihentikan secara bertahap sebelum 2050,
2) Bauran energi listrik bergeser ke EBT,
3) PLTS menjadi salah satu teknologi prioritas dalam penambahan kapasitas baru,

---

[25]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesja Nomor 30 Tahun 2007*..., *Tentang Energi,*

[26]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesja Nomor 30 Tahun 2009*..., *tentang Ketenagalistrikan.*

[27]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia , *UU No. 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement*,Pasal 1.dan UNFCCC, *Paris Agreement* dan Keputusan 1/CP.21 tentang NDC dan *Long-Term Low Emission Development Strategies*, Bonn: UNFCCC, 2015, khususnya Pasal 4.

4) Intensitas emisi sektor listrik (kgCO2/Kwh)harus turun mendekati nol pada 2060.[28]

Dengan demikian, seluruh dokumen perencanaan energi KEN, RUEN, RUKN, dan RUPTL secara formal harus selaras dengan Paris Agreement.

b. Arsitektur Hirarki Perencanaan Energi Nasional dan Posisi PLN

Sistem ketenagalistrikan Indonesia disusun melalui hierarki dokumen perencanaan energi nasional yang saling berjenjang dan saling mengikat. Pada tingkat tertinggi, Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 berfungsi sebagai payung kebijakan jangka panjang yang menetapkan prinsip ketahanan energi, kemandirian energi, dan keberlanjutan lingkungan.[2] KEN kemudian diturunkan ke dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) melalui Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017, yang memuat target bauran energi nasional, termasuk target energi terbarukan sebesar 23% pada 2025 dan 31% pada 2050.

Selanjutnya, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) berfungsi sebagai dokumen sektoral yang menguraikan proyeksi kebutuhan listrik, arah pengembangan pembangkit, serta infrastruktur transmisi dan distribusi hingga 2060. RUKN kemudian diterjemahkan secara operasional oleh PT PLN (Persero) melalui Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) sebagai dokumen bisnis sekaligus kebijakan implementatif sepuluh tahunan.

Seluruh perencanaan energi dan ketenagalistrikan di Indonesia tersusun secara berlapis dan saling terkait lihat Table 3.1:

Tabel 3.1. Hirarki Dokumen Perencanaan Energi Nasional

Level	Tingkat	Dokumen	Penanggung Jawab	Periode	Fungsi Utama
1	Nasional	KEN (PP No. 79/2014)[29]	Pemerintah (DEN & Kementerian ESDM)	s.d. 2050	Kebijakan makro energi Menetapkan arah dan target bauran energi nasional.
2	Nasional	RUEN (Perpres	Kementerian ESDM &	2015–2050	Menjabarkan strategi

[28]IPCC AR6, Life-cycle GHG Emissions of Electricity dan NREL, Life Cycle Assessment of Energy Technologies.dan National Renewable Energy Laboratory (NREL), Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation Technologies (Golden, CO: NREL, 2021), hal. 7–15.

[29]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia,*Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional(KEN)...*, Pasal 4 ayat (1), (2) dan Pasal 5.

		22/2017)[30]	Bappenas		pelaksanaan KEN lintas sektor.
3	Sektoral	RUKN 2025–2060[31]	Ditjen Ketenagalistrikan, KESDM	2025–2060	Menetapkan proyeksi kebutuhan dan kapasitas listrik.
4	Operasional	RUPTL 2025–2034[32]	PLN (disetujui Menteri ESDM)	10 tahunan	Pedoman pelaksanaan pembangunan listrik PLN/IPP.(Implementasi PLN)

Hierarki ini menegaskan bahwa RUPTL bukan dokumen yang berdiri sendiri, tetapi merupakan dokumen teknis PLN yang wajib mengikuti jalur KEN → RUEN → RUKN.

Keselarasan empat tingkatan dokumen tersebut menjadi syarat utama konsistensi transisi energi dan pengembangan PLTS.

Tabel ini menegaskan bahwa PLN beroperasi dalam kerangka kebijakan berjenjang dan tidak berdiri sendiri secara korporasi.

c. Evolusi RUPTL dan Arah Kebijakan Transisi Energi

Secara historis, RUPTL mengalami pergeseran paradigma dari orientasi pemenuhan permintaan berbasis pembangkit fosil menuju penguatan energi terbarukan dan pengurangan emisi karbon. Pada periode awal, RUPTL didominasi oleh pembangunan PLTU batubara untuk mengejar rasio elektrifikasi. Namun, sejak komitmen Indonesia terhadap Paris Agreement dan penetapan target NZE 2060, orientasi RUPTL mulai bergeser ke arah dekarbonisasi sektor ketenagalistrikan. Sejak 2006, RUPTL mengalami beberapa fase penting lihat tabel 3.2

[30]Sekretarat Kabinet RI ,Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN),Jakarta: Sekretariat Kabinet,2017,.., Pasal 2 dan Pasal 3.

[31]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia**,** *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional(RUKN)*..., Bab III: Proyeksi Kebutuhan dan Bauran Energi Nasional, hal. 45–78, dan Bab V: Arah Pengembangan Pembangkit dan Emisi Karbon, hal. 121–154.

[32]Kementrian Sekretariat Negara RI, *Peraturan Pemerintah no 112 tahun 2022 dan* Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*…, *Transisi Energi dan Akselerasi Net Zero Emission*..., Bab II: Arah Kebijakan Penyediaan Tenaga Listrik, hal. 17–34.

Tabel 3.2 Periodisasi dan Capaian RUPTL di Indonesia (2006–2025)[33]

Tahun Terbit	Periode RUPTL	Catatan Utama	Realisasi Utama
2006	2006–2015	RUPTL pertama; fokus PLTU batubara dan listrik murah	Program 10.000 MW I; ±9.500 MW PLTU mulut tambang
2007–2014	2007–2016 s.d. 2014–2023	Revisi program 10.000 MW II; penyesuaian permintaan	PLTU baru di Sumatera dan Jawa beroperasi bertahap
2015	2015–2024	Awal program 35.000 MW (57% PLTU, 30% gas, 13% EBT)	Hingga 2024, realisasi ±21 GW (±60%)
2016	2016–2025	Disesuaikan dengan RUEN; target EBT 23% pada 2025	Integrasi EBT mulai tampak di sistem PLN skala kecil
2019	2019–2028	Penyesuaian bauran energi dan kapasitas pembangkit	Keterlambatan proyek EBT masih signifikan
2021	2021–2030	"RUPTL Hijau"; 51,6% kapasitas tambahan dari EBT[34]	Penambahan kapasitas ±40,6 GW (20,9 GW dari EBT)
2025	2025–2034	RUPTL transisi energi & akselerasi NZE 2060[35]	Dominasi EBT 61–76%; storage ±10,3 GW; integrasi digital

Secara akademik, evolusi ini mencerminkan transformasi sistem ketenagalistrikan nasional dari paradigma *coal-based baseload* menuju

[33]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/ TL.03/ MEM.L/2025 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2025 sampai dengan Tahun 2034* (*RUPTL 2025-2034)*..., Bab IV: Rencana Pengembangan Pembangkit Tenaga Listrik, hal. 85–128, khususnya Subbab PLTS dan Pembangkit VRE.

[34]*Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/HK.02 /MEM.L/2021 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 sampai dengan Tahun 2030 (RUPTL 2021-2030)*, Bab I: Kebijakan dan Proyeksi Ketenagalistrikan Nasional, hal. 1–12, dan Bab V: Rencana Pengembangan Pembangkit, hal. 99–146.

[35]Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034...*, *Transisi Energi dan Akselerasi Net Zero Emission* , Bab II: Arah Kebijakan dan Target Transisi Energi, hal. 15–32, dan Bab IV: Rencana Pengembangan Pembangkit EBT, hal. 85–128.

renewable-based flexible system, di mana PLTS beralih dari sekadar pelengkap menjadi salah satu tulang punggung pembangkitan masa depan.

d. Target Emisi Karbon dan Net Zero Emissions (NZE)

Target *Net Zero Emissions* (NZE) merupakan pilar utama dalam kebijakan iklim global yang bertujuan menyeimbangkan emisi gas rumah kaca (GRK) dengan kemampuan serapan karbon, sehingga tidak menambah konsentrasi karbon di atmosfer.[36] Secara ilmiah, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menegaskan bahwa untuk menjaga kenaikan suhu global tidak melampaui 1,5°C, emisi karbon dioksida global harus mencapai net zero sekitar pertengahan abad ke-21.[37] Namun demikian, kerangka *Paris Agreement* di bawah *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) secara eksplisit mengakui prinsip *common but differentiated responsibilities and respective capabilities* (CBDR-RC), yang memberikan ruang bagi negara berkembang untuk menetapkan jalur dan waktu pencapaian NZE yang berbeda sesuai dengan kapasitas ekonomi, struktur energi, dan tantangan pembangunan nasional.[38]

Dalam konteks tersebut, banyak negara menggunakan analisis teknis *International Energy Agency* (IEA) sebagai rujukan untuk menyusun *Nationally Determined Contributions* (NDC), *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience* (LTS/LCCR), serta peta jalan NZE nasional.[39]

Laporan *Net Zero by 2050* yang diterbitkan oleh IEA bukan merupakan dokumen hukum internasional, melainkan skenario teknis global sektor energi yang menunjukkan jalur paling cepat menuju dekarbonisasi sistem energi dunia[40].IEA sendiri menegaskan bahwa lintasan ini bersifat global dan agregatif, sehingga implementasinya pada tingkat nasional harus disesuaikan dengan kondisi masing-masing negara,

---

[36]United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), *Paris Agreement*, Paris: United Nations, 2015, Article 2(1) (a).

[37]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways*..., Summary for Policymakers, hal.4–6

[38]United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)..., Article 2(2) dan Article 4(4).

[39]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal. 18–22

[40]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal. 35–38.

terutama negara berkembang dengan ketergantungan tinggi pada energi fosil dan kebutuhan pembangunan yang masih besar[41].

Indonesia secara resmi menetapkan target NZE pada tahun 2060 atau lebih cepat, sebagaimana tertuang dalam dokumen *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR)* yang disusun oleh Kementerian PPN/Bappenas.[42]

Penetapan NZE 2060 didasarkan pada pemodelan nasional yang mengintegrasikan proyeksi pertumbuhan ekonomi, kebutuhan energi, struktur bauran pembangkit, kemampuan pendanaan, serta keandalan sistem ketenagalistrikan.[43]Dalam pemodelan tersebut, analisis IPCC digunakan sebagai rujukan batas ilmiah emisi global, analisis IEA digunakan untuk struktur transisi sektor energi, kajian *International Renewable Energy Agency* (IRENA) dimanfaatkan untuk menilai potensi dan biaya energi terbarukan, sementara *Bappenas modeling* berfungsi sebagai alat integratif untuk memastikan konsistensi target iklim dengan agenda pembangunan nasional.[44]

Lebih lanjut, target NZE Indonesia 2060 juga selaras dengan kerangka kebijakan nasional di sektor energi dan ketenagalistrikan. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional* (RUKN) 2025–2060 dan *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik* (RUPTL) 2025–2034 menerjemahkan target NZE ke dalam sasaran kuantitatif yang lebih operasional, termasuk penurunan bertahap emisi sektor energi, percepatan pengembangan energi baru dan terbarukan, serta pengendalian emisi pembangkit fosil yang tersisa.[45] Dalam kerangka ini, sektor ketenagalistrikan diposisikan sebagai tulang punggung dekarbonisasi

---

[41]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal.50–54.

[42]Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*, Jakarta: Bappenas, 2021, hal. 6–9

[43]Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*..., hal.27–34.

[44]Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*..., hal. 40–48; lihat juga International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*, Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2017, hal. 15–22.

[45]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025–2060*..., 2025, hal.12–18.

nasional, sejalan dengan pandangan IEA bahwa dekarbonisasi sektor listrik merupakan fondasi utama pencapaian NZE[46].

Dengan demikian, target emisi karbon NZE Indonesia 2060 bukanlah bentuk penundaan komitmen iklim, melainkan hasil dari sinkronisasi antara batas ilmiah global, prinsip keadilan internasional, dan realitas struktural nasional. Target ini menjadi jembatan antara landasan ilmiah NZE yang dibahas pada Bab II.D dan pembahasan kebijakan, investasi, serta instrumen pengelolaan sumber daya alam menuju NZE 2060 yang akan dianalisis lebih lanjut dalam Bab III.D[47].

Bappenas juga menegaskan bahwa pencapaian Net Zero Emissions Indonesia pada 2060 mensyaratkan konsistensi lintas sektor, penguatan kebijakan energi, serta integrasi perencanaan pembangunan nasional dengan target iklim jangka panjang.[48]

e. Klarifikasi Metodologi Penetapan Target Net Zero Emissions: Perbandingan Pendekatan IEA, IPCC, dan Indonesia

IEA Net Zero by 2050 merupakan skenario teknis global sektor energi untuk menjaga kenaikan suhu 1,5°C. Namun, Indonesia sebagai negara berkembang menetapkan target Net Zero Emissions pada 2060 berdasarkan prinsip keadilan Paris Agreement, hasil pemodelan nasional Bappenas, serta keterbatasan struktural sistem energi dan fiskal. Target 2060 tersebut tetap konsisten dengan jalur penurunan emisi global IPCC dan dilaporkan secara resmi melalui LTS–LCCR kepada UNFCCC.

Tabel 3.3. Analisa Target NZE berdasarkan Kajian Hukum, Ilmiah, Teknis, Indonedia.

Level	Dokumen	Target	Fungsi
Global hukum	UNFCCC/Paris	Fleksibel	Prinsip keadilan
Global ilmiah	IPCC AR6	NZE global ±2050	Batas sains
Global teknis	IEA NZE 2050	Energi nol 2050	Jalur teknis
Nasional	LTS–LCCR	NZE 2060	Strategi nasional

[46]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, Bab I dan Bab VI, khususnya hal.89–102.

[47]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, .., hal.67–71.

[48]Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*, Jakarta: Bappenas, 2021, hal. 52–55

	Indonesia		
Sektor energi	RUKN/RUPTL	PLTS dominan 2060	Implementasi

Perbedaan Pendekatan IEA, IPCC, dan Indonesia dalam Penetapan Net Zero Emissions, Klarifikasi Metodologi NZE (IEA–IPCC–Indonesia)

Pendekatan Net Zero Emissions (NZE) dalam literatur internasional tidak bersumber dari satu lembaga tunggal, melainkan merupakan sintesis dari beberapa rezim pengetahuan dan kebijakan global. International Energy Agency (IEA), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dan Pemerintah Indonesia menggunakan kerangka yang saling melengkapi namun berbeda fungsi.

Pertama, IEA menggunakan pendekatan energi–sistem (energy system pathway) yang bersifat operasional dan sektoral. Dalam laporan *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, IEA menyajikan proyeksi kuantitatif lintas sektor energi yang menunjukkan bahwa total emisi CO_2 bersih (net CO_2 emissions) global mencapai nol pada tahun 2050, sebagaimana ditampilkan dalam Table A.4: CO_2 emissions pada halaman 199, di mana emisi residu diimbangi sepenuhnya oleh penyerapan dan penangkapan karbon (carbon removals dan CCS)[49]. Pendekatan IEA bersifat normatif-operasional, digunakan luas oleh negara untuk menyusun NDC, LTS/LCCR, dan peta jalan NZE sektor energi.

Kedua, IPCC tidak menetapkan target tahun operasional tertentu (misalnya 2050 atau 2060), melainkan menyediakan landasan ilmiah (scientific basis) berupa carbon budget, hubungan emisi–kenaikan suhu, serta rentang waktu pencapaian net zero CO_2 global yang konsisten dengan pembatasan pemanasan global 1,5°C atau 2°C. Dalam *IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR1.5)* dan *AR6 Working Group III*, IPCC menunjukkan bahwa jalur pembatasan 1,5°C mensyaratkan pencapaian net zero CO_2 global sekitar pertengahan abad (sekitar 2050), dengan variasi antar-skenario.[50] IPCC menyajikan hal ini dalam bentuk tabel dan grafik carbon budget serta pathway emisi, bukan target kebijakan nasional.

---

[49]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., Annex A, Table A.4: CO_2 emissions, hal. 199

[50] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report* (Geneva: IPCC, 2018), Summary for Policymakers, hal. C.1–C.3, 10–12.dan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *AR6 Working Group III: Mitigation of Climate Change* ..., Chapter 3 "Mitigation Pathways Compatible with Long-Term Goals," Table 3.1 dan Figure 3.4.

Ketiga, Indonesia mengadopsi pendekatan hybrid, yaitu menggabungkan kerangka ilmiah IPCC, jalur transisi energi IEA dan IRENA, serta pemodelan nasional oleh Bappenas yang mempertimbangkan kondisi domestik (struktur ekonomi, demografi, sumber daya, kesiapan teknologi, dan keadilan transisi). Hal ini dituangkan dalam Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050), yang menetapkan Net Zero Emissions nasional pada tahun 2060 atau lebih cepat, dengan penurunan signifikan emisi sektor energi dan peran penyerapan bersih dari sektor FOLU.[51]

Dengan demikian, perbedaan target tahun (IEA 2050 vs Indonesia 2060) bukan merupakan kontradiksi metodologis, melainkan hasil adaptasi nasional terhadap kerangka global. IEA berfungsi sebagai acuan jalur teknis energi, IPCC sebagai otoritas ilmiah iklim, dan Indonesia melalui Bappenas sebagai otoritas kebijakan nasional yang menyelaraskan keduanya ke dalam konteks pembangunan nasional.

f. Dokumen Perencanaan Nasional Menuju Target NZE

Target Net Zero Emissions Indonesia tahun 2060 tidak berdiri sebagai kebijakan tunggal, melainkan terintegrasi dalam berbagai dokumen perencanaan nasional. Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience (LTS-LCCR) 2050 menegaskan jalur penurunan emisi lintas sektor, dengan sektor energi sebagai kontributor terbesar.Komitmen tersebut diperkuat melalui Enhanced Nationally Determined Contribution (ENDC) dan integrasi target NZE ke dalam RUKN 2025[52]

Tabel 3.4. Dokumen Nasional Acuan Target NZE

Dokumen	Fokus
KEN (Kebijakan Energi Nasional)	Prinsip energi berkelanjutan
RUEN (Rencana Umum Energi Nasional)	Target EBT
RUKN 2025 (Rencana Umum Ketenaga Listrikan)	Jalur NZE ketenagalistrikan
LTS-LCCR (Long Term Strategy For Low Carbon and Climate Resiliance)	Strategi emisi jangka panjang

[51]Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas, *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)* (Jakarta: Bappenas, 2021), Executive Summary dan Bab 2, hal 6–9, 27–34

[52]Kementrian Sekretariat Negara RI, *Indonesia's Enhanced Nationally Determined Contribution*, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022, hal. 3–7 dan hal.15–18.

1) Trajektori Emisi Nasional 2010–2060 (LEAP – LTS–LCCR)

Berdasarkan pemodelan LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning) yang digunakan dalam LTS–LCCR 2050 dan NZE Roadmap, emisi nasional dibagi ke dalam lima sektor utama: energi, IPPU, pertanian, FOLU, dan limbah.[53]

Tabel proyeksi menunjukkan bahwa:Emisi nasional tahun 2010 sekitar 1.131 $MtCO_2e$,Menurun sedikit menjadi 1.018 $MtCO_2e$ pada tahun 2020,Mencapai puncak (peak) sekitar 1.244 $MtCO_2e$ pada tahun 2030,Turun menjadi 540 $MtCO_2e$ pada tahun 2050,dan 0 $MtCO_2e$ (NZE) pada tahun 2060 melalui kombinasi pengurangan emisi sektor energi dan penyerapan bersih sektor FOLU.

Dalam konteks ini, sektor energi ditargetkan menyisakan emisi residual sekitar 129 $MtCO_2e$ pada tahun 2060. Untuk mencapai angka tersebut, dekarbonisasi sektor kelistrikan menjadi prioritas, sehingga PLTS dan EBT lain harus menggantikan porsi besar pembangkitan fosil.

2) Jalur Emisi 2025–2060 Menurut PP KEN dan NZE Roadmap

Tingkat emisi nasional berdasarkan PP KEN baru dan NZE Roadmap menggambarkan bahwa emisi energi nasional:[54]

a) Tahun 2025: emisi 914–984 $MtCO_2e$, awal masa transisi dengan dominasi PLTU.
b) Tahun 2030: emisi 1.074–1.223 $MtCO_2e$, puncak emisi nasional, mulai pensiun PLTU tahap I dan biofuel B35.
c) Tahun 2040: emisi 975–1.085 $MtCO_2e$, fase penurunan signifikan, EBT 40–42%, mulai pemanfaatan hidrogen.
d) Tahun 2050: emisi 579–598 $MtCO_2e$, bauran EBT sekitar 70%, PLTU sudah dilengkapi CCS/CCUS.
e) Tahun 2060: emisi 129 $MtCO_2e$ sektor energi dan *Net Zero Emission* nasional.

Secara akademik, periode 2030–2040 menjadi titik kritis: bila langkah transisi energi tertunda, jalur menuju NZE akan semakin sempit dan mahal.

3) Proyeksi Emisi Sektor Kelistrikan (2025–2060)

Berdasarkan perhitungan faktor emisi pembangkit, emisi sektor kelistrikan diproyeksikan:

---

[53]Kementerian ESDM dan Bappenas, *Net Zero Emission (NZE) 2060 Roadmap Indonesia*, Jakarta: ESDM–Bappenas, 2023. Ringkasan Eksekutif, hal. 1–5, dan Bab III: Emission Reduction Pathway, hal. 45–72.

[54]Kementrian ESDM, *RUKN 2025–2060*..., Bappenas, *Enhanced Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia 2022* ,Jakarta: Bappenas, 2022.,dan Kementerian ESDM dan Bappenas, *Net Zero Emission (NZE) 2060 Roadmap Indonesia*..., Executive Summary, hal. 1–5, dan Bab 3–4, hal 45–96.

a) Tahun 2025: sekitar 318,55 $MtCO_2e$,
b) Tahun 2030: 426,63 $MtCO_2e$,
c) Tahun 2050: 342,42 $MtCO_2e$,
d) Tahun 2060: turun menjadi 106,63 $MtCO_2e$[55].

Angka ini konsisten dengan target residual sektor energi 129 $MtCO_2e$, sehingga sektor kelistrikan memberikan kontribusi dominan dalam penurunan emisi.

4) Proyeksi Kapasitas Pembangkit Nasional (RUKN 2025–2060)

RUKN 2025–2060 memproyeksikan total kapasitas pembangkitan meningkat dari sekitar 106 GW (2025) menjadi 443 GW (2060), dengan ciri utama:[56]

a) Kapasitas PLTS tumbuh dari 6 GW (2025) menjadi 109 GW (2060).
b) Kapasitas PLTB, PLTA, panas bumi, dan bioenergi turut meningkat signifikan.
c) Kapasitas PLTU menurun hingga nol pada 2060.
d) Teknologi storage, hidrogen, dan nuklir masuk bertahap mulai 2040-an.

PLTS dalam hal ini menjadi salah satu kontributor kapasitas terbesar di antara pembangkit EBT dan menjadi tulang punggung penyediaan listrik bersih pada era NZE.

g. Proyeksi Kapasitas Pembangkit dan Peran PLTS

RUKN 2025 dan RUPTL 2025–2034 menunjukkan bahwa energi surya (PLTS) diposisikan sebagai tulang punggung pembangkit masa depan. Proyeksi kapasitas PLTS nasional hingga 2060 berada pada kisaran 109–115 GW, yang mencakup PLTS atap, terapung, agrivoltaics, ground-mounted, dan de-dieselisasi.[57]

Tabel 3.5. Proyeksi Kapasitas PLTS Nasional hingga 2060

Jenis PLTS	Peran Utama
Atap	Desentralisasi & prosumer
Terapung	Optimalisasi waduk

[55]Hasil estimasi Penulis berdasarkan data Proyeksi Pembangkit RUKN 2025-2060 , Mei 2025 dan Faktor Emisi dari : *International Energy Agency (IEA). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.* dan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Annex II: Metrics and Methodology." In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, edited by O. Edenhofer *et.al*., 1281–1320. 4. Tables A.II.1–A.II.3.

[56]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025–2060*, Bab III: Proyeksi Kebutuhan dan Bauran Energi Nasional, hal. 45–78, dan Bab V: Arah Pengembangan Pembangkit dan Emisi Karbon, hal. 121–154.

[57]Arifin, Zainal, dan Indra Syifai, ed. *Indonesia Solar Energy Handbook*. Edisi Pertama. Jakarta: PT PLN (Persero) Kantor Pusat, 2025.

Agrivoltaics	Integrasi pangan–energi
Ground-mounted	Skala utilitas
De-dieselisasi	Wilayah 3T

h. Kesimpulan

Secara epistemologis, Bab III.A.4 tidak membahas faktor emisi secara rinci) dan tidak menganalisis biaya, investasi, maupun pembiayaan (Bab III.D). Bab ini berfungsi menjawab ke mana arah transisi energi nasional dan siapa aktor kelembagaan utamanya, sehingga menjadi fondasi kebijakan bagi analisis implementatif berikutnya[58].

Apabila Bab III.A.4 menegaskan arah kebijakan dan target NZE dalam sistem ketenagalistrikan nasional serta menempatkan PLN sebagai aktor utama, maka Bab III.D bergerak lebih lanjut untuk membahas bagaimana target tersebut diwujudkan melalui pengelolaan sumber daya alam secara konkret. Bab III.D akan menguraikan kebijakan investasi, skema pembiayaan, instrumen ekonomi, serta rasionalitas biaya pembangkitan (LCOE) yang menentukan keberhasilan sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060.

B. Landasan Teknis dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan dengan pertumbuhan tercepat di dunia dan memiliki potensi terbesar di Indonesia. Dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,5–5,5 kWh/m²/hari, wilayah tropis Indonesia memiliki keunggulan alamiah bagi pengembangan pembangkit fotovoltaik (PV), baik skala utilitas maupun atap.[59] Dalam konteks transisi energi dan target *Net Zero Emission* (NZE) 2060, PLTS diposisikan sebagai salah satu tulang punggung pembangkit EBT dalam RUPTL dan RUKN.

Bagian III.B ini membahas landasan teknis PLTS secara sistematis: mulai dari konsep dasar dan teknologi PV, klasifikasi sistem PLTS, perkembangan PLTS secara global–regional–nasional, pengaruh faktor alam terhadap kinerja PLTS, hingga landasan teoretis integrasi PLTS dalam sistem tenaga listrik modern. Analisis ini menjadi jembatan antara kerangka tata kelola energi pada Bab III.A dan pembahasan tata kelola serta sinkronisasi kebijakan PLN–PLTS pada Bab III.C dan III.D.

---

[58]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, Bab I–II

[59]Institute for Essential Services Reform (IESR), *Indonesia Solar Energy Outlook 2023*, Jakarta: IESR, 2023, hal. 12–18; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi..., Pasal 2–4.

1. Definisi PLTS dan Prinsip Kerja Efek Fotolistrik

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses konversi fotovoltaik, yaitu ketika foton mengenai material semikonduktor dan membebaskan elektron sehingga menghasilkan arus listrik searah (DC).[60]

Prinsip ini didasarkan pada teori efek fotolistrik yang pertama kali dijelaskan secara matematis oleh Albert Einstein (1905), yang menyatakan bahwa energi foton berbanding lurus dengan frekuensi cahaya ($E = hf$), sehingga hanya foton dengan energi cukup yang dapat melepaskan elektron dari material.[61] Fenomena ini menjelaskan mengapa spektrum cahaya tampak dan inframerah dekat (NIR) adalah kontributor utama produksi listrik modul PV, bukan ultraviolet yang intensitasnya jauh lebih kecil di permukaan bumi[62]

Indonesia memiliki intensitas radiasi matahari yang sangat stabil sepanjang tahun. Kajian *Solar Resource Atlas Indonesia* menunjukkan nilai 3,7–4,5 kWh/m²/hari di sebagian besar wilayah dan >5,5 kWh/m²/hari di kawasan timur, sehingga sangat ideal untuk pengembangan PLTS skala besar maupun terdistribusi.[63]

2. Komponen, Output Daya, dan Struktur PLTS

a. Komponen Utama PLTS

Sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama:

1) Modul Fotovoltaik (PV Module). Merupakan komponen utama yang mengubah energi foton menjadi energi listrik DC. Modul dapat berbahan silikon monokristalin, polikristalin, thin-film, atau teknologi baru seperti TOPCon, HJT, dan perovskite tandem.[64]
2) Inverter.Berfungsi mengubah arus DC menjadi AC. Inverter modern menggunakan MPPT (Maximum Power Point Tracking) untuk menjaga modul bekerja pada titik daya maksimum meskipun kondisi radiasi berubah-ubah.[65]

---

[60]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Photovoltaic Fundamentals*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2022, hal. 3–4.

[61]Albert Einstein, "Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light," *Annalen der Physik* 17 (1905): 132–148; terj. Inggris dalam *American Journal of Physics* Vol.33, no. 5 (1965): hal. 367–374.

[62]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Solar Spectra and PV Response*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021,hal. 2–3

[63]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Solar Resource Atlas of Indonesia*..., bagian "Solar Irradiation Map – Indonesia," hal. 10–12.

[64]Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, *Photovoltaics Report*, Freiburg: Fraunhofer ISE, 2023,hal. 9–15

[65]SMA Solar Technology AG, *Inverter Technology Overview*, Niestetal: SMA Solar Technology AG, 2022, hal. 3–6.

3) Balance of System (BOS).Termasuk mounting system, kabel AC/DC, grounding, combiner box, lightning protection, dan sistem keselamatan.
4) Sistem Penyimpanan Energi (BESS).Digunakan pada PLTS off-grid, hybrid industri, atau sistem dengan penetrasi PLTS tinggi untuk stabilisasi dan peningkatan keandalan.[66]

b. Rumus Dasar Output PLTS (Model PVWatts)

Keluaran daya PLTS secara umum dapat dihitung dengan menggunakan model PVWatts yang dikembangkan NREL:

$$P_{\text{out}} = P_{\text{nominal}} \times \frac{G}{G_{\text{STC}}} \times [1 + \alpha(T_{\text{cell}} - 25°C)] \times \eta_{\text{inv}} \times (1 - L_{\text{loss}})$$

dengan:

Parameter	Keterangan
P_{nominal}	Kapasitas modul (Wp) pada kondisi STC
G	Irradiance aktual (W/m²)
$G_{\text{STC}} = 1000$	Irradiance standar
α	Koefisien suhu sel (–0,30% s.d. –0,45% per °C)
T_{cell}	Suhu sel
η_{inv}	Efisiensi inverter
L_{loss}	Total rugi sistem (wiring, shading, mismatch, soiling)

Model ini digunakan oleh PLN, EPC nasional, IEA-PVPS, dan konsultan energi terbarukan dalam desain teknis PLTS.[67]

c. Struktur Modul PV dan Lapisan Penyusunnya

Modul PV modern terdiri dari beberapa lapisan optik dan protektif yang dirancang untuk memaksimalkan penyerapan cahaya sekaligus memastikan umur pakai hingga 25–30 tahun. Struktur ini sangat penting dalam konteks iklim tropis Indonesia yang memiliki tingkat UV tinggi, suhu lingkungan panas, dan kelembapan ekstrem.

1) Kaca Depan (Tempered Glass).Melindungi modul dari angin, hujan, debu, dan radiasi UV. Kaca PV memiliki tingkat transmisi cahaya ≥91% sehingga memastikan foton dapat masuk secara optimal.[68]
2) Lapisan Anti-Reflektif (ARC Anti-Reflective Coating).Berfungsi mengurangi pantulan cahaya hingga lebih dari 3%, sehingga

[66]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS), *PV and Storage Applications*..., Section 2., hal. 1–2.3.

[67]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *PVWatts® Calculator: Technical Reference*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2020, hal. 1–12.

[68]Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, *PV Module Materials and Durability*, Freiburg: Fraunhofer ISE, 2022, hal.12–19

meningkatkan jumlah foton yang masuk dan menaikkan efisiensi modul.[69]¹⁰

Material ARC biasanya berupa SiO_2 atau TiO_2 dengan ketebalan nanometer untuk mengontrol indeks bias optik.

3) Encapsulant (EVA atau POE).Melekatkan sel surya pada kaca dan backsheet sekaligus melindungi dari panas, kelembapan, dan UV. Teknologi POE lebih tahan terhadap degradasi PID dan lebih cocok untuk iklim lembap seperti Indonesia.[70]
4) Sel Surya (Semikonduktor).Merupakan inti konversi energi. Sel dapat berupa::silikon monokristalin (PERC, TOPCon, HJT), polikristalin, thin-film (CdTe, CIGS),perovskite tandem generasi baru.Efisiensi komersial sel modern telah mencapai 21–22%, sedangkan laboratorium mencapai 26–28%.[71]
5) Backsheet atau Kaca Ganda (Glass–Glass)

Melindungi bagian belakang modul dari kelembapan, oksidasi, dan radiasi UV. Modul glass-glass semakin digunakan karena degradasinya sangat rendah (<0,5% per tahun) dan lebih tahan terhadap kondisi ekstrem seperti floating solar.[72]

3. Klasifikasi PLTS Bedasar Sistem, Teknologi dan Pemasangan

PLTS memiliki ragam bentuk dan konfigurasi yang luas. Klasifikasi diperlukan untuk memahami opsi teknis, konteks pemanfaatan, serta implikasi kebijakan dan tata kelola.

a. Klasifikasi Berdasarkan Sistem Kelistrikan
   1) PLTS Off-Grid (Stand-Alone System). Tidak terhubung ke jaringan PLN dan digunakan pada wilayah terpencil atau pulau kecil. Sistem ini hampir selalu dilengkapi baterai agar suplai listrik tetap tersedia pada malam hari atau saat cuaca buruk[73].PLTS off-grid menjadi teknologi kunci program de-dieselisasi di wilayah 3T.
   2) PLTS Grid-Tie (On-Grid).Terhubung langsung ke jaringan PLN melalui *grid-tied inverter*. Energi dapat dikonsumsi sendiri atau diekspor ke jaringan sesuai regulasi net-metering atau self-

[69]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Anti-Reflective Coatings for PV Applications* (Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021),hal. 8–10.

[70]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme IEA-PVPS Task 13, *Reliability and Degradation of PV Modules*..., hal. 17–26.

[71]Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, *Solar Cell Efficiency Tables* (2023 Edition), tabel efisiensi sel surya, halaman grafik utama

[72]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Glass-Glass Reliability Testing for PV Modules*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2022, hal. 15–18.

[73]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Solar Resource Assessment*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2020, hal. 6–11.

consumption[74].PLTS atap rumah tangga, komersial, dan industri umumnya menggunakan sistem ini.

3) PLTS Hybrid (PLTS + Pembangkit Lain).PLTS digabungkan dengan PLTD, PLTB, atau PLTA untuk meningkatkan keandalan sistem. PLTS–diesel hybrid banyak diterapkan di pulau kecil untuk mengurangi konsumsi BBM dan biaya pokok penyediaan (BPP)[75]
4) PLTS dengan Sistem Penyimpanan Energi (PV + BESS) Menggunakan baterai (BESS) untuk menyimpan kelebihan energi siang hari, mengatasi fluktuasi daya, dan menyediakan layanan ancillary seperti frequency regulation dan ramp-rate control.[76] Konfigurasi PV+BESS menjadi unsur penting sistem tenaga modern dengan penetrasi EBT tinggi.

b. Klasifikasi Berdasarkan Teknologi Modul PV

1) Silikon Kristalin (Monokristalin dan Polikristalin) Teknologi paling dominan secara global. Modul monokristalin memiliki efisiensi tinggi (±19–23%) dan performa baik pada irradiance rendah, sedangkan polikristalin menawarkan biaya lebih ekonomis.[77]
2) Thin-Film (CdTe, CIGS, a-Si).Efisiensi sekitar 10–15%, namun stabil pada temperatur tinggi dan kondisi radiasi difus—relevan untuk iklim tropis Indonesia.[78]
3) Teknologi Generasi III (Perovskite, Tandem, HJT, TOPCon) Perovskite dan tandem perovskite–silicon telah mencapai efisiensi sel >30% pada laboratorium. HJT dan TOPCon memberikan efisiensi tinggi serta koefisien temperatur rendah, menjadikannya kandidat kuat modul generasi berikutnya di wilayah tropis[79].
4) Modul Bifacial.Dapat menangkap radiasi dari sisi depan dan belakang, menghasilkan *bifacial gain* 5–20% tergantung kondisi permukaan tanah.[80] Banyak digunakan dalam proyek utilitas skala besar.

---

[74]Institut Teknologi Bandung (ITB), *Teknologi Energi Surya*, Bandung: Penerbit ITB, 2022, hal. 21–34.

[75]Universitas Indonesia, *PV Performance in Tropical Climate*, Depok: Laporan Penelitian UI, 2021, hal. 14–22

[76]Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), *Smart Grid Indonesia* (Surabaya: ITS Press, 2022, hal. 45–58.

[77]*Solar Electric Handbook*, London: Solar Media Ltd., 2024, hal. 112–118; Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), *Material Engineering for PV Modules*, Jakarta: BRIN, 2022, hal. 9–15.

[78]Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), *Material Engineering for PV Modules*, Jakarta: BRIN, 2022, hal. 9–15.

[79]Elsevier, *Renewable Energy Technology and Systems*, Amsterdam: Elsevier, 2023, hal. 88–102.

[80]Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *Smart Grid Handbook*, New York: IEEE Press, 2021, hal. 33–48.

c. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Pemasangan
   1) PLTS Atap (Rooftop Solar PV). Dipasang di atap bangunan rumah tangga, komersial, dan industri. Keunggulannya: tidak memerlukan lahan tambahan, dekat dengan beban, dan mendukung konsep prosumer[81]
   2) PLTS Ground-Mounted (Lahan Darat). Digunakan untuk proyek utilitas skala besar (puluhan hingga ratusan MW). Umumnya ditempatkan pada lahan marginal, kawasan industri, atau lahan bekas tambang.[82]
   3) PLTS Terapung (Floating PV).Dipasang pada waduk, danau, atau bendungan. Pendinginan oleh air meningkatkan efisiensi modul, sekaligus mengurangi evaporasi dan memanfaatkan permukaan air yang tidak terpakai.[83][11]Contoh besar: PLTS Terapung Cirata 145 MW.
   4) Agrovoltaics (Agro-FV). Menggabungkan PLTS dengan pertanian. Modul memberi naungan parsial yang dapat menurunkan stres panas tanaman, meningkatkan hasil pertanian tertentu, dan menghasilkan energi secara bersamaan.[84]

   Klasifikasi di atas memperlihatkan fleksibilitas PLTS dalam berbagai konteks sosial, geografis, dan sistem tenaga, sehingga mendukung skenario PLTS sebagai tulang punggung energi bersih menuju NZE 2060.

d. Contoh Konfigurasi Proyek PLTS

   Berbagai konfigurasi PLTS telah diterapkan di Indonesia dan dunia, memberikan ilustrasi bagaimana teknologi PV dapat diadaptasi sesuai kebutuhan jaringan dan kondisi lokal. Beberapa contoh berikut merupakan praktik aktual yang terdokumentasi dalam laporan resmi:
   1) PLTS Rooftop Perumahan,Perkantoran, Industri di Jawa Barat (1–5 MWp)[85].Banyak diterapkan di kawasan industri Karawang, Bekasi, dan Cikarang untuk mengurangi beban puncak (peak shaving) serta menurunkan biaya energi.

---

[81]Institut Teknologi Bandung (ITB), *Teknologi Energi Surya*, Bandung: Penerbit ITB, 2022, hall. 55–63.

[82]World Bank, *Floating Solar Handbook*, Washington, DC: World Bank, 2023, hal. 1–24.

[83]World Bank, *Floating Solar Handbook*..., hal. 66–70.

[84]World Bank, *Agrovoltaics Handbook*, Washington, DC: World Bank, 2023, hal. 14–2

[85]Institute for Essential Services Reform (IESR), *Indonesia Solar Energy Outlook 2024*, Jakarta: IESR, 2024, Bab 3, hal. 45–61; Kementerian ESDM, *Statistik EBT 2023*, Jakarta: ESDM, 2023,hal. 112–118; PLN Icon Plus, *Direktori Proyek PLTS Atap*, Jakarta: PLN Icon Plus, 2024, hal. 5–9.

2) PLTS Ground-Mounted total 100 MWp di Sulawesi[86].Tercatat dalam pipeline RUPTL 2021–2030 dan laporan ADB sebagai proyek utilitas berskala besar yang memasok sistem kelistrikan wilayah timur Indonesia.
3) PLTS Terapung Cirata 145 MWac[87].Merupakan salah satu PLTS terapung terbesar di Asia Tenggara, dikembangkan oleh PLN–Masdar dan dianalisis secara luas oleh World Bank sebagai model pengembangan floating PV nasional.
4) Hybrid Solar–Diesel untuk Wilayah 3T (NTT & Papua)[88].Digunakan dalam strategi de-dieselisasi, mengurangi ketergantungan BBM di pulau kecil dan desa terpencil, serta meningkatkan keandalan energi lokal.
5) Hybrid Solar–Battery (PV + BESS) di Kawasan Industri Batang[89] Dikembangkan untuk menjaga stabilitas daya dan mengintegrasikan energi surya dalam sistem kelistrikan industri yang membutuhkan kualitas daya tinggi.

4. Perkembangan PLTS Global, ASEAN, dan Indonesia

PLTS adalah teknologi energi terbarukan dengan tingkat pertumbuhan tercepat di dunia dalam satu dekade terakhir. Kemajuan teknologi modul, skala industri, penurunan harga rantai pasok, serta integrasi *smart grid* berperan besar mendorong perkembangan energi surya global. Bagian ini menyajikan perkembangan PLTS pada tingkat global, regional (Asia–ASEAN), dan nasional (Indonesia), sekaligus menegaskan posisi strategis Indonesia dalam konteks transisi energi menuju NZE 2060.

a. Perkembangan PLTS Dunia (IRENA 2015–2024)

Menurut *IRENA Renewable Capacity Statistics 2025*, kapasitas terpasang energi surya dunia meningkat drastis dari 225 GW (2015)

---

[86]Kementerian ESDM RI, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/HK.02/ MEM.L/2021*, tentang *RUPTL 2021-2030*,, Lampiran Proyeksi EBT; IEA-PVPS Task 1, *Utility-Scale Solar PV in Southeast Asia*, Paris: IEA-PVPS, 2022, hal. 22–29; Asian Development Bank, *Solar Power Development in Indonesia*, Manila: ADB, 2022, hal. 31–45.

[87]World Bank, *Floating Solar Handbook*, Washington, DC: World Bank, 2023, studi kasus Cirata, hal. 22–30; PLN–Masdar, *Cirata Floating Solar Project Overview*, Jakarta: PLN, 2023, hal. 4–7; International Energy Agency, *Renewables 2023* ..., hal. 118–121.

[88]Kementerian ESDM, *PLTS–Diesel Hybrid Handbook*, Jakarta: ESDM, 2021, hal. 9–21; PT PLN (Persero), *Pilot Project Solar–Diesel Hybrid NTT & Papua*, Jakarta: PLN, 2020), hal. 6–12; UNDP Indonesia, *Solar Hybrid for Remote Areas*, Jakarta: UNDP, 2022, hal. 18–26.

[89]Kementerian Investasi/BKPM, *Renewable Energy Plan 2023–2030*, Jakarta: BKPM, 2023; PLN Nusantara Power, *BESS Integration Report*, Jakarta: PLN NP, 2023, hal. 14–22; International Energy Agency, *Grid Flexibility and Battery Storage in Emerging Markets*..., hal, 55–69.

menjadi 1.866 GW (2024) atau tumbuh sekitar 728% dalam sembilan tahun.[90][1] Pertumbuhan ini didorong oleh teknologi modul monokristalin berefisiensi tinggi, penurunan LCOE hingga 2¢/kWh, serta investasi global yang semakin kompetitif. Tabel berikut menunjukkan dinamika kapasitas energi surya dunia per kawasan:

Tabel 3.6. Kapasitas Terpasang Energi Surya Dunia, 2015–2024 (MW).

Kawasan	2015	2020	2024	Pertumbuhan 2015–2024
Asia	90.306	455.575	1.156.598	+1.180%
Eropa	98.924	161.068	338.622	+242%
Amerika Utara	27.836	85.268	171.530	+516%
Amerika Selatan	2.292	11.521	43.264	+1.787%
Afrika	2.647	10.325	17.948	+577%
Timur Tengah	3.057	14.526	31.423	+928%
Oseania	1.350	12.650	36.928	+2.635%
Total Dunia	225.748	750.933	1.866.313	+728%

Sumber: IRENA, Renewable Capacity Statistics 2025

Kawasan Asia muncul sebagai pusat pertumbuhan global, dipimpin oleh Tiongkok, India, dan Jepang. Lompatan kapasitas Asia sangat mempengaruhi pasar modul, harga global, serta arah penelitian dan inovasi teknologi PV.

b. Perkembangan PLTS di Asia dan ASEAN

Asia merupakan pusat industri manufaktur, pengembangan proyek skala utilitas, dan riset PLTS dunia. Data *IRENA Asia Dataset 2025* menunjukkan bahwa Tiongkok mendominasi kapasitas global dengan lebih dari 887 GW pada 2024.[91]

Tabel 3.7. Kapasitas PLTS Kawasan Asia, 2015–2024 (MW)

Negara	**2015**	**2020**	**2024**
Tiongkok	43.530	253.443	887.076
India	5.668	39.211	97.696
Jepang	34.410	67.001	89.650
Korea Selatan	3.864	13.975	28.099
Vietnam	134	16.640	18.408
ASEAN lainnya	1.900	4.224	8.669

[90]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Capacity Statistics 2025*..., hal. 6–8.

[91]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Asia Renewable Capacity Dataset 2025*..., hal. 4.

Total Asia	90.306	455.575	1.156.598

Sumber: IRENA Asia Dataset 2025.

Vietnam menjadi fenomena unik karena keberhasilan kebijakan FiT (Feed-in Tariff) periode 2019–2021 yang menghasilkan lonjakan PLTS lebih dari 16 GW dalam dua tahun.[92][3] Kebijakan ini dibandingkan dengan Indonesia sering dijadikan contoh keberhasilan deregulasi dan insentif.

Selain itu: Jepang dan Korea lebih maju dalam integrasi PLTS–BESS dan India menonjol dalam tender kompetitif (solar auction) dengan harga sangat rendah (2–3¢USD/kWh), 2-3 sen USD/kwh.

c. Posisi Indonesia dalam Konteks Global dan Regional

Hingga 2024, kapasitas PLTS Indonesia baru mencapai ±0,94 GW, jauh tertinggal dibandingkan negara ASEAN lain. Padahal Indonesia memiliki potensi surya alami yang lebih tinggi dibanding Vietnam, Thailand, atau Malaysia.

Keterlambatan ini berhubungan dengan hambatan struktural:

1) Regulasi sering berubah (PLTS atap 2018–2024).[93]
2) TKDN (modul surya) yang meningkatkan biaya proyek.[94]
3) Reserve margin PLN tinggi di Jawa–Bali (>40%).[95]
4) Skema bisnis PLN masih dominan (single buyer).
5) Investasi PLTS utilitas tak tumbuh karena belum ada mekanisme tender rutin.

Indonesia berada pada kategori *late adopter*, dan agar mampu mengejar target PLTS 109–115 GW (NZE 2060), Indonesia harus mempercepat;antara lain tender PLTS skala utilitas,modernisasi jaringan PLN (smart grid),reformasi TKDN,stabilitas regulasi PLTS atap,dan integrasi PLTS–BESS.

Tabel 3.8. Komparasi Pertumbuhan, LCOE, Smart Grid, Investasi dan Kapasitas PLTS: Dunia, ASEAN, dan Indonesia (2024)

Aspek	Dunia	ASEAN	Indonesia
Laju pertumbuhan	Sangat tinggi	Tinggi (Vietnam)	Moderat

[92]International Energy Agency, *Vietnam Solar Feed-in Tariff Review*, Paris: IEA, 2022, hal. 11–13.

[93]Kementerian ESDM, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018, Nomor 13 Tahun 2019,* Nomor 26 Tahun 2021, dan Nomor 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap

[94]Kementerian Perindustrian dan Kementerian ESDM, Keputusan Menteri Nomor 191.K/2024 tentang TKDN Modul Surya, Lampiran I.

[95]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*), Bab III Sistem Jawa–Bali, hal. 72–75.

Biaya PLTS (LCOE)	2–4 ¢/kWh	3–6 ¢/kWh	6–10 ¢/kWh
Integrasi PLTS	*Smart grid* + *BESS*	Hybrid & tender	Grid terbatas
Iklim investasi	Stabil	Kompetitif	Terhambat regulasi
Kapasitas 2024	1.866 GW	±35 GW	±0,94 GW

Sumber: IRENA 2025; IEA–PVPS 2024; IESR 2024.

d. Potensi PLTS Global dan Indonesia + Peta Global Irradiance

Menurut *Global Solar Atlas (GSA)* dan *IRENA Global Solar Dataset 2024*, potensi energi surya global mencapai lebih dari 580.000 EJ per tahun, atau 10.000 kali konsumsi global energi listrik.[96]

Indonesia memiliki salah satu potensi irradiance terbaik dunia;4,5–5,5 kWh/m²/hari (rata-rata nasional) dan 5,7 kWh/m²/hari di NTT, NTB, Sulawesi, Maluku, Papua.[97]

Potensi teknis Indonesia diperkirakan mencapai 3.000–20.000 GW, tetapi yang masuk dalam RUEN hanya 207,8 GW.

Peta berikut (untuk file Word akan disisipkan sebagai gambar): Peta Global Solar Irradiance (GSA 2024); Warna merah: irradiance >2.100 kWh/m²/tahun dan Warna kuning: sekitar 1.700–2.000 kWh/m²/tahun

Indonesia berada pada zona kuning–merah yang ideal untuk teknologi PV monokristalin maupun thin-film.

5. Pengaruh Faktor Alam terhadap Kinerja PLTS

Kinerja pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tidak hanya dipengaruhi oleh spesifikasi modul, inverter, dan desain sistem, tetapi ditentukan secara signifikan oleh kondisi alam, terutama spektrum radiasi matahari, temperatur modul, kecepatan angin, dan curah hujan. Indonesia sebagai negara tropis dengan radiasi tinggi namun suhu udara panas dan kelembapan tinggi memiliki karakter PLTS yang khas, sehingga perlu pemahaman ilmiah mengenai pengaruh faktor-faktor alam tersebut.

a. Matahari: Spektrum Cahaya dan Irradiance

Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi terdiri atas tiga komponen:

Ultraviolet (UV) – ±3%,Cahaya tampak (Visible) – ±43% dan Inframerah (IR) – ±54% [98]

[96]Global Solar Atlas (GSA), *Technical Report 2024*, Washington, DC: World Bank–ESMAP, 2024, hal. 3–5.

[97]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Indonesia Solar Resource Atlas* ..., hal. 10–12.

Dari ketiga komponen tersebut, visible (400–700 nm) memberikan kontribusi terbesar terhadap pembangkitan daya modul PV karena energi fotonnya sesuai dengan bandgap silikon dan material PV lain. UV berenergi tinggi namun sebagian besar tersaring atmosfer, sementara IR banyak berkontribusi pada pemanasan modul.[99]

Energi radiasi dinyatakan sebagai irradiance (W/m²) dan insolasi harian (kWh/m²/hari). Standar STC mendefinisikan irradiance 1.000 W/m², namun kondisi lapangan sangat bervariasi. Indonesia memiliki rata-rata 4,5–5,5 kWh/m²/hari, menjadikannya salah satu lokasi paling potensial untuk PLTS di dunia.[100]

Implikasi teknis: Pemilihan modul harus mempertimbangkan respons spektral terhadap visible dan near-infrared, serta ketahanan panas akibat IR.

b. Temperatur dan Efisiensi Modul

Sebagian besar energi foton tidak diubah menjadi listrik, tetapi menjadi panas—khususnya dari komponen IR. Peningkatan temperatur sel PV menyebabkan penurunan efisiensi karena meningkatnya rekombinasi elektron dan perubahan sifat bandgap semikonduktor.

Koefisien temperatur modul silikon kristalin berkisar –0,35% hingga –0,45% per °C.[101]. Artinya, kenaikan 10°C pada temperatur sel menyebabkan penurunan daya 3,5–4,5%.

Temperatur permukaan modul di Indonesia dapat mencapai: 45–55°C (atap rumah/industri), 40–48°C (floating PV)

Desain PLTS di Indonesia perlu mempertimbangkan:ventilasi modul,jarak mounting ke permukaan atap,pemilihan modul dengan koefisien temperatur rendah seperti TOPCon atau HJT.[102]

c. Peran Angin sebagai Pendingin Alami

Angin menjadi faktor pendingin alami yang dapat menurunkan temperatur permukaan modul dan mempertahankan stabilitas output.

---

[98]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Solar Spectra and PV Device Performance*, Golden, CO: NREL, 2021, hal. 2–4.

[99]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS) Task 13, *Temperature Coefficients of PV Modules*, Paris: International Energy Agency, 2021,hal. 9–10.

[100]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Solar Resource Atlas of Indonesia*..., hal. 10–12.

[101]International Energy Agency ,*Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS) Task 13*, *Temperature Coefficients of PV Modules*..., hal. 6–9.

[102]Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, *PV Module Efficiency Trends* Freiburg: Fraunhofer ISE, 2023, hal. 15–17.

Peningkatan kecepatan angin sebesar 1 m/s dapat menurunkan temperatur modul hingga 2–3°C, meningkatkan output daya sekitar 1%.[103]

Karena itu PLTS di daerah pesisir, kawasan industri terbuka, atau area berbukit cenderung memiliki performa yang lebih stabil., Floating PV mendapatkan pendinginan ganda: angin dan efek air, sehingga kinerjanya relatif lebih baik dibanding sistem ground-mounted.[104]

d. Peran Air dan Hujan: Pendinginan & Kebersihan Modul

Air (hujan) memengaruhi modul PV dalam dua cara utama:

1) Pendinginan (cooling effect);Hujan menurunkan temperatur modul secara cepat, meningkatkan efisiensi sesaat hingga 5–8% setelah hujan lebat.[105]
2) Pembersihan modul (self-cleaning); Soiling loss pada Indonesia berkisar 3–8%, bahkan bisa mencapai 15% di daerah industri atau dekat laut. Hujan sedang–lebat dapat membersihkan permukaan modul dan memulihkan performa secara alami.[106]

Namun risiko iklim tropis perlu diantisipasi: kelembapan tinggi menyebabkan korosi bila modul tidak bersertifikasi IEC 61701,potensi PID lebih tinggi pada modul murah, dan curah hujan ekstrem mengurangi irradiance sesaat.

Dengan demikian, desain PLTS harus memperhatikan sertifikasi modul, kualitas backsheet atau glass-glass, serta perlindungan grounding dan surge protection.

e. Ringkasan Fenomena Alam dan Korelasinya dalam Perspektif Qur'ani

Sebagai jembatan menuju Bab IV,Bab V yang membahas kosmologi Qur'ani dan terminologi alam, hubungan fenomena alam dan PLTS dapat dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 3.9. Hubungan Fenomena Alam, Dampaknya terhadap PLTS, dan Korelasi Qur'ani

Faktor Alam	Dampak pada PLTS	Efek Utama	Korelasi Qur'ani
Cahaya matahari (*visible*	Energi utama modul PV	Output meningkat	QS An-Naḥl 16:12— QS Yunus 10:5, Matahari sebagai sumber cahaya

[103]National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Wind Cooling Effects on PV Modules*, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2020, hal. 4–5

[104]World Bank, *Floating Solar Handbook*, Washington, DC: World Bank, 2019, hal. 22–24.

[105]Global Solar Atlas, *Hydro-Meteorological Impacts on PV Performance*, Washington, DC: World Bank–ESMAP, 2023, hal. 7–9.

[106]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, IEA-PVPS, *Soiling Losses in Photovoltaic Systems*..., hal. 3–4.

light)			dan energi bagi kehidupan
Panas / *Infrared*	Meningkatkan temperatur sel	Efisiensi turun ±0,4%/°C	QS An-Naba' (78):13 — Matahari sebagai sumber panas dan energi
Angin	Pendinginan modul	Efisiensi stabil	QS Al-Ḥijr 15:22— Angin sebagai penggerak dan penyeimbang sistem alam
Hujan / Air	Membersihkan modul, menurunkan suhu	Output meningkat & stabil	QS Al-Mu'minūn (23):18 — Air diturunkan secara terukur untuk keberlanjutan kehidupan

Tabel ini bukan bentuk tafsir, tetapi ilustrasi epistemologis tentang bagaimana fenomena alam yang memengaruhi PLTS dapat dibaca dalam dua perspektif:

1) Ilmu rekayasa energi (engineering)
2) Kosmologi Qur'ani (Islamic worldview)

Pendekatan integratif ini merupakan fondasi metodologis dalam disertasi sebagai ilustrasi awal bahwa fenomena alam yang memengaruhi PLTS dapat dibaca secara ilmiah sekaligus dikaitkan dengan konsep kosmologis dalam Al-Qur'an, yang akan dibahas lebih lanjut pada Bab IV dan bab V.[107]

6. Landasan Teoretis Integrasi dan Pengembangan PLTS

a. Kerangka Teoretis Interdisipliner PLTS

Pengembangan PLTS membutuhkan pendekatan interdisipliner yang melibatkan teori fisika (fotovoltaik), ilmu sistem tenaga, ekonomi energi, tata kelola, hingga keberlanjutan. Kompleksitas PLTS muncul karena sifatnya yang intermiten, dipengaruhi kondisi alam, dan membutuhkan integrasi dengan jaringan PLN yang memiliki karakteristik teknis spesifik.[108]

Menurut *PLN Solar Energy Handbook*, integrasi PLTS dalam skala besar membutuhkan pemahaman yang seimbang antara aspek teknis (engineering), ekonomi (LCOE, curtailment), dan regulasi (grid code,

[107]Al-Qur'an, Surah *Asy-Syams* , Yunus, An-Naba', Al-Hijr,Al Mu'minun; ayat-ayat tentangMatahari, angin (*al-rīḥ*) dan air (*al-mā'*), kajian tematik kosmologi alam dalam Bab IV dan Bab V Disertasi ini.

[108]MIT Energy Initiative, *The Future of Solar Energy*, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press, 2015, hal12–14.

hosting capacity).[109] Dengan demikian, landasan teoretis PLTS tidak dapat berdiri sendiri, tetapi harus dibangun secara multi-teori.

b. Teori Teknis: Fotolistrik, Smart Grid, dan Sistem Tenaga
   1) Teori Fotolistrik Efek fotolistrik, sebagaimana dijelaskan oleh Einstein, menjadi dasar konversi energi cahaya menjadi energi listrik pada sel surya.[110] Efisiensi modul dipengaruhi oleh bandgap material, kualitas permukaan, temperatur sel, dan spektrum cahaya.
   2) Teori Sistem Tenaga (Power System Theory).Dalam sistem tenaga, PLTS dikategorikan sebagai Variable Renewable Energy (VRE) sehingga integrasinya memerlukan pengaturan frekuensi, tegangan, ramping rate, dan kapasitas cadangan (reserve margin). Menurut PLN, PLTS memberi kontribusi variabilitas daya sebesar 5–25% tergantung lokasi dan waktu puncak radiasi, sehingga membutuhkan sistem tenaga yang luwes.[111]
   3) Teori *Smart Grid*.*Smart grid* mendukung integrasi PLTS melalui digitalisasi, sensor real-time, inverter pintar (smart inverter), dan sistem monitoring SCADA.[112].Handbook PLN menjelaskan bahwa smart inverter diperlukan untuk:volt–var control,frequency–watt control,dan ride-through capability.[113] PLN bahkan telah menerapkan grid code yang mewajibkan fitur-fitur ini pada PLTS skala utilitas.
   4) Teori Penyimpanan Energi (Energy Storage Theory). PLTS membutuhkan *BESS* untuk mengurangi intermittency dan menyediakan layanan ancillary. PLN menekankan bahwa tanpa BESS, penetrasi PLTS di sistem Jawa-Bali hanya dapat mencapai 10–15% karena risiko overgeneration siang hari.[114]

c. Teori Ekonomi Energi dan Transisi Teknologi
   1) Ekonomi Energi *(Energy Economics).* Menurut teori ekonomi energi, teknologi energi akan diadopsi jika biaya marginalnya menurun dan efisiensinya meningkat. *LCOE* PLTS global menurun lebih dari 80% sejak 2010 karena efisiensi modul meningkat, biaya BOS turun, dan rantai pasok membesar.[115] Handbook PLN mengonfirmasi bahwa di Indonesia *real LCOE* PLTS berada di kisaran USD 5–10 sen/kWh

---

[109]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal5–7.

[110]Albert Einstein, "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt," *Annalen der Physik* 17 (1905):, hal. 132-148.

[111]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal.12–15,dan hal.12–15

[112]Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *Smart Grid Handbook*, New York: IEEE Press, 2021, hal. 33–35.

[113]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal. 55–60

[114]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal 78–82.

[115]International Energy Agency, *World Energy Outlook 2022*..., hal..145.

tergantung lokasi, BESS, dan kapasitas sistem.[116] Ini sangat relevan untuk evaluasi keekonomian proyek PLN dan IPP.

2) Teori Difusi Inovasi (Rogers). Adopsi PLTS mengikuti kurva S:inovator → early adopters → early majority → late majority → laggards. Indonesia saat ini masih berada pada tahap *early adoption*, terutama di sektor industri dan komersial
3) Teori Transisi Teknologi (Technological Transition – Geels) PLTS merupakan teknologi *"niche"* yang sedang menekan rezim energi fosil. Transisi energi membutuhkan:perubahan regulasi,perbaikan infrastruktur,insentif ekonomi,dan dukungan sosial.

PLN melalui RUPTL hijau merupakan bukti pergeseran rezim energi secara struktural.[117]

d. Teori Tata Kelola dan Keberlanjutan

Pengembangan PLTS tidak hanya bergantung pada kesiapan teknologi, tetapi juga pada model tata kelola yang mampu mengintegrasikan multiaktor, multi-level governance, inovasi teknologi, dan dinamika pasar energi. Dalam konteks ini, *Co-Creation Theory* (Ramaswamy & Ozcan, 2014) menjadi kerangka tata kelola yang paling sesuai untuk sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060.[118]Teori ini menempatkan seluruh aktor sebagai *co-creators of value* yang terhubung melalui platform kolaborasi, bukan sebagai entitas yang bekerja secara terisolasi.

1) *Co-Creation Governance* sebagai Teori Tata Kelola Utama Teori co-creation memandang bahwa nilai dalam sistem energi tidak lagi diciptakan oleh satu institusi dominan, tetapi merupakan hasil interaksi dinamis antara PLN, pemerintah, industri, investor, masyarakat, penyedia teknologi, serta komunitas prosumer. Interaksi ini berlangsung dalam *engagement platforms* seperti RUPTL, mekanisme tender IPP, skema PLTS atap, platform digital monitoring, grid code, serta forum koordinasi lintas kementerian.[119]

Kerangka co-creation terdiri atas empat elemen pokok:

---

[116]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal. 90–92.

[117]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/HK.02/ MEM.L/2021 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 sampai dengan Tahun 2030* (RUPTL 2021-2030, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2021 , Bab II.

[118]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014),hal. 17–22.

[119]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 45-52.

a) Domains of Experiences – nilai transisi energi tercipta melalui pengalaman pengguna (penghematan biaya listrik, keandalan suplai, kebersihan energi
b) Engagement Platforms – ruang kolaborasi antara PLN, investor, regulator, dan masyarakat.
c) Ecosystems of Capabilities – kombinasi kemampuan teknis (smart grid, BESS, EPC), kelembagaan, finansial, dan sosial.
d) Stakeholding Individuals as Co-Creators – pelanggan, komunitas, regulator, dan sektor swasta menjadi pencipta nilai bersama.

Dalam tata kelola PLTS, co-creation mendorong PLN untuk berpindah dari *single operator* menjadi *orchestrator*, membuka ruang inovasi terbuka (open innovation) dan partisipasi multiaktor. Model ini sangat sesuai dengan karakter PLTS yang terdesentralisasi dan membutuhkan integrasi teknologi serta sosial[120].

2) *Governing the Commons* (Ostrom) sebagai Teori Pendukung.Teori *Governing the Commons* (*Elinor Ostrom, Nobel Prize* 2009) memberikan kerangka etik dan kelembagaan yang memperkuat co-creation. Ostrom menegaskan bahwa keberhasilan pengelolaan *common-pool resources* bergantung pada: aturan main yang disepakati bersama,monitoring kolaboratif,mekanisme sanksi bertingkat, penyelesaian konflik yang mudah diakses, dan pengakuan terhadap otonomi lokal[121]Dalam konteks sistem tenaga nasional, kapasitas jaringan, ruang interkoneksi, dan stabilitas grid merupakan *common resources*. Kerangka Ostrom membantu merancang aturan kolaboratif antara PLN, IPP, pemerintah daerah, dan pengguna PLTS atap agar integrasi berlangsung adil dan efisien.[122]
3) *Polycentric Governance* sebagai Teori Pendukung Kedua. Model polisentris (polycentric governance) menjelaskan bahwa transisi energi terjadi dalam ekosistem keputusan yang berlapis-lapis—PLN, ESDM, KLHK, Kemenperin, pemda, IPP, investor, dan masyarakat—yang saling berhubungan dan tidak berada dalam satu hierarki tunggal.[123]Model ini memperjelas struktur tata kelola, sementara co-creation menjelaskan dinamika interaksi para aktor di dalam struktur tersebut.

---

[120] Ramaswamy & Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*…, hal.103–109.

[121]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990, hal.88–102.

[122]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective ction*..., hal.182–205.

[123]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010), hal.550–557.

Keduanya saling melengkapi:

a) *Polycentric* → struktur kewenangan
b) *Ostrom* → norma dan mekanisme kelembagaan
c) *Co-Creation* → dinamika kolaborasi dan penciptaan nilai

Kerangka integratif ini sangat kuat untuk menjelaskan tantangan sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060.[124]

4) Dimensi Ekonomi, Lingkungan, dan Sosial Pengembangan PLTS
   a) Dimensi Ekonomi: Menurunkan biaya listrik jangka panjang. Mengurangi ketergantungan impor BBM,PLN menyatakan bahwa PLTS dapat mereduksi BPP di beberapa wilayah terpencil.[125]
   b) Dimensi Lingkungan:Emisi PLTS ≈ 20–40 gCO_2/kWh (life cycle), jauh lebih rendah dibanding PLTU: 850–1.100 gCO_2/kWh.,Floating PV mengurangi evaporasi air waduk hingga 20%.[126]
   c) Dimensi Sosial; Meningkatkan akses listrik di wilayah 3T,Memberi peluang kerja lokal pada projek EPC,Menjadi sumber pendapatan masyarakat melalui skema prosumer.
5) Kerangka Regulasi Nasional & Internasional Energi Surya

   Kerangka hukum PLTS di Indonesia mencakup:UU 30/2007 Energi, UU 30/2009 Ketenagalistrikan,PP KEN 79/2014, RUEN, RUKN, RUPTL,Perpres 112/2022 (harga EBT),Permen PLTS Atap 2018–2024.

   Standar internasional: IEC 61215 (modul), IEC 61730 (keamanan), IEEE 1547 (inverter), dan ISO 17025 (pengujian). Handbook PLN mengadaptasi standar ini untuk Grid Code Indonesia.[127]
6) Masa Depan Teknologi dan Sistem PLTS (2025–2060)

   Handbook PLN memproyeksikan bahwa masa depan PLTS di Indonesia ditandai oleh:
   a) Modul efisiensi tinggi (TOPCon, HJT, bifacial).[128]
   b) PV + BESS menjadi standar proyek utilitas.
   c) Floating solar di waduk dan PLTA eksisting.[129]

---

[124] Michael D. McGinnis, "Networks of Adjacent Action Situations in Polycentric Governance," *Policy Studies Journal* 39, no. 1 (2011),hal.51–78.

[125] Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal.130–133.

[126] World Bank, *Floating Solar Handbook* ,Washington, DC: World Bank, 2019, hal. 66–70.

[127]PT PLN (Persero), *PLN Grid Code*, Jakarta: PT PLN (Persero), 2023, Appendix 4 (2023).

[128]Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, *PV Efficiency Report* Freiburg: Fraunhofer ISE, 2023, hal.21

[129]PT PLN (Persero), *PLTS Cirata Technical Notes: Floating Solar Photovoltaic Project at Cirata Reservoir* Jakarta: PT PLN (Persero), 2023, bagian *Technical Design and System Integration*,hal 3-6.

d) Agrovoltaics untuk lahan pertanian produktif.
e) Green hydrogen menggunakan PLTS skala besar (kawasan industri / IKN).
f) AI-based smart grid yang mengoptimalkan dispatch PLTS.

Pada 2060, PLN memperkirakan kapasitas PLTS mencapai 106–109 GW, menjadikannya tulang punggung energi nasional.[130]

C. Pengelolaan PLTS oleh PLN dan Pengembangan PLTS Di Indonesia

Bab ini membahas pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam sistem ketenagalistrikan nasional dengan menempatkan Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai aktor kunci dalam proses perencanaan, pengadaan, investasi, dan pengelolaan operasional energi surya.

Pembahasan Bab III.C difokuskan pada praktik empiris dan tata kelola institusional PLN dalam mengintegrasikan PLTS ke dalam sistem kelistrikan nasional, serta dinamika kebijakan dan regulasi yang memengaruhi pengembangannya.

Berbeda dengan Bab III.A yang telah menguraikan kedudukan PLN dalam sistem energi nasional, hierarki kebijakan energi, serta evolusi RUPTL, Bab III.C secara khusus menelaah bagaimana kebijakan dan peran tersebut diimplementasikan dalam praktik pengelolaan PLTS. Dengan demikian, bab ini berfungsi sebagai jembatan antara kerangka normatif–institusional dan analisis strategis menuju perumusan model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS pada Bab V.

Secara analitis, Bab III.C mengintegrasikan pendekatan ekonomi energi, tata kelola kelembagaan, dan teori partisipatif khususnya paradigma *co-creation* untuk menjelaskan tantangan dan peluang pengembangan PLTS menuju target Net Zero Emissions (NZE) 2060. Fokus utama bab ini mencakup lingkup dan peran PLN dalam pengelolaan PLTS nasional, skema pengadaan dan investasi, tantangan tata kelola, serta evaluasi kritis atas praktik koordinasi PLN dengan pemangku kepentingan lain dalam transisi energi.

1. Lingkup dan Peran PLN dalam Pengelolaan PLTS Nasional

Dalam sistem ketenagalistrikan Indonesia, PLN memegang peran strategis yang bersifat multidimensional dalam pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Peran tersebut tidak hanya terbatas sebagai penyedia listrik, tetapi mencakup fungsi perencanaan sistem, pengadaan, pengelolaan jaringan, serta pembeli tenaga listrik dari pembangkit swasta.

---

[130]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) Tahun 2025–2060*)..., Bab,IV.,hal. 102–108 dan 121–154.

Secara yuridis dan kelembagaan, posisi PLN sebagai pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik (IUPTL) menjadikannya aktor sentral dalam menentukan arah dan kecepatan pengembangan energi terbarukan, termasuk PLTS.[131]

Pertama, PLN berperan sebagai perencana sistem ketenagalistrikan melalui penyusunan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL). Dalam konteks PLTS, peran ini mencakup penetapan target kapasitas, lokasi pengembangan, serta integrasi PLTS ke dalam sistem interkoneksi nasional dan regional. Meskipun hierarki kebijakan energi nasional—seperti KEN, RUEN, dan RUK telah dibahas pada Bab III.A, implementasi kebijakan tersebut secara operasional diwujudkan melalui RUPTL yang disusun dan dieksekusi oleh PLN.[132]

Kedua, PLN menjalankan fungsi operator sistem dan penjaga keandalan jaringan. Integrasi PLTS ke dalam sistem kelistrikan menghadirkan tantangan teknis akibat sifat intermiten energi surya. Dalam hal ini, PLN bertanggung jawab memastikan stabilitas frekuensi, tegangan, dan keseimbangan pasokan–beban melalui pengaturan dispatch, pengelolaan cadangan daya, serta integrasi PLTS dengan pembangkit penyangga seperti PLTA, PLTG, dan sistem penyimpanan energi.[133]Fungsi ini menegaskan bahwa pengembangan PLTS tidak dapat dilepaskan dari kapasitas manajerial dan teknis PLN sebagai *system operator*.

Ketiga, dalam skema pembangkit swasta, PLN berperan sebagai single buyer dan off-taker tenaga listrik. Melalui perjanjian jual beli tenaga listrik (*Power Purchase Agreement*/PPA), PLN menjamin penyerapan listrik dari PLTS skala utilitas yang dikembangkan oleh Independent Power Producer (IPP). Peran ini krusial dalam menentukan tingkat *bankability* proyek PLTS, karena kepastian pembelian listrik oleh PLN menjadi dasar utama bagi pembiayaan proyek oleh lembaga keuangan.[134]

Keempat, PLN juga bertindak sebagai pelaksana pengadaan dan pemilik aset untuk PLTS yang dibangun secara langsung oleh perusahaan. Skema ini mencakup pengadaan barang dan jasa melalui mekanisme EPC (Engineering, Procurement, and Construction) untuk PLTS milik PLN, termasuk PLTS atap fasilitas PLN, proyek dedieselisasi di wilayah terpencil, serta PLTS di daerah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar). Dalam skema ini,

---

[131]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*..., Pasal 10–11

[132]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, Bab VI

[133]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal. 45–52.

[134]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Project Development and Finance*..., hal. 67–70.

PLN bertanggung jawab penuh atas pembangunan, operasi, dan pemeliharaan aset PLTS.[135]

Dengan demikian, lingkup peran PLN dalam pengelolaan PLTS nasional mencerminkan posisi ganda sebagai regulator operasional, operator teknis, pembeli listrik, dan pemilik aset. Kompleksitas peran ini menempatkan PLN sebagai *system integrator* dalam ekosistem PLTS nasional, sekaligus menjadikan kualitas tata kelola PLN sebagai faktor penentu keberhasilan transisi energi menuju NZE 2060.

2. Manajemen Tata Kelola Energi Terbarukan oleh PLN

Manajemen tata kelola energi terbarukan oleh PLN mencerminkan upaya institusional untuk mengintegrasikan kebijakan energi nasional dengan praktik operasional di lapangan. Dalam konteks pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), tata kelola ini mencakup rangkaian proses yang meliputi perencanaan, pengadaan, pengoperasian, serta evaluasi kinerja pembangkit dalam sistem ketenagalistrikan nasional. Peran PLN dalam keseluruhan siklus ini menempatkannya sebagai aktor kunci yang menentukan efektivitas transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.

Pada tahap perencanaan, PLN mengintegrasikan target pengembangan PLTS ke dalam RUPTL sebagai dokumen operasional utama. Perencanaan ini tidak hanya bersifat kuantitatif dalam penetapan kapasitas terpasang, tetapi juga mempertimbangkan aspek spasial, kesiapan jaringan, serta kesesuaian teknologi dengan karakteristik sistem kelistrikan di masing-masing wilayah. Dalam praktiknya, perencanaan PLTS harus diselaraskan dengan kondisi kelebihan pasokan (*oversupply*) di beberapa sistem interkoneksi akibat dominasi pembangkit berbasis batubara, sehingga pengembangan PLTS sering ditempatkan secara selektif dan bertahap.[136]

Tahap berikutnya adalah pengadaan, yang menjadi titik krusial dalam tata kelola PLTS oleh PLN. Pengadaan dilakukan melalui beberapa skema yang berbeda, yaitu pengadaan pembangkit oleh IPP melalui PPA, pengadaan langsung oleh PLN melalui mekanisme EPC, serta fasilitasi pemasangan PLTS atap oleh pelanggan. Setiap skema memiliki implikasi tata kelola yang berbeda, baik dari sisi regulasi, pembiayaan, maupun pembagian risiko. Dalam konteks ini, PLN berperan sebagai pengelola

[135]PT PLN (Persero), *Statistik PLN 2023*, Jakarta: PLN, 2024, hal.112–118

[136]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, VI.1–VI.6.

proses pengadaan sekaligus penjaga kepatuhan terhadap regulasi pengadaan barang dan jasa serta kebijakan energi terbarukan.[137]

Dalam aspek pengoperasian dan pemeliharaan, PLN bertanggung jawab menjaga keandalan sistem kelistrikan yang semakin kompleks akibat masuknya pembangkit intermiten seperti PLTS. Pengelolaan ini mencakup pengaturan dispatch, pemantauan kinerja pembangkit, serta koordinasi dengan pembangkit penyangga dan sistem penyimpanan energi. Keterbatasan infrastruktur *smart grid* dan belum meratanya penerapan teknologi penyimpanan energi menyebabkan integrasi PLTS masih menghadapi tantangan teknis, khususnya pada sistem kelistrikan dengan penetrasi energi surya yang meningkat.[138]

Aspek evaluasi dan pengendalian kinerja menjadi bagian penting dari manajemen tata kelola PLTS. Evaluasi dilakukan terhadap capaian target kapasitas, kinerja teknis pembangkit, serta dampak ekonomi dan lingkungan dari pengembangan PLTS. Namun, evaluasi ini masih cenderung bersifat teknokratik dan belum sepenuhnya memasukkan dimensi partisipasi sosial dan keberlanjutan jangka panjang. Kondisi ini menunjukkan bahwa tata kelola PLTS oleh PLN masih didominasi pendekatan top-down, dengan ruang partisipasi aktor non-negara yang relatif terbatas[139]

Dari perspektif kelembagaan, manajemen tata kelola energi terbarukan oleh PLN menunjukkan adanya ketegangan antara mandat sebagai badan usaha milik negara yang berorientasi pada efisiensi keuangan dan peran strategisnya sebagai agen transisi energi nasional. Di satu sisi, PLN dituntut menjaga kesehatan keuangan perusahaan dan stabilitas sistem; di sisi lain, PLN diharapkan menjadi penggerak utama pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan dan inklusif. Ketegangan ini tercermin dalam kehati-hatian PLN dalam mengembangkan PLTS, terutama pada sistem dengan margin cadangan daya yang tinggi.[140]

Dengan demikian, manajemen tata kelola energi terbarukan oleh PLN dapat dipahami sebagai proses adaptif yang terus berkembang di tengah tekanan kebijakan, keterbatasan teknis, dan dinamika pasar energi. Analisis terhadap tata kelola ini menjadi dasar penting untuk memahami skema pengadaan, investasi, serta tantangan koordinasi PLN–PLTS yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

---

[137]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*..., Pasal 22–28.

[138]Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal.88–96.

[139]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 90–102

[140] International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*..., hal.214–218.

3. Skema Pengadaan Pembangunan dan Pengelolaan PLTS

Pengadaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan instrumen kunci dalam pengelolaan transisi energi di Indonesia. Skema pengadaan yang diterapkan tidak hanya menentukan struktur kepemilikan dan pembiayaan proyek PLTS, tetapi juga memengaruhi tingkat partisipasi pelaku usaha, daya tarik investasi, serta kecepatan adopsi energi surya dalam sistem ketenagalistrikan nasional.

Dalam praktiknya, pengadaan PLTS di Indonesia dapat diklasifikasikan ke dalam tiga skema utama, yaitu: (1) pengadaan PLTS skala utilitas melalui mekanisme Independent Power Producer (IPP), (2) pengadaan pembangunan PLTS oleh PLN melalui skema Engineering, Procurement, and Construction (EPC), dan (3) pengelolaan serta pemasangan PLTS atap oleh pelanggan.

a. Pengadaan PLTS Skala Utilitas melalui Skema IPP (PPA)

Pengadaan PLTS skala utilitas pada umumnya dilakukan melalui mekanisme IPP, di mana pengembang swasta membangun dan mengoperasikan pembangkit, sementara PLN bertindak sebagai pembeli tunggal listrik melalui perjanjian jual beli tenaga listrik (*Power Purchase Agreement*/PPA).

Secara regulatif, mekanisme ini mengalami evolusi yang signifikan seiring perubahan kebijakan energi nasional. Landasan awal pengadaan pembangkit swasta ditetapkan melalui PP Nomor 14 Tahun 2012 yang memberikan ruang bagi lelang terbuka, pemilihan langsung, dan penunjukan langsung dalam kondisi tertentu, termasuk untuk energi baru dan terbarukan.[141] Ketentuan ini kemudian diperluas melalui PP Nomor 23 Tahun 2014 yang memperlonggar mekanisme pengembangan dan perluasan proyek pembangkit.

Pada tahap berikutnya, Permen ESDM Nomor 12 Tahun 2017 memperkenalkan mekanisme tarif berbasis Biaya Pokok Penyediaan (BPP) regional, dengan batas harga listrik EBT sebesar 85–100 persen dari BPP setempat. Meskipun dimaksudkan untuk melindungi keuangan PLN, kebijakan ini justru menurunkan tingkat *bankability* proyek PLTS di wilayah dengan BPP rendah.[142] Respons terhadap keterbatasan tersebut muncul melalui Permen ESDM Nomor 4 Tahun 2020 yang membuka ruang negosiasi langsung antara PLN dan pengembang, khususnya untuk proyek energi terbarukan.

---

[141]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik*, Pasal 25 ayat (1)–(3).

[142]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*, Pasal 5–7.

Perubahan paling signifikan terjadi dengan diterbitkannya Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 yang menetapkan Harga Patokan Tertinggi (HPT) sebagai acuan pengadaan PLTS dan memperluas penggunaan penunjukan langsung untuk proyek EBT tertentu. Perpres ini juga memberikan fleksibilitas terhadap kewajiban Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) melalui skema relaksasi bertahap.[143]

Dalam konteks ini, PLN memperoleh peran yang lebih besar dalam menentukan bentuk pengadaan dan struktur kontrak PLTS, namun tetap menghadapi tantangan dalam menjaga keseimbangan antara daya tarik investasi dan keberlanjutan keuangan perusahaan.

b. Pengadaan Pembangunan PLTS oleh PLN melalui Skema EPC

Selain melalui IPP, PLN juga mengembangkan PLTS dengan skema pengadaan barang dan jasa melalui mekanisme EPC. Dalam skema ini, PLTS dibangun sebagai aset milik PLN, dengan pendanaan yang berasal dari belanja modal perusahaan, pinjaman, atau dukungan pendanaan pemerintah. Skema EPC umumnya digunakan untuk proyek PLTS dedieselisasi, PLTS di wilayah 3T, serta PLTS atap pada fasilitas milik PLN.

Pengadaan EPC mengikuti ketentuan pengadaan barang dan jasa BUMN serta regulasi internal PLN, yang menekankan prinsip transparansi, efisiensi, dan akuntabilitas. Perbedaan mendasar antara skema EPC dan IPP terletak pada pembagian risiko dan kepemilikan aset. Dalam EPC, seluruh risiko konstruksi, operasi, dan kinerja jangka panjang berada pada PLN, sementara pada skema IPP risiko tersebut sebagian besar dialihkan kepada pengembang.[144]

Dari perspektif tata kelola, skema EPC memberikan fleksibilitas lebih besar bagi PLN dalam mengendalikan spesifikasi teknis dan integrasi sistem. Namun, keterbatasan kapasitas keuangan PLN serta prioritas investasi pada jaringan transmisi dan distribusi sering kali membatasi skala pengembangan PLTS melalui mekanisme ini. Oleh karena itu, peran EPC dalam pengembangan PLTS cenderung bersifat komplementer terhadap skema IPP, bukan sebagai pengganti utama.

c. Pengelolaan dan Pemasangan PLTS Atap

PLTS atap merupakan bentuk pengembangan energi surya yang paling dekat dengan konsumen dan memiliki potensi besar untuk mendorong partisipasi masyarakat dalam transisi energi. Namun, pengalaman Indonesia menunjukkan bahwa PLTS atap mengalami dinamika regulasi yang relatif fluktuatif. Permen ESDM Nomor 49 Tahun

---

[143]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan...,* Pasal 22–28.

[144]PT PLN (Persero), *Pedoman Pengadaan Barang dan Jasa PLN*, Jakarta: PLN, 2023, hal. 33–4

2018 memperkenalkan skema ekspor-impor energi dengan kredit ekspor sebesar 65 persen, yang kemudian diperbaiki melalui Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 dengan pemberian kredit ekspor 100 persen meskipun dibatasi masa berlaku.[145]

Kebijakan ini secara luas dipandang sebagai periode paling progresif bagi pengembangan PLTS atap.

Sebaliknya, Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2024 menggeser orientasi PLTS atap ke skema *self-consumption* dengan pembatasan manfaat ekspor energi serta penerapan kuota jaringan. Perubahan ini dinilai menurunkan daya tarik PLTS atap, terutama bagi pelanggan rumah tangga dan sektor komersial, karena berkurangnya insentif ekonomi dari ekspor listrik ke jaringan PLN.[146] Kondisi ini memperlihatkan bahwa stabilitas regulasi menjadi faktor kunci dalam mendorong adopsi PLTS atap.

Pengalaman internasional menunjukkan bahwa negara-negara seperti Jerman, Amerika Serikat, India, dan Tiongkok berhasil mendorong pertumbuhan PLTS atap melalui kombinasi insentif tarif, net-metering yang stabil, dan kemudahan perizinan. Praktik-praktik tersebut memberikan referensi penting bagi Indonesia dalam merancang kebijakan PLTS atap yang lebih konsisten dan partisipatif.[147]

d. Implikasi Tata Kelola Skema Pengadaan PLTS

Ketiga skema pengadaan PLTS tersebut menunjukkan bahwa pengembangan energi surya di Indonesia sangat dipengaruhi oleh desain regulasi dan peran PLN sebagai aktor sentral. Skema IPP memberikan skala dan percepatan kapasitas, skema EPC memastikan pengembangan di wilayah strategis dan terpencil, sementara PLTS atap membuka ruang partisipasi publik. Tantangan utama terletak pada sinkronisasi ketiga skema tersebut agar tidak saling melemahkan, melainkan membentuk portofolio pengadaan PLTS yang seimbang dan berkelanjutan.

4. Investasi dan Pendanaan Pengembangan PLTS

Investasi dan pendanaan merupakan faktor penentu keberhasilan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia. Skema investasi yang diterapkan tidak hanya memengaruhi kecepatan penambahan kapasitas PLTS, tetapi juga menentukan keberlanjutan finansial PLN serta tingkat partisipasi pelaku usaha swasta dan komunitas.

---

[145]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018* dan *Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021*.

[146]Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, , *Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap*.

[147]International Energy Agency (IEA), *Renewables 2023*..., hal. 145–152.

Dalam konteks RUPTL 2025–2034, pengembangan pembangkit Listrik termasuk PLTS didominasi oleh skema investasi swasta melalui Independent Power Producer (IPP), sementara peran investasi langsung PLN semakin selektif dan strategis.

a. Pembagian Peran Investasi antara PLN dan IPP

RUPTL 2025–2034 menunjukkan bahwa sekitar 71 persen tambahan kapasitas pembangkit direncanakan dikembangkan oleh IPP, sedangkan sisanya oleh PLN. Pola ini mencerminkan keterbatasan kapasitas keuangan PLN sekaligus kebijakan pemerintah untuk mendorong partisipasi swasta dalam pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan.[148] Dalam pengembangan PLTS, pembagian peran ini menempatkan PLN sebagai fasilitator sistem dan pembeli listrik, sementara IPP bertanggung jawab atas investasi awal, konstruksi, dan operasi pembangkit.

Namun, dominasi IPP dalam investasi PLTS juga membawa implikasi tata kelola yang signifikan. Ketergantungan pada investasi swasta membuat keberhasilan pengembangan PLTS sangat sensitif terhadap kepastian regulasi, struktur tarif, serta persepsi risiko proyek. Dalam kondisi di mana regulasi sering berubah atau tarif tidak kompetitif, minat investasi IPP terhadap PLTS cenderung menurun, terutama pada sistem dengan kelebihan pasokan listrik.[149]

b. Bankabilitas Proyek PLTS dan Skema PPA

Bankabilitas merupakan isu sentral dalam pembiayaan proyek PLTS. Skema *Power Purchase Agreement* (PPA) antara PLN dan pengembang menjadi instrumen utama yang menentukan kelayakan finansial proyek. Faktor-faktor seperti durasi kontrak, kepastian tarif, mekanisme eskalasi harga, serta pembagian risiko curtailment sangat memengaruhi keputusan lembaga keuangan dalam memberikan pembiayaan.[150]

Penerapan Harga Patokan Tertinggi (HPT) melalui Perpres 112/2022 memberikan kepastian batas atas tarif, namun juga membatasi fleksibilitas pengembang dalam menyesuaikan harga dengan kondisi risiko dan biaya lokal. Selain itu, kewajiban TKDN yang relatif tinggi, meskipun disertai relaksasi, tetap menjadi tantangan dalam menekan

---

[148]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*), VI.1–VI.6.

[149]International Energy Agency (IEA), *Indonesia Energy Outlook* 2023..., hal. 98–102

[150]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Finance: Theory and Practice*..., hal. 54–60.

biaya investasi PLTS. Kondisi ini menjelaskan mengapa beberapa proyek PLTS skala utilitas mengalami keterlambatan atau renegosiasi kontrak.[151]

c. Pembiayaan Hijau: JETP, Blended Finance, dan Green Bond

Dalam rangka mendukung transisi energi, berbagai skema pembiayaan hijau mulai diperkenalkan untuk memperkuat pengembangan PLTS. Salah satu inisiatif utama adalah *Just Energy Transition Partnership* (JETP), yang bertujuan menyediakan pembiayaan konsesional dan dukungan teknis untuk mempercepat pengurangan emisi sektor kelistrikan. Selain itu, pendekatan *blended finance* yang mengombinasikan dana publik, swasta, dan donor internasional dipandang sebagai instrumen efektif untuk menurunkan risiko investasi PLTS.[152]

PLN juga mulai memanfaatkan instrumen keuangan hijau seperti *green bond* dan *green sukuk* untuk mendanai proyek-proyek energi terbarukan. Instrumen ini tidak hanya memperluas sumber pendanaan, tetapi juga meningkatkan akuntabilitas dan transparansi penggunaan dana untuk proyek berkelanjutan. Meskipun demikian, pemanfaatan pembiayaan hijau masih menghadapi tantangan dalam hal kesiapan proyek, kapasitas institusional, dan kepastian arus kas.[153]

d. Implikasi Keuangan terhadap PLN dan Sistem Ketenagalistrikan

Dari perspektif keuangan perusahaan, pengembangan PLTS membawa implikasi jangka panjang bagi PLN. Di satu sisi, peningkatan porsi energi surya dapat menurunkan biaya bahan bakar dan emisi karbon. Di sisi lain, kontrak PPA jangka panjang dan kewajiban pembayaran kapasitas berpotensi menambah beban keuangan PLN jika tidak diimbangi dengan reformasi struktur tarif dan pengelolaan aset pembangkit eksisting.[154]

Dengan demikian, investasi dan pendanaan PLTS perlu ditempatkan dalam kerangka tata kelola energi yang terintegrasi, yang mempertimbangkan keseimbangan antara kepentingan finansial PLN, daya tarik investasi, dan tujuan dekarbonisasi nasional. Analisis ini menjadi dasar untuk membahas tantangan tata kelola dan evaluasi koordinasi PLN–PLTS pada subbab berikutnya.

---

[151]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga*..., Pasal 23–26

[152]Government of Indonesia & International Partners, *Just Energy Transition Partnership (JETP) Indonesia Comprehensive Investment Plan*, Jakarta, 2023, hal. 12–18

[153]World Bank, *Green Bond Market Development in Emerging Economies* Washington, DC: World Bank, 2022, hal. 33–39.

[154]PT PLN (Persero), *Laporan Tahunan 2023*, Jakarta: PLN, 2024, 210–218

5. Tantangan Tata Kelola dan Evaluasi Koordinasi PLN–PLTS

Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia tidak hanya menghadapi tantangan teknis dan finansial, tetapi juga persoalan tata kelola yang kompleks. Tantangan ini muncul dari karakter sistem ketenagalistrikan yang masih didominasi pembangkit fosil, struktur kelembagaan yang terpusat, serta dinamika regulasi yang belum sepenuhnya sinkron.

Dalam konteks ini, evaluasi terhadap koordinasi antara PLN, pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat menjadi krusial untuk memahami hambatan struktural dalam transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.

a. Tantangan Struktural dalam Tata Kelola PLTS

Salah satu tantangan utama pengembangan PLTS adalah kondisi kelebihan pasokan listrik (*oversupply*) di sejumlah sistem interkoneksi, terutama di Jawa–Bali. Dominasi pembangkit berbasis batubara dengan kontrak jangka panjang membatasi fleksibilitas sistem untuk menyerap energi surya secara optimal. Akibatnya, pengembangan PLTS sering diposisikan sebagai pelengkap, bukan pengganti utama pembangkit fosil.[155]

Tantangan lainnya adalah keterbatasan kapasitas jaringan dan *hosting capacity* untuk mengakomodasi pembangkit intermiten. Meskipun teknologi *smart grid* dan sistem penyimpanan energi telah mulai diperkenalkan, implementasinya belum merata dan masih terbatas pada proyek percontohan. Kondisi ini memperlihatkan kesenjangan antara target kebijakan dan kesiapan infrastruktur teknis.[156]

b. Evaluasi Koordinasi Kelembagaan PLN–PLTS

Dari sisi kelembagaan, koordinasi pengembangan PLTS melibatkan banyak aktor, termasuk Kementerian ESDM, Kementerian BUMN, PLN, pemerintah daerah, IPP, serta lembaga keuangan. Struktur multi-aktor ini mencerminkan pendekatan *polycentric governance*, namun dalam praktiknya koordinasi antarlembaga masih lemah dan fragmentatif. Tidak adanya mekanisme meta-koordinasi yang kuat menyebabkan kebijakan sering berjalan parsial dan kurang sinkron.[157]

Peran PLN sebagai *single buyer* dan operator sistem menempatkannya pada posisi yang dominan dalam menentukan kecepatan dan skala pengembangan PLTS. Namun, dominasi ini juga memunculkan

---

[155] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, VI.10–VI.15.

[156] Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*..., hal. 101–108.

[157]Elinor Ostrom, *Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change*, Global Environmental Change 20, no. 4, 2010, hal. 550–557.

kritik terkait minimnya ruang partisipasi komunitas dan aktor lokal dalam pengambilan keputusan. Dalam banyak kasus, pengembangan PLTS masih bersifat top-down dan belum sepenuhnya mencerminkan prinsip pengelolaan sumber daya bersama (*commons*).[158]

c. Evaluasi Pengelolaan PLTS Berdasarkan Teori Ilmiah

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif, pengelolaan PLTS oleh PLN dapat dievaluasi menggunakan beberapa teori ilmiah utama yang telah dibahas pada Bab II. Evaluasi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kerangka teoretis dan praktik empiris di lapangan.

Dalam perspektif co-creation, kebijakan PLTS atap yang semakin restriktif, terutama pasca Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2024, menunjukkan melemahnya ruang partisipasi masyarakat sebagai co-creator energi. Dari sudut pandang governing the commons, listrik masih dikelola secara sentralistik dan belum memberikan ruang bagi mekanisme pengelolaan kolektif berbasis komunitas. Sementara itu, pendekatan *polycentric governance* tercermin dari banyaknya aktor yang terlibat, tetapi tanpa koordinasi yang efektif.[159]

Dari sisi kapabilitas organisasi, PLN menunjukkan adaptasi melalui pengembangan unit energi terbarukan dan pemanfaatan teknologi baru, yang sejalan dengan teori dynamic capabilities. Namun, adaptasi ini belum merata di seluruh unit dan wilayah. Dalam aspek teknologi, penerapan smart grid dan penyimpanan energi masih terbatas, sehingga integrasi PLTS belum optimal. Evaluasi ini juga menunjukkan bahwa meskipun PLTS berkontribusi pada penurunan emisi (*ecological modernization*), transisi energi masih bersifat parsial karena dominasi PLTU batubara.

Dari perspektif common good dan steady-state economy, akses terhadap energi bersih masih belum merata dan sistem energi nasional masih berorientasi pada pertumbuhan berbasis fosil.[160]

Tabel 3.10. Evaluasi Capaian PLTS Nasional terhadap Target Pra-2025

Aspek	Target Pra-2025	Realisasi ±2024	Kesenjangan	Catatan Evaluatif
Kapasitas PLTS nasional	±3–5 GW (RUEN)	±0,6–0,7 GW	Sangat besar	Target terlalu optimistis tanpa

[158]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102

[159]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 63–70

[160]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, Washington, DC: Island Press, 1991, hal. 17–25

				kesiapan PLN
PLTS atap	Motor utama EBT	Melambat sejak 2024	Tinggi	Perubahan regulasi (Permen 2/2024)
PLTS utilitas	Skala besar	Terkonsentrasi di proyek tertentu	Parsial	Terkendala PPA & BPP
Kontribusi NZE	Awal transisi	Minim dampak	Tinggi	PLTU masih dominan

d. Implikasi Tata Kelola terhadap Transisi Energi

Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa tantangan utama pengembangan PLTS tidak semata-mata terletak pada teknologi atau pendanaan, melainkan pada desain tata kelola dan koordinasi kelembagaan. Tanpa reformasi tata kelola yang lebih partisipatif dan terintegrasi, pengembangan PLTS berpotensi berjalan lambat dan tidak sejalan dengan target NZE 2060. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang mampu menjembatani kepentingan negara, pasar, dan masyarakat dalam satu kerangka kolaboratif.

Analisis ini menjadi dasar bagi pembahasan selanjutnya mengenai model penguatan tata kelola berbasis *co-creation* dan rekomendasi kebijakan untuk sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

6. Penguatan Tata Kelola PLN–PLTS dan Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan analisis pengelolaan PLTS, skema pengadaan, investasi, serta evaluasi tantangan tata kelola pada subbab sebelumnya, terlihat bahwa pengembangan PLTS di Indonesia memerlukan penguatan tata kelola yang bersifat sistemik dan kolaboratif.

Penguatan ini tidak hanya ditujukan untuk mempercepat penambahan kapasitas PLTS, tetapi juga untuk memastikan bahwa transisi energi berjalan secara berkelanjutan, berkeadilan, dan selaras dengan target Net Zero Emissions (NZE) 2060.

a. Penguatan Peran PLN sebagai System Integrator

Dalam sistem ketenagalistrikan nasional, PLN perlu memperkuat perannya sebagai *system integrator* yang mampu mengorkestrasi interaksi antara negara, pasar, dan masyarakat. Peran ini menuntut transformasi PLN dari sekadar operator teknis dan pembeli listrik menjadi pengelola ekosistem energi terbarukan. Penguatan peran tersebut mencakup peningkatan kapasitas perencanaan jaringan, pengembangan *smart grid*,

serta integrasi sistem penyimpanan energi untuk mendukung penetrasi PLTS yang lebih tinggi.[161]

Penguatan fungsi *system integrator* juga mensyaratkan reformasi internal PLN, termasuk penyelarasan insentif organisasi dan penguatan kapabilitas sumber daya manusia di bidang energi terbarukan. Tanpa transformasi internal yang memadai, peran PLN sebagai penggerak transisi energi berisiko terhambat oleh kepentingan jangka pendek dan keterbatasan struktural.[162]

b. Reformasi Kebijakan Pengadaan dan Regulasi PLTS

Reformasi kebijakan pengadaan PLTS perlu diarahkan pada peningkatan konsistensi dan kepastian regulasi. Untuk PLTS skala utilitas, implementasi Perpres 112/2022 perlu diiringi dengan mekanisme evaluasi berkala terhadap Harga Patokan Tertinggi (HPT) agar tetap mencerminkan dinamika biaya teknologi dan risiko proyek. Sementara itu, pengadaan PLTS melalui skema EPC oleh PLN perlu difokuskan pada proyek strategis seperti dedieselisasi dan pengembangan di wilayah 3T[163].

Dalam konteks PLTS atap, kebijakan yang terlalu restriktif berpotensi melemahkan partisipasi masyarakat dan pelaku usaha kecil. Oleh karena itu, diperlukan peninjauan ulang kebijakan PLTS atap agar kembali memberikan insentif yang memadai, baik melalui skema tarif, kemudahan perizinan, maupun dukungan pembiayaan. Pengalaman internasional menunjukkan bahwa stabilitas kebijakan merupakan prasyarat utama bagi pertumbuhan PLTS atap yang berkelanjutan.[164]

Tabel 3.11. Analisis Penyebab Kesenjangan Target dan Realisasi PLTS

Faktor	Deskripsi	Dampak terhadap PLTS
Regulasi tidak konsisten	PLTS atap berubah-ubah	Investor ragu
Skema harga	BPP & HPT	Proyek tidak bankable
Peran PLN	Single buyer + operator	Konflik kepentingan
Pendanaan	Green finance terbatas	Skala kecil
Tata kelola	Top-down	Partisipasi lemah

Zainal Arifin dan Indra Syifai, *Indonesia Solar Energy Handbook*…,hal.120–128.

[162]David J. Teece, "Dynamic Capabilities and Strategic Management" ..., vol. 18, no. 7, 1997, hal. 509–533.

[163]Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia**,** *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga* ..., Pasal xx/Lampiran xx., Pasal. 22–28.

[164]International Energy Agency (IEA), *Distributed Solar PV: Policy and Market Outlook*..., hal. 41–48

c. Penguatan Skema Investasi dan Pembiayaan Berkelanjutan

Pengembangan PLTS membutuhkan dukungan skema pembiayaan yang inovatif dan berkelanjutan. Pemanfaatan *blended finance*, pembiayaan konsesional, serta instrumen keuangan hijau perlu diperluas untuk menurunkan risiko investasi dan meningkatkan *bankability* proyek PLTS.

Dalam hal ini, PLN dapat berperan sebagai *anchor institution* yang memberikan kepastian pasar dan memfasilitasi kolaborasi dengan lembaga keuangan nasional maupun internasional.[165]

Selain itu, integrasi pembiayaan hijau dengan kebijakan transisi energi nasional seperti JET perlu dioptimalkan agar manfaat pembiayaan tidak hanya dirasakan pada proyek berskala besar, tetapi juga menjangkau PLTS komunitas dan PLTS atap. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip keadilan energi dan pemerataan pembangunan.[166]

d. Penguatan Koordinasi Kelembagaan dan Partisipasi Publik

Penguatan tata kelola PLN–PLTS juga mensyaratkan perbaikan koordinasi antarlembaga dan peningkatan partisipasi publik. Pembentukan mekanisme koordinasi lintas sektor yang lebih formal dapat membantu mengurangi fragmentasi kebijakan dan meningkatkan sinkronisasi antara perencanaan nasional dan implementasi daerah. Dalam konteks ini, pendekatan *polycentric governance* perlu diterjemahkan ke dalam praktik kelembagaan yang lebih operasional.[167]

Partisipasi publik dan komunitas energi juga perlu diperkuat sebagai bagian dari strategi transisi energi. Keterlibatan masyarakat tidak hanya meningkatkan penerimaan sosial terhadap proyek PLTS, tetapi juga membuka peluang penciptaan nilai ekonomi lokal. Prinsip-prinsip *co-creation* menawarkan kerangka konseptual yang relevan untuk mengintegrasikan partisipasi masyarakat ke dalam tata kelola energi nasional.[168]

7. Model *Co-Creation* dan Pengembangan Wirausaha Mandiri Berbasis PLTS

Dalam upaya mencapai target Net Zero Emissions (NZE) 2060, pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia tidak

---

[165]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Blended Finance for Renewable Energy...*, hal. 22–29.

[166]Government of Indonesia & International Partners, *JETP Indonesia Comprehensive Investment Plan*, Jakarta, 2023, hal. 30–36.

[167] Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557

[168]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* ..., hal.85–92.

dapat hanya mengandalkan pendekatan teknokratik dan sentralistik yang bertumpu pada negara atau PLN sebagai aktor dominan. Pendekatan tersebut memang berperan penting dalam menjaga stabilitas sistem dan kepatuhan regulatif, namun memiliki keterbatasan dalam menjangkau dimensi sosial, ekonomi lokal, dan keberlanjutan jangka panjang.

Dalam konteks tersebut, Paradigma Co-Creation yang dikembangkan oleh Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan memberikan kerangka analitis yang relevan untuk menjelaskan transformasi peran masyarakat dalam ekosistem PLTS. Paradigma ini memandang penciptaan nilai bukan sebagai hasil aktivitas sepihak institusi besar, melainkan sebagai proses kolaboratif yang melibatkan perusahaan, pengguna, komunitas, dan pemangku kepentingan dalam suatu ekosistem yang saling terhubung. Nilai ekonomi, sosial, dan ekologis dihasilkan melalui interaksi berkelanjutan antaraktor.[169]

Oleh karena itu, pengembangan PLTS memerlukan pendekatan yang lebih partisipatif dengan melibatkan masyarakat dan pelaku usaha lokal sebagai bagian integral dari proses transisi energi nasional.[170]

Penerapan paradigma co-creation dalam pengelolaan PLTS membuka ruang bagi masyarakat untuk bertransformasi dari konsumen energi menjadi pelaku aktif dalam ekosistem energi terbarukan, melalui keterlibatan dalam instalasi, pemeliharaan, layanan teknis, distribusi lokal, hingga pengembangan usaha mandiri berbasis energi surya. Dengan demikian, PLTS tidak hanya berfungsi sebagai infrastruktur energi, tetapi juga sebagai platform pemberdayaan ekonomi lokal, khususnya di wilayah pedesaan dan kawasan 3T. Atas dasar ini, Subbab III.C.7 selanjutnya membahas struktur keterlibatan aktor, peta transformasi pelaku usaha, serta implikasi strategis model co-creation bagi PLN dan pemerintah dalam transisi energi menuju NZE 2060.

a. Diagram Co-Creation: Struktur Sistemik Keterlibatan dalam Pengembangan PLTS

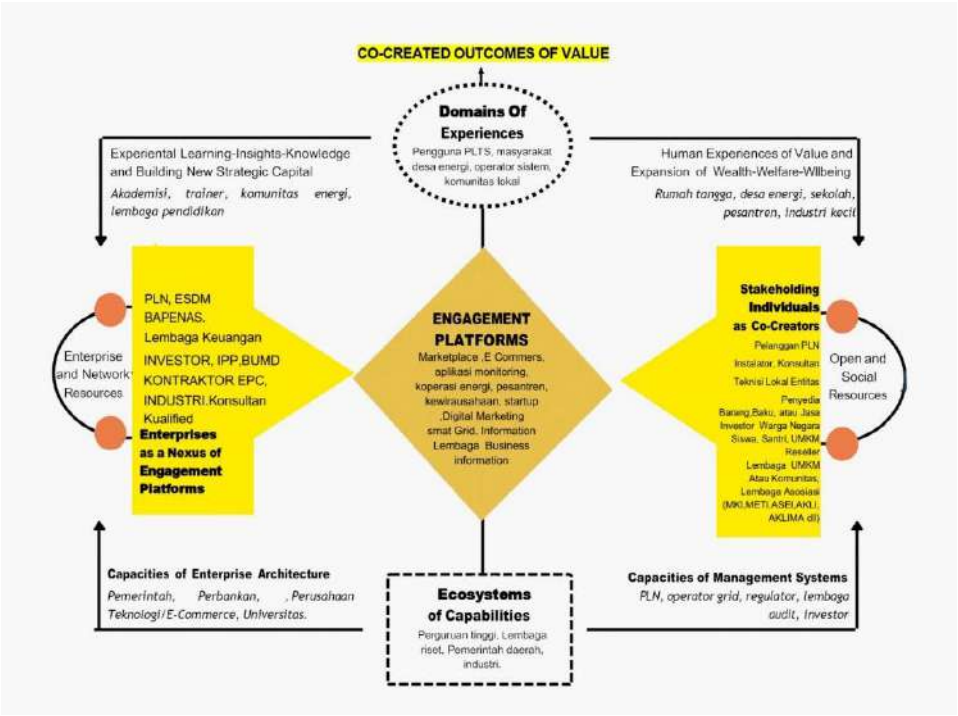
Komponen pertama, stakeholding individuals as co-creators, menempatkan individu sebagai aktor utama dalam penciptaan nilai. Dalam konteks PLTS, individu—seperti pelanggan listrik PLN ,Intalator, Konsultan, teknisi lokal, Penyedia barang-jasa ,reseller, investor warganegara ,komunitas, petani energi, pelajar,santri, UMKM,Lembaga MKI, MEI, ASEI, AKLI dan warga desa—tidak lagi diposisikan sebagai konsumen pasif, melainkan sebagai *co-creator* yang terlibat secara aktif dalam perancangan, implementasi, pemeliharaan, dan penyempurnaan sistem

---

[169]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal. 3–18.

[170]International Energy Agency ,IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector...*,

PLTS sesuai kebutuhan lokal. Pergeseran peran ini menandai transformasi relasi produsen–konsumen menjadi relasi kolaboratif berbasis partisipasi dan pembelajaran bersama.[171]



Gambar. 3.1. Gambar Implementasi Co Creation Theory Sinkronisasi Penglolaan PLN PLTS Menuju NZE 2060.

Komponen kedua, engagement platforms, berfungsi sebagai ruang interaksi yang memungkinkan terjadinya kolaborasi, pertukaran pengetahuan, dan inovasi bersama. Dalam ekosistem PLTS, platform ini mencakup sarana digital—seperti *marketplace* ,E-Commerce, Pelatihan Kewirausahaaan, Start Up, Digital Marketing,Smart Grid, Lembaga Bisnis PLTS, Pelatiahan Keuangan maplikasi instalasi dan *monitoring*, serta pelatihan daring—maupun sarana fisik, seperti pusat pelatihan kewirausahaan energi, koperasi energi, pesantren kewirausahaan, dan komunitas lokal. Platform keterlibatan ini berperan sebagai penghubung antaraktor, sekaligus sebagai medium pembentukan pengalaman kolektif dalam pengelolaan energi surya.[172]

Komponen ketiga, enterprises as a nexus of platforms, menunjukkan peran organisasi sebagai simpul (*nexus*) yang mengorkestrasi interaksi

[171]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.52-55.

[172]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.60-66

lintas aktor. Dalam konteks Indonesia, entitas seperti PLN, BUMDes, koperasi desa, *startup* energi, dan perusahaan menengah–besar direposisi bukan semata-mata sebagai produsen atau penyedia layanan, tetapi sebagai pengelola platform yang memfasilitasi proses *co-creation*. PLN, dalam kerangka ini, tidak hanya berfungsi sebagai operator sistem dan *off-taker*, tetapi juga sebagai *platform orchestrator* yang menjembatani kepentingan negara, pasar, dan komunitas dalam pengembangan PLTS.

Tabel 3.12. Evaluasi Pengelolaan Berbagai Jenis PLTS

Jenis PLTS	Praktik Pengelolaan	Teori yang Selaras	Teori yang Tidak Selaras	Evaluasi Kritis
PLTS Terapung	Proyek besar, top-down	Smart Grid, Ecological Modernization	Co-Creation, Commons	Teknologi maju, partisipasi lemah
PLTS Agrovoltaic	Pilot terbatas	Commons, Co-Creation (potensial)	Dynamic Capabilities	Regulasi belum siap
PLTS Dedieselisasi	PLN dominan	Common Good	Polycentric Governance	Efektif teknis, kurang lokal
PLTS Ground-mounted	IPP-centric	Dynamic Capabilities	Commons	Bergantung PPA
PLTS Atap	Berbasis pelanggan dan komunitas	Co-Creation, Polycentric Governance, Commons	Monopoli sentralistik	Potensial memperluas partisipasi publik dan desentralisasi energi, tregulasi Exim listrik, kapasitas jaringan, dan kebijakan PLN

Komponen keempat, ecosystems of capabilities, merepresentasikan jaringan kapabilitas kolektif yang terbentuk dari interaksi sosial, ekonomi, lingkungan, dan sipil. Kapabilitas ini dibangun secara bersama oleh PLN,

pemerintah daerah, lembaga pendidikan, pelaku usaha lokal, dan masyarakat desa energi. Ekosistem kapabilitas tersebut memperkuat ketahanan sistem PLTS melalui pengembangan pengetahuan teknis, keterampilan kewirausahaan, kapasitas kelembagaan, serta nilai-nilai keberlanjutan yang berkembang secara simultan dan saling memperkuat.

Komponen kelima, domains of experiences, menegaskan bahwa pengalaman manusia menjadi sumber utama penciptaan nilai. Pengalaman pengguna, teknisi, komunitas, dan pelaku usaha lokal dalam mengelola dan memanfaatkan PLTS menjadi dasar evaluasi keberhasilan sistem, tidak hanya dari sisi teknis dan ekonomi, tetapi juga dari sisi sosial dan lingkungan. Dengan menjadikan pengalaman sebagai pusat analisis, paradigma *co-creation* memastikan bahwa pengembangan PLTS bersifat kontekstual, adaptif, dan berorientasi pada kebutuhan nyata masyarakat.

Seluruh proses *co-creation* tersebut bermuara pada co-created outcomes, yaitu pencapaian *wealth*, *welfare*, dan *wellbeing* secara simultan. *Wealth* tercermin dalam penciptaan nilai ekonomi dan peluang usaha berbasis PLTS; *welfare* dalam peningkatan kesejahteraan sosial dan perluasan akses energi yang adil; sedangkan *wellbeing* dalam peningkatan kualitas hidup serta keberlanjutan ekologis.

Dengan demikian, Diagram Co-Creation tidak sekadar menggambarkan alur penciptaan nilai, melainkan merepresentasikan struktur sistemik keterlibatan aktor dalam pengembangan PLTS yang menjadi fondasi konseptual bagi Model Co-Creation dan Wirausaha Mandiri Berbasis PLTS dalam disertasi ini.[173]

b. Peta Transformasi Co-Creation Menuju Wirausaha PLTS

Paradigma Co-Creation membuka jalur transformasi bertahap bagi individu dan komunitas untuk berkembang menjadi pelaku ekonomi mandiri berbasis PLTS. Transformasi ini dimulai dari peran individu sebagai pelanggan aktif yang memahami manfaat ekonomi, teknis, dan lingkungan energi surya. Pada tahap selanjutnya, individu bertransisi menjadi mitra teknis atau reseller melalui *engagement platforms* berupa pelatihan, marketplace, dan jejaring komunitas energi.

Seiring meningkatnya kapasitas dan pengalaman, individu atau kelompok dapat berkembang menjadi UMKM atau start-up PLTS yang mandiri, berperan sebagai penyedia jasa instalasi, inovator teknis, maupun pelatih instalasi. Transformasi ini berujung pada terbentuknya komunitas energi terbarukan yang tidak hanya menjalankan aktivitas ekonomi, tetapi juga terlibat dalam pengelolaan kolektif energi berbasis koperasi atau komunitas. Model ini telah mulai diimplementasikan melalui berbagai

[173]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 41–45.

program pelatihan dan inkubasi PLTS berbasis komunitas, termasuk di lingkungan pesantren kewirausahaan dan pendidikan vokasional.[174]

c. Implikasi Strategis Model Co-Creation bagi Transisi Energi

Model co-creation menegaskan bahwa transisi energi merupakan strategi pembangunan nasional berbasis kolaborasi lintas aktor. Melalui pendekatan ini, masyarakat bertransformasi dari pengguna energi menjadi co-creator energi melalui pelatihan, inkubasi bisnis, dan keterlibatan aktif dalam proyek PLTS komunitas. Bagi PLN, paradigma ini menuntut pergeseran peran dari produsen dominan menuju fasilitator dan pengorkestra ekosistem energi surya. Pemerintah dan BUMN energi berperan strategis dalam membangun platform nasional PLTS yang mempertemukan pelaku usaha, komunitas, investor, dan lembaga keuangan secara kolaboratif.[175]

d. Integrasi Nilai Co-Creation dengan Perspektif Qur'ani

Paradigma Co-Creation selaras dengan nilai-nilai Qur'ani yang menekankan partisipasi, keadilan, dan pemberdayaan manusia. Prinsip *syūrā* (musyawarah) menegaskan pentingnya pengambilan keputusan kolektif; nilai *amanah* dan keadilan menekankan tanggung jawab etis dalam pengelolaan energi sebagai amanah publik; dan prinsip *ta'āwun* (kolaborasi) memperkuat legitimasi kerja sama lintas aktor. Konsep *istikhlāf* memberikan dasar teologis bagi pelibatan aktif masyarakat dalam pengelolaan energi terbarukan, sementara nilai *insyirah* menegaskan bahwa transformasi energi merupakan proses bertahap dan berkelanjutan.[176]

e. Sintesis Integratif

Secara keseluruhan, Bab III.C item 7 menunjukkan bahwa Paradigma Co-Creation memungkinkan transformasi bertahap dari konsumen menjadi pelaku usaha energi terbarukan melalui platform pembelajaran, kemitraan strategis, dan ekosistem partisipatif. Dengan kolaborasi lintas actor PLN, pelaku usaha berbagai skala, investor, lembaga keuangan, dan masyarakat lokal—terbentuk ekosistem PLTS yang inklusif, berkeadilan, dan berkelanjutan, sekaligus memperkuat nilai-nilai Qur'ani dalam tata kelola energi nasional.

---

[174] International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*,

[175]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector...*, 2021

[176] Al-Qur'an, QS Asy-Syura/42:38; QS An-Nisa/4:58; QS Al-Ma'idah/5:2; QS Al-Baqarah2:30; QS Asy-Syarh/94: 5–6.

D. Pengelolaan Sumber Daya Alam Menuju *Net Zero Emission (Nze)* 2060

1. Pengertian Pengelolaan Sumber Daya Alam Menuju NZE 2060

Pengelolaan sumber daya alam (SDA) menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 merupakan proses transformasi struktural dalam tata kelola energi nasional yang menempatkan keberlanjutan, keadilan antargenerasi, dan efisiensi sistem sebagai tujuan utama pembangunan. Dalam konteks ini, SDA—khususnya energi—tidak lagi dipahami semata sebagai komoditas ekonomi jangka pendek, melainkan sebagai amanah publik yang harus dikelola secara bertanggung jawab agar tetap tersedia bagi generasi mendatang. Paradigma tersebut sejalan dengan komitmen Indonesia dalam Persetujuan Paris dan strategi jangka panjang rendah karbon yang menuntut penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) secara bertahap hingga mencapai nol bersih pada 2060.[177]

Dalam kerangka NZE, pengelolaan SDA mencakup seluruh rantai nilai sistem energi, mulai dari perencanaan sumber energi primer, pengembangan pembangkit, penguatan jaringan transmisi dan distribusi, hingga pengelolaan sisi permintaan (demand-side management). Energi baru dan terbarukan (EBT) khususnya energi surya (PLTS), air, angin, panas bumi, dan bioenergi—diposisikan sebagai tulang punggung dekarbonisasi sektor ketenagalistrikan, menggantikan dominasi pembangkit fosil yang berintensitas emisi tinggi.[178] Pada saat yang sama, kebijakan efisiensi energi, elektrifikasi sektor transportasi dan industri, serta pengembangan teknologi penyimpanan energi menjadi komponen integral dalam pengelolaan SDA menuju NZE.[179]

Pendekatan teoritis yang digunakan dalam disertasi ini—antara lain Co-Creation, Polycentric Governance, Governing the Commons, Ecological Modernization, Dynamic Capabilities, dan Smart Grid & Energy Transition—menunjukkan bahwa pengelolaan SDA menuju NZE harus bersifat kolaboratif, desentralistik, dan adaptif. Negara, BUMN seperti PLN, swasta, pemerintah daerah, komunitas lokal, serta rumah tangga perlu dilibatkan sebagai subjek aktif transisi energi. Energi tidak lagi dimonopoli oleh segelintir aktor, tetapi dikelola sebagai common goods bernilai publik

---

[177]Kementrian Sekretariat Negara RI*, Undang-Undang No. 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement*, Pasal 2-3

[178]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector* ..., hal. 34.39.

[179]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector* ..., hal. 56-61.

tinggi yang menghasilkan manfaat ekonomi, sosial, dan ekologis secara simultan.[180]

Dimensi etik pengelolaan SDA menuju NZE diperkaya dengan perspektif Qur'ani. Konsep istikhlāf menegaskan peran manusia sebagai khalifah yang bertanggung jawab menjaga kelestarian alam; mīzān menuntut keseimbangan ekologis dan sosial; ta'āwun mendorong kerja sama kolektif; dan larangan isrāf menekankan efisiensi serta anti-pemborosan sumber daya. Dengan demikian, pengelolaan SDA menuju NZE bukan semata agenda teknokratis-ekonomi, melainkan juga amanah moral dan spiritual.[181]

2. Perkembangan Pengelolaan SDA Indonesia Menuju NZE

a. Arah Kebijakan Energi Nasional: KEN, RUEN, RUKN, dan RUPTL

Perkembangan pengelolaan SDA Indonesia menuju NZE tidak dapat dilepaskan dari arsitektur kebijakan energi nasional. Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memberikan arah jangka panjang bauran energi primer, termasuk target peningkatan porsi EBT. Selanjutnya, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025–2060 dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) menerjemahkan arah tersebut ke dalam rencana pembangunan ketenagalistrikan yang operasional.[182]

RUKN 2025–2060 (Mei 2025) secara eksplisit menempatkan energi surya (PLTS) sebagai kontributor utama penambahan kapasitas pembangkit rendah karbon, dengan target sekitar 106–109 GW pada 2060 dalam skenario NZE sektor energi.[183] Angka ini menegaskan pergeseran paradigma dari sistem kelistrikan berbasis fosil menuju sistem berbasis EBT yang lebih bersih dan berkelanjutan. RUPTL 2025–2034 kemudian menjadi instrumen implementatif awal, yang mengarahkan pembangunan pembangkit EBT, penguatan jaringan, serta pembatasan pembangunan PLTU baru. PLN, sebagai pelaksana RUPTL, berperan sebagai penghubung kebijakan makro dengan realisasi proyek di lapangan.[184]

---

[180]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.12-18 dan hal.158-165.

[181]Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Jakarta: LPMQ, 2019; M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah*, Jakarta: Lentera Hati, QS Al-A'raf/7: 56; QS Ar-Rahman/55: hal. 7–9.

[182]Dewan Energi Nasional, KEN; Pemerintah Indonesia, RUEN,Lampiran 1 hal.3-6.

[183]Kementerian ESDM, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025–2060*).,Bab II dan Bab IV,hal,41-49 dan hal.112-120.

[184]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, Bab I dan Bab III, hal. I-5–I-12 dan III-22–III-31.

b. Peran Strategis Energi Surya (PLTS) dalam Transisi Energi

Di antara berbagai jenis EBT, energi surya memiliki keunggulan strategis yang menjadikannya pilar utama transisi energi Indonesia. Pertama, potensi teknis energi surya Indonesia sangat besar dan tersebar merata di seluruh wilayah, dengan intensitas radiasi yang relatif stabil sepanjang tahun.[185]

Kedua, teknologi PLTS bersifat modular dan fleksibel, dapat dikembangkan dalam berbagai skala dan konteks: PLTS atap, PLTS terapung, agrivoltaics, PLTS ground-mounted, serta program de-dieselisasi di wilayah 3T.

Ketiga, biaya investasi PLTS mengalami penurunan signifikan dalam satu dekade terakhir, menjadikannya semakin kompetitif dibanding pembangkit konvensional, terutama ketika biaya eksternalitas emisi karbon mulai diinternalisasi melalui instrumen Nilai Ekonomi Karbon (NEK).[186]

Keempat, waktu pembangunan PLTS relatif singkat, sehingga efektif untuk percepatan penambahan kapasitas sekaligus penurunan emisi sektor energi. Oleh karena itu, tidak berlebihan jika PLTS diposisikan sebagai backbone pencapaian target NZE 2060 di Indonesia.[187]

c. Trajektori Emisi: LTS–LCCR 2050 dan NZE Roadmap

Dokumen Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience (LTS–LCCR) 2050 memodelkan jalur penurunan emisi nasional yang konsisten dengan Persetujuan Paris. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa emisi sektor energi diperkirakan mencapai puncak sekitar 2030, kemudian menurun seiring peningkatan EBT dan efisiensi energi.[188] Dalam skenario NZE 2060, emisi sektor energi ditargetkan turun hingga sekitar 129 $MtCO_2e$, sementara sektor kehutanan dan penggunaan lahan (FOLU) berperan sebagai penyerap bersih untuk mengimbangi emisi residu sektor lain.[189]

NZE Roadmap sektor energi yang disusun oleh Kementerian ESDM dan PLN merinci jalur teknis dan investasi untuk mencapai target tersebut, dengan PLTS sebagai kontributor terbesar penambahan kapasitas

---

[185]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*..., hal. 68–75.

[186]Kementrian Sekretariat Negara RI,, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon, Pasal 3–6 dan Pasal 20–22.

[187]International Energy Agency (IEA), Net Zero by 2050, hal. 99–102 (peran PLTS sebagai tulang punggung sistem listrik rendah karbon).

[188]Kementerian PPN/Bappenas, *Indonesia's Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050),* Jakarta: Bappenas, 2021, hal. 71–76..

[189]Kementerian PPN/Bappenas, *Indonesia's Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)...*, hal.95-101.

hingga 2060, didukung oleh PLTA, PLTB, panas bumi, bioenergi, serta pengembangan energy storage dan supergrid antarwilayah.[190]

Dengan demikian, pengelolaan SDA khususnya pemanfaatan energi surya menjadi kunci strategis dalam penurunan emisi jangka panjang Indonesia.

3. Hambatan dan Tantangan Pengelolaan SDA Menuju NZE 2060

a. Hambatan Teknis Sistem Ketenagalistrikan

Hambatan teknis merupakan tantangan awal dalam pengelolaan SDA menuju NZE 2060, terutama terkait karakteristik teknologi energi terbarukan variabel (variable renewable energy/VRE) seperti PLTS dan PLTB. Produksi listrik PLTS bersifat intermiten, bergantung pada radiasi matahari dan waktu, sehingga tidak selalu sejalan dengan profil beban sistem. Tanpa dukungan pembangkit fleksibel, penyimpanan energi (battery energy storage system/BESS), dan sistem kendali cerdas, penetrasi PLTS yang tinggi berpotensi menimbulkan gangguan stabilitas tegangan dan frekuensi.[191]

Keterbatasan hosting capacity pada jaringan distribusi juga menjadi kendala utama, khususnya untuk PLTS Atap. Banyak jaringan eksisting belum dirancang untuk menerima aliran daya dua arah (bidirectional power flow). Implementasi smart grid, advanced inverter, serta sistem proteksi adaptif masih terbatas dan memerlukan investasi tambahan yang signifikan.[192] Dalam jangka panjang, RUKN dan NZE Roadmap menempatkan pembangunan supergrid antar wilayah sebagai prasyarat teknis utama untuk menyerap PLTS skala besar (ground-mounted dan terapung) di luar pusat beban.[193]

b. Hambatan Finansial dan Investasi

Dari sisi finansial, transisi energi menuju NZE menuntut investasi yang sangat besar dan berjangka panjang. RUPTL 2025–2034 memperkirakan kebutuhan investasi ketenagalistrikan sekitar Rp 2.780 triliun dalam sepuluh tahun, atau rata-rata Rp 278 triliun per tahun, belum

---

[190]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral & PT PLN (Persero), *Roadmap Net Zero Emission Sektor Energi Indonesia*, Jakarta: KESDM–PLN, 2023), hal. 28–35 dan hal. 62–69

[191]International Energy Agency (IEA), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector ..., Bab 3 “Transforming Electricity Generation”, hal. 56–75.

[192] International Energy Agency (IEA), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector ..., hal.68-72

[193]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Rencana Umum, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025–2060,*Bab III–IV, hal. 61–74 dan hal. 109–123.

termasuk kebutuhan jangka panjang hingga 2060[194]. Dalam kerangka NZE Roadmap, total investasi pembangkit dan transmisi hingga 2060 diperkirakan mencapai sekitar USD 1,09 triliun.[195]

Meskipun biaya unit PLTS terus menurun, skala pengembangan hingga 106–109 GW pada 2060 menjadikan kebutuhan pendanaan tetap sangat besar. Di sisi lain, kondisi keuangan PLN menghadapi keterbatasan akibat beban subsidi dan kompensasi listrik, kewajiban pelayanan publik (PSO), serta kebutuhan investasi jaringan yang tidak selalu layak secara komersial.[196] Tanpa inovasi skema pembiayaan seperti green bonds, blended finance, KPBU, dukungan MDB/JETP, dan optimalisasi Nilai Ekonomi Karbon (NEK) akselerasi PLTS berisiko melambat.

c. Hambatan Regulasi dan Kebijakan

Hambatan regulasi muncul dari ketidakharmonisan dan dinamika kebijakan yang relatif sering berubah. PP No. 112 Tahun 2022 tentang percepatan pengembangan EBT memberikan ruang penunjukan langsung untuk PLTS skala tertentu, tetapi belum sepenuhnya memberikan kepastian insentif jangka panjang bagi PLTS Atap. Revisi berulang kebijakan PLTS Atap termasuk skema ekspor-impor energi menimbulkan regulatory uncertainty yang menurunkan minat investasi masyarakat dan dunia usaha.[197]

Selain itu, kerangka tarif listrik, subsidi, dan kompensasi belum sepenuhnya terintegrasi dengan mekanisme harga karbon dan feed-in tariff yang kompetitif bagi EBT. Kebijakan yang masih berorientasi pada sistem terpusat berbasis PLTU menyulitkan penetrasi PLTS desentralistik dan model bisnis baru berbasis prosumer.[198]

d. Hambatan Kelembagaan dan Koordinasi

Secara kelembagaan, pengelolaan SDA menuju NZE dihadapkan pada fragmentasi kewenangan antarinstansi. Kementerian ESDM, Bappenas, Kementerian Keuangan, KLHK, dan PLN memiliki mandat

---

[194]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...,*Bab VI "Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN", hal. VI-1–VI-12.

[195]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral & PT PLN (Persero), *Roadmap Net Zero Emission Sektor Energi Indonesia*..., hal. 41–48 dan hal. 77–85.

[196]PT PLN (Persero)*, Financial Sustainability Outlook & Corporate Financial Projection,* Jakarta: PLN, 2023, hal. 22–29

[197]Kementrian Sekretariat Negara RI, *Peraturan Pemerintah Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik...,* Pasal 4–7 dan Pasal 17–19.

[198]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Kebijakan Tarif dan Skema Insentif Energi Baru Terbarukan,* Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2022, hal. 11–18.

masing-masing yang belum sepenuhnya tersinkronisasi. Akibatnya, implementasi strategi NZE sering berjalan sektoral dan tidak optimal.[199]

PLN berada pada posisi dilematis: di satu sisi dituntut mempercepat transisi energi dan integrasi PLTS, di sisi lain harus menjaga kesehatan keuangan korporasi dan keandalan sistem. Tantangan ini menunjukkan perlunya model tata kelola polycentric yang memungkinkan pembagian peran lebih seimbang antara pusat, daerah, swasta, dan komunitas.[200]

e. Hambatan Implementasi Nilai Ekonomi Karbon (NEK)

Nilai Ekonomi Karbon (NEK), yang diatur melalui Perpres No. 98 Tahun 2021, dirancang sebagai instrumen untuk menginternalisasi biaya eksternal emisi GRK. Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan: standar measurement, reporting, and verification (MRV) yang belum seragam, risiko double counting, serta harga karbon yang relatif rendah dan volatil.[201]

Bursa karbon domestik (IDXCarbon) telah beroperasi, tetapi volumenya masih terbatas dan belum sepenuhnya terintegrasi dengan kebijakan ketenagalistrikan dan strategi dekarbonisasi PLN. Akibatnya, sinyal harga karbon belum cukup kuat untuk mendorong pergeseran investasi dari pembangkit fosil ke PLTS secara masif.[202]

f. Hambatan Sosial dan Politik

Transisi energi juga menghadapi resistensi sosial dan politik, terutama terkait kekhawatiran kenaikan tarif listrik, risiko keandalan pasokan, serta dampak ekonomi penutupan PLTU terhadap daerah penghasil batu bara. Tanpa skema just transition meliputi perlindungan sosial, reskilling tenaga kerja, dan diversifikasi ekonomi local kebijakan dekarbonisasi berpotensi menimbulkan gejolak sosial.[203]

Dalam konteks ini, PLTS khususnya PLTS Atap dan program de-dieselisasi memiliki keunggulan karena manfaatnya dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, UMKM, dan wilayah 3T, sehingga meningkatkan acceptability kebijakan transisi energi.[204]

---

[199]Kementerian PPN/Bappenas, *Indonesia's Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)...*, hal, 83–90.

[200]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557.

[201]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon, Pasal 1–5 dan Pasal 21–24.

[202]IDXCarbon, *Laporan Awal Implementasi Perdagangan Karbon Indonesia*, Jakarta: Bursa Efek Indonesia, 2023, hal. 7–15

[203]International Labour Organization (ILO) & World Bank, *Just Energy Transition for Developing Economies*, Washington, DC: World Bank, 2021, hal. 19–27.

[204]International Labour Organization (ILO) & World Bank, Just Energy Transition for Developing Economies..., hal. 19–27.

g. Sintesis Tantangan Sistemik dan Implikasi Kebijakan Pengelolaan SDA Energi Menuju NZE 2060

Secara keseluruhan, berbagai hambatan teknis, finansial, regulasi, kelembagaan, dan sosial-politik menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya alam energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 bukan semata-mata persoalan ketersediaan teknologi, melainkan persoalan tata kelola sistemik yang mencakup regulasi, pembiayaan, infrastruktur jaringan, dan relasi antaraktor.[205]

Dalam konteks ini, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki relevansi strategis karena memiliki emisi paling rendah secara *life-cycle*,[206] menunjukkan tren biaya listrik (*levelized cost of electricity*/ LCOE) yang semakin kompetitif dalam jangka menengah–panjang[207], serta bersifat modular dan fleksibel untuk dikembangkan melalui model partisipatif berbasis *co-creation* dan *prosumer*.[208]

Implikasi kebijakan dari sintesis ini menegaskan perlunya pendekatan terpadu yang tidak hanya berfokus pada percepatan pembangunan kapasitas PLTS, tetapi juga mencakup reformasi regulasi yang konsisten, inovasi pembiayaan yang inklusif, penguatan dan digitalisasi jaringan listrik, serta pemberdayaan aktor non-negara sebagai bagian dari tata kelola energi yang lebih polisentris.[209] Tanpa perubahan sistemik tersebut, target pengembangan PLTS nasional sebesar 101–115 GW pada tahun 2060 berisiko sulit dicapai secara berkelanjutan.[210]

4. Analisis Kuantitatif Emisi Karbon dan Kapasitas Pembangkit Menuju NZE 2060

Subbab ini menyajikan analisis kuantitatif yang menjadi penguat utama argumentasi Bab III.D, yaitu bagaimana pengelolaan SDA—khususnya melalui PLTS multi-jenis mampu menurunkan emisi karbon sektor energi

---

[205]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*.., hal. 18–23

[206]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*..., hal. 6.6–6.8 (bab energi dan *life-cycle emissions* PLTS).

[207] International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs in 2023*..., hal., 12–19

[208] Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford, CA: Stanford University Press, 2014, hal. 12–18, 159–165

[209]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102, Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557

[210]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2025–2060*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2024), 74–79; Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional

secara sistemik menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Analisis dilakukan dengan mengaitkan kapasitas pembangkit (GW), emisi ($MtCO_2e$), dan intensitas emisi per satuan kapasitas, serta dikaitkan dengan implikasi kebijakan dan pembiayaan.

a. Target Emisi Sektor Energi dalam Skenario NZE 2060

Berdasarkan LTS–LCCR 2050, NZE Roadmap sektor energi, dan RUKN 2025–2060, total emisi nasional pada 2060 diarahkan menuju net zero, dengan konfigurasi tampak dalam Tabel 3.13. .bahwa :1) Emisi residu sektor energi ≈ 129 $MtCO_2e$,2) Emisi IIPU (Industrial Processes and Product Use), 45 $MtCO_2e$, 3)Agriculture (Petanian) 101 $MtCO_2e$, 4)Waste (Emisi dari pengelolaan limbah) 87 $MtCO_2e$ dan 5)Emisi sektor FOLU -362 $MtCO_2e$ menjadi penyerap bersih yang mengimbangi emisi residu tersebut.[211]

Tabel 3.13. Emisi Nasional Indonesia Menurut LTS–LCCR dan NZE 2060 ($MtCO_2e$)

Tahun	Energy	IPPU	Agriculture	FOLU	Waste	Net Emissions
2010	453	35	84	470	89	1.131
2020	638	55	88	98	139	1.018
2030	1.030	62	94	-140	198	1.244
2040	960	55	98	-246	170	1.037
2050	572	50	102	-304	120	540
2060	129	45	101	-362	87	0

Sumber: Kementerian ESDM & Bappenas, LTS–LCCR 2050 dan NZE Roadmap.[212]

Tabel 3.13.. ini penting untuk menjelaskan bahwa NZE 2060 bukan berarti nol emisi absolut, melainkan nol bersih, di mana emisi residu sektor energi diimbangi oleh penyerapan karbon sektor lain.

IPPU adalah emisi gas rumah kaca yang berasal dari proses industri dan penggunaan produk, bukan dari pembakaran energi.

---

[211]Kementerian PPN/Bappenas, *Indonesia's Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*, Jakarta: Bappenas, 2021, hal. hal. 23–27, 89–92. → Dasar pembagian emisi nasional, konsep *net zero (net)*, dan peran sektor energi vs FOLU Net Sink

[212]Djoko Siswanto. *Perkembangan Pembaruan Rancangan Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional*. Presentasi pada Forum Akselerasi Energi Terbarukan Jawa Tengah, Semarang, 19 Desember 2023 sumber, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience (LTS–LCCR) and Net Zero Emission (NZE) Pathway 2060*. Jakarta: Kementerian ESDM dan Bappenas, 2021

Agriculture (Pertanian) Emisi dari kegiatan pertanian biologis, terutama seperti Metana (CH_4) dari sawah,Metana dari peternakan *(enteric fermentation)*, Dinitrogen oksida (N_2O) dari pupuk

FOLU (Forestry and Other Land Use), Emisi dan/atau serapan karbon dari sektor kehutanan dan penggunaan lahan lainnya

Waste (Limbah),Emisi dari pengelolaan limbah:,TPA (CH_4 dari pembusukan sampah), Air limbah domestik & industry Limbah B3

Di dalam Tabel 3.14. menunjukkan bahwa pada tahun 2060 sektor energi dengan emisi 129,0 $MtCO_2e$, sedangkan pembangkitan listrik merupakan kontributor terbesar diproyeksikan sekitar 99–100 $MtCO_2e$, sementara sisanya berasal dari sektor energi non-pembangkit seperti transportasi, industri energi, dan bangunan.[213]

Tabel 3.14. Struktur Emisi Sektor Energi Indonesia pada 2060 (Skenario NZE)

Komponen Sektor Energi	Emisi ($MtCO_2e$)	Persentase
Pembangkitan listrik	± 99,6	± 77%
Energi non-pembangkit (transport, industri, bangunan)	± 29,4	± 23%
Total sektor energi	129,0	100%

Sumber: diolah dari LTS–LCCR 2050; NZE Roadmap sektor energi; RUKN 2025–2060[214]

b. Intensitas Emisi per Kapasitas Pembangkit ($MtCO_2e$/GW)

Untuk memahami efektivitas teknologi pembangkit, emisi perlu dinormalisasi terhadap kapasitas terpasang. Dengan pendekatan ini, dapat ditunjukkan perbedaan struktural antara pembangkit fosil dan EBT, khususnya PLTS.

Tabel 3.15. Perbandingan Intensitas Emisi Pembangkit (Indikatif)

Jenis Pembangkit	Faktor Emisi (gCO_2e/kWh, life-cycle)	Emisi per GW ($MtCO_2e$/tahun, indikatif)
PLTU Batubara	800–1.100	5,5 – 7,0
PLTG Gas	400–600	2,5 – 3,5
PLTS (Solar PV)	20–60	0,15 – 0,30

[213]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang RUKN 2025–2060* ..., hal. 41–47, 102–108.(→ Sumber target emisi sektor energi, proyeksi pembangkitan, dan kapasitas PLTS 106–109 GW.)

[214] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *AR6 Working Group III: Mitigation of Climate Change*..., hal. 505–510, 566–571.→ Faktor emisi *life-cycle* pembangkit listrik (coal, gas, solar PV, wind).

PLTB (Angin)	5–20	0,05 – 0,15

Catatan: perhitungan indikatif dengan asumsi capacity factor tipikal masing-masing teknologi.[215]

Dari tabel ini terlihat bahwa emisi PLTS per GW hanya sekitar 3–5% dari emisi PLTU, bahkan lebih rendah bila dibandingkan secara operasional (tanpa life-cycle).

c. Evolusi Emisi PLTS: 2025–2060

Meskipun kapasitas PLTS meningkat signifikan hingga 106–109 GW pada 2060, total emisi dari PLTS tetap sangat rendah karena faktor emisinya kecil.

Tabel 3.16. Perkiraan Emisi PLTS Indonesia

Tahun	Kapasitas PLTS (GW)	Emisi PLTS ($MtCO_2e$/tahun)	Intensitas ($MtCO_2e$/GW)
2025	± 1,5	± 0,3	± 0,20
2030	± 10	± 1,8	± 0,18
2040	± 40	± 6,0	± 0,15
2050	± 80	± 10,0	± 0,13
2060	106–109	± 14,0	± 0,13

Sumber: estimasi dari RUPTL 2025–2034; RUKN 2025–2060; faktor emisi IPCC–NREL[216]

Tabel ini menunjukkan paradoks positif: kapasitas naik tajam, tetapi intensitas emisi per GW justru menurun, seiring peningkatan efisiensi modul dan penurunan emisi manufaktur global.

d. Analisis Perbandingan: PLTS vs Pembangkit Fosil

Bila total emisi pembangkitan listrik 2060 sekitar 99,6 $MtCO_2e$, maka dominasi PLTS dan EBT lain menjadi faktor kunci. Tanpa PLTS, emisi pembangkitan akan jauh melampaui ambang NZE.

Secara sederhana:

1) 1 GW PLTU ≈ 6 $MtCO_2e$/tahun,
2) 1 GW PLTS ≈ 0,15 $MtCO_2e$/tahun.

Artinya, setiap 1 GW PLTS yang menggantikan PLTU mengurangi emisi sekitar 5,85 $MtCO_2e$ per tahun. Dalam skala 100

---

[215]Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) AR6, *Life-cycle GHG Emissions of Electricity* dan NREL, *Life Cycle Assessment of Energy Technologies*.dan National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation Technologies* ,.., hal.. 7–15.

[216]IPCC AR6, *Life-cycle GHG Emissions of Electricity*.,NREL, *Life Cycle Assessment of Energy Technologies*. dan PT PLN (Persero), *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034*, Jakarta: PLN, 2025, Bab VI,hal.. VI-3–VI-10..

GW PLTS, potensi pengurangan emisi mencapai ≈ 585 $MtCO_2e$/tahun dibanding skenario fosil angka yang menjelaskan mengapa PLTS menjadi tulang punggung NZE.[217]

e. Implikasi terhadap Kebijakan NZE dan Pengelolaan SDA

Analisis kuantitatif ini menegaskan tiga hal penting:

1) Secara ilmiah, PLTS adalah teknologi pembangkit dengan intensitas emisi paling rendah setelah hidro dan angin.
2) Secara sistemik, peningkatan kapasitas PLTS tidak meningkatkan beban emisi sektor energi secara signifikan.
3) Secara kebijakan, target PLTS 106–109 GW pada 2060 adalah pilihan rasional untuk menjaga emisi pembangkitan tetap berada di bawah ±100 $MtCO_2e$.

Dengan demikian, pengelolaan SDA menuju NZE 2060 tidak dapat dilepaskan dari strategi ekspansi PLTS multi-jenis (atap, terapung, agrivoltaics, ground-mounted, dan de-dieselisasi) yang terintegrasi dengan kebijakan jaringan dan pembiayaan.

5. LCOE Sebagai Instrumen Kebijakan NZE

Levelised Cost of Electricity (LCOE) merupakan indikator ekonomi kunci untuk membandingkan biaya pembangkitan lintas teknologi dalam satuan biaya rata-rata per energi listrik sepanjang umur proyek. Secara prinsip, LCOE mengakumulasi seluruh biaya terdiskonto CAPEX, biaya operasi dan pemeliharaan (O&M), biaya bahan bakar, biaya dekomisioning, serta (bila diberlakukan) biaya emisi/karbon kemudian membaginya dengan total energi listrik terdiskonto yang dihasilkan selama umur aset[218]. Dengan demikian, LCOE tidak hanya alat teknis-ekonomi, tetapi juga instrumen kebijakan untuk menilai apakah arah investasi ketenagalistrikan (RUPTL/RUKN) telah konsisten dengan jalur NZE.

Dalam konteks Indonesia, penurunan biaya teknologi surya global (modul, inverter, BOS) dan skala proyek menyebabkan LCOE PLTS—khususnya utility-scale (ground-mounted/floating) dan semakin kompetitif untuk PLTS atap mengalami tren menurun jangka panjang[219]. Namun, pada fase transisi awal, LCOE PLTS di Indonesia dapat tampak lebih tinggi dibanding "biaya" PLTU bila masih dipengaruhi oleh (i) biaya pendanaan (WACC) yang tinggi akibat risiko regulasi dan bankability, (ii) kebutuhan

---

[217]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, .., hal. 58–64, 118–123.

[218](Rumus/konsep LCOE) Rujuk bagian LCOE pada dokumen kajian Penulis (*LCOE.docx*), dan definisi metode LCOE yang dirujuk di dalamnya,hal.. 6-7.

[219](Tren LCOE global) Kompilasi dan ringkasan tren LCOE pada *LCOE.docx* (bagian perbandingan lintas negara dan tren jangka panjang). dan proyeksi 2020–2050, hal. 2–3,danhal. 5. (Menunjukkan tren penurunan LCOE PLTS dan angin serta kenaikan biaya fosil akibat harga karbon).

penguatan jaringan/penyimpanan untuk integrasi VRE, dan (iii) friksi kebijakan seperti TKDN dan desain tarif/insentif yang belum stabil.[220] Karena itu, perbaikan kebijakan pembiayaan (penurunan WACC via blended finance/guarantee), kepastian regulasi, serta penguatan grid menjadi "pengungkit" agar LCOE PLTS benar-benar menjadi sinyal ekonomi yang mendorong percepatan bauran PLTS menuju target NZE.

Lebih penting lagi, ketika instrumen Nilai Ekonomi Karbon (NEK) diimplementasikan (pajak karbon, ETS, offset, atau mekanisme setara), biaya eksternal emisi yang selama ini "tidak terlihat" dalam pembangkit fosil menjadi terinternalisasi[221]. Pada titik ini, pembanding LCOE antar-teknologi menjadi lebih adil: PLTU/PLTG akan menanggung komponen biaya karbon, sedangkan PLTS menanggung emisi yang jauh lebih rendah (terutama pada dimensi life-cycle).[222] Konsekuensinya, prioritas investasi sistem secara rasional bergerak ke teknologi rendah emisi dan rendah biaya total sistem (system cost), sehingga argumentasi "PLTS adalah pilihan terbaik" dalam Bab III.D menjadi kuat pada tiga dimensi sekaligus: (1) paling murah secara sistemik, (2) paling rendah emisi, dan (3) paling fleksibel untuk model partisipatif (co-creation),

Tabel 3.17. Ringkasan LCOE dan Arah Tren

Teknologi	LCOE global (kisaran indikatif)	Arah tren 2020–2050	Catatan implikasi untuk Indonesia
PLTS utilitas (ground/floating)	paling kompetitif di banyak wilayah	turun	dipercepat jika WACC turun & grid kuat
PLTS atap	kompetitif pada beban siang & tarif tertentu	turun	dipengaruhi desain net-metering/tarif & biaya perizinan
PLTB	kompetitif di lokasi bagus	turun/flat	butuh integrasi grid & balancing
PLTG (CCGT/peak	sensitif harga gas & karbon	flat/naik bila karbon	fungsi fleksibilitas (peaker/back-up)

[220](Konteks Indonesia: WACC/TKDN/regulatory risk) Kompilasi kajian Indonesia dalam *LCOE.docx* (bagian Indonesia: masa lalu–masa depan dan faktor penahan penurunan biaya),hal. 3-5.(Menjelaskan peran WACC tinggi, kewajiban TKDN, dan risiko regulasi terhadap LCOE PLTS Indonesia.)

[221]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon,Pasal 3–6 dan Pasal 41–44.(Dasar hukum harga karbon, perdagangan karbon, dan internalisasi biaya emisi dalam sistem energi).

[222](Life-cycle emissions) Materi "Faktor Emisi Referensi Valid" yang penulis susun: *dalam BAB III D. EMISI FACTOR REFRENSI VALID.docx,* hal.1-4 (rujukan IPCC/NREL/NREL harmonization yang dicantumkan di dokumen itu),hal.1-4, Menyajikan rentang 20–60 gCO_2e/kWh untuk PLTS dan perbandingan lintas teknologi.

er)		masuk	
PLTU batubara	sensitif batubara, retrofit, dan karbon	naik bila karbon/standar lingkungan masuk	risiko aset terdampar (stranded asset)

Sumber: ringkasan dari kompilasi LCOE pada dokumen *LCOE* (kompilasi literatur), serta rujukan lembaga internasional dan kajian Indonesia yang dicantumkan di dalamnya.[223]

Memasukkan NEK ke LCOE

Secara praktis, NEK dapat dimasukkan ke LCOE melalui komponen biaya emisi per energi listrik. Jika harga karbon dinyatakan sebagai P_c(mis. Rp/tonCO_2e atau USD/tonCO_2e) dan intensitas emisi operasional pembangkit fosil adalah EF(tonCO_2e/MWh), maka biaya karbon per MWh dapat dihitung:

$$\text{Carbon Cost (per MWh)} = P_c \times EF$$

Komponen ini lalu dimasukkan sebagai bagian dari F_t (biaya variabel) dalam rumus LCOE[224] Dengan cara ini, pembangkit beremisi tinggi otomatis memiliki LCOE efektif yang lebih tinggi ketika kebijakan karbon berjalan. Hal ni sejalan dengan tujuan NEK untuk menciptakan sinyal harga agar investasi berpindah ke teknologi rendah karbon.[225]

Catatan penting bahwa LCOE "tanpa karbon" cocok dipakai untuk membaca biaya privat (private cost), sedangkan LCOE "dengan karbon/NEK" membaca biaya sosial (social cost) yang lebih relevan untuk argumen NZE.[226]

---

[223](Tren LCOE global) Kompilasi dan ringkasan tren LCOE pada *LCOE.docx* (bagian perbandingan lintas negara dan tren jangka panjang). Dan (Konteks Indonesia: WACC/TKDN/regulatory risk) Kompilasi kajian Indonesia dalam *LCOE.docx* (bagian Indonesia: masa lalu–masa depan dan faktor penahan penurunan biaya)., hal. 2-5

[224](Rumus/konsep LCOE) Rujuk bagian LCOE pada dokumen kajian penulis (*LCOE.docx*), dan definisi metode LCOE yang dirujuk di dalamnya.dan Republik Indonesia, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon, hal. 6-7.

[225]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon. hal. 41-44.

[226]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon dan IPCC (AR6)/NREL harmonization—mengikuti rujukan yang sudah di cantumkan dalam dokumen faktor emisi (gunakan sitasi persis sesuai daftar pustaka), hal. 2-4

Tabel 3.18. Backbone "PLTS vs Fosil: Emisi, LCOE, Governance, NEK

Dimensi	PLTS (Atap/Terapung/Agrivoltaic/Ground/De-dieselisasi)	Fosil (PLTU/PLTG)	Implikasi kebijakan (Bab III.D)
Emisi (life-cycle)	rendah (kisaran puluhan gCO_2e/kWh)	tinggi (ratusan–>1000 gCO_2e/kWh)	PLTS menjadi tulang punggung penurunan emisi; fosil makin mahal saat NEK masuk[227]
LCOE (tren jangka panjang)	turun seiring teknologi & skala	rentan naik bila karbon/standar lingkungan masuk	prioritas capacity expansion: PLTS utilitas + PLTS atap; fosil untuk fleksibilitas terbatas[228]
Fleksibilitas implementasi	modular (rumah, UMKM, pesantren, kawasan, waduk, 3T)	proyek besar, lokasi & rantai pasok lebih kaku	memperkuat strategi multi-jenis PLTS hingga 2060 (bukan hanya atap).[229]
Governance & partisipasi	tinggi: prosumer/koperasi/komunitas (co-creation)	cenderung terpusat (single buyer, top-down)	mendukung *polycentric governance* & perluasan ruang partisipasi publik[230]
Instrumen NEK	menghasilkan pengurangan emisi → potensi kredit	menanggung biaya karbon (pajak/ETS/offs	NEK memperbaiki *level playing field*; memasukkan biaya

[227]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector* .., Bab 4 (Power Sector), hal. 150–178.

[228](Tren LCOE global) Kompilasi dan ringkasan tren LCOE pada *LCOE.docx* (bagian perbandingan lintas negara dan tren jangka panjang).dan(Konteks Indonesia: WACC/TKDN/regulatory risk) Kompilasi kajian Indonesia dalam *LCOE.docx* (bagian Indonesia: masa lalu–masa depan dan faktor penahan penurunan biaya). IEA, *Net Zero by 2050*, Annex B (LCOE dan sistem kelistrikan), hal. 201–210.

[229]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034* ,(bagian target pengembangan PLTS multi-jenis dan kebutuhan sistem) , Bab VI "Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN," hal. VI-1 – VI-15.

[230]C. K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, literatur co-creation (sesuai rujukan Bab II); serta literatur Michael D. McGinnis dan Elinor Ostrom, "*Polycentric Governance* and Development," *World Development* 37, no. 11 (2011): hal. 163–173., yang sudah menjadi teori pendukung disertasi.

	karbon	et)	karbon ke evaluasi investasi.[2314]
Risiko sistemik	butuh grid, balancing, dan/atau storage	risiko stranded asset saat regulasi karbon menguat	RUPTL/RUKN harus sinkron: penguatan jaringan + akselerasi EBT.[232]

Sumber: basis faktor emisi life-cycle, dokumen referensi faktor emisi yang disusun dan rujukannya, kerangka NEK (Perpres 98/2021), serta ringkasan LCOE (dokumen *LCOE* kompilasi).[233]

Tabel backbone di atas memperlihatkan bahwa kebijakan pengelolaan SDA menuju NZE 2060 pada dasarnya adalah kebijakan *re-optimasi sistem*: menurunkan biaya total jangka panjang sekaligus menurunkan emisi. Pada sisi emisi, perbedaan faktor emisi berbasis daur hidup (life-cycle) antara PLTS dan pembangkit fosil bersifat struktural bukan sekadar perbedaan operasi karena fosil membawa emisi besar dari pembakaran bahan bakar, sedangkan PLTS terutama membawa emisi pada tahapan manufaktur dan konstruksi.[234]

Hal ini menjelaskan mengapa, ketika target emisi sektor energi diarahkan turun hingga kisaran ratusan $MtCO_2e$ menuju 129 $MtCO_2e$ pada 2060 dalam skenario NZE, kontribusi PLTS menjadi sangat dominan: PLTS mampu memberi penurunan emisi besar dengan konsekuensi kebijakan utama berupa penguatan jaringan, fleksibilitas sistem, dan perbaikan pembiayaan.[235]

---

[231]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon. Pasal 20–27

[232]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*" (dokumen ringkasan investasi yang sudah Anda unggah: *Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN.docx* memuat angka Rp 2.780 triliun dan struktur pendanaan), hal. VI-6 – VI-10

[233]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon., (Life-cycle emissions) Materi "Faktor Emisi Referensi Valid" dalam susunan: *Tambahan Bab III D. Emisi Factor Refrensi Valid.docx* (rujukan IPCC/NREL/NREL harmonization yang dicantumkan di dokumen itu). Dan IPCC (AR6) / NREL harmonization—mengikuti rujukan yang sudah cantumkan dalam dokumen faktor emisi (gunakan sitasi persis sesuai daftar pustaka).hal. 215–230

[234](Life-cycle emissions) Materi "Faktor Emisi Referensi Valid" yang di susun: *Bab III D. Emisi Factor Refrensi Valid.Docx*), hal. 1-4

[235]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–203*,... Bab VI "Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN" (*Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN sebesar* Rp 2.780 triliun dan struktur pendanaan), hal. VI-3 – VI-8.

Pada sisi biaya, tren LCOE PLTS yang menurun menjadikan PLTS kandidat utama penambahan kapasitas baru.[236] Namun, agar sinyal LCOE benar-benar bekerja sebagai instrumen kebijakan, risiko regulasi dan pembiayaan harus diturunkan sehingga WACC proyek EBT lebih kompetitif; jika tidak, LCOE PLTS di Indonesia akan tertahan lebih tinggi dibanding potensi globalnya.[3] Integrasi NEK memperkuat argumen ini: ketika biaya karbon dihitung eksplisit, pembangkit fosil mengalami peningkatan biaya efektif per MWh yang dapat menggeser kelayakan investasi dari fosil ke EBT.

Dengan demikian, kebijakan pembiayaan (PMN/SLA/KPBU /VGF/blended finance), kebijakan jaringan (transmisi–GI–smart grid–storage), dan kebijakan karbon (NEK) seharusnya diperlakukan sebagai satu paket sinkronisasi, bukan kebijakan parsial.[237]

Dari perspektif tata kelola, multi-jenis PLTS (atap, terapung, agrivoltaic, ground-mounted, de-dieselisasi) memungkinkan pembentukan pusat-pusat produksi energi di berbagai skala (rumah tangga–komunitas–daerah–utilitas). Ini selaras dengan prinsip *co-creation* (prosumer dan penciptaan nilai bersama) serta *polycentric governance* (multi-level governance, multi-aktor, dan koordinasi lintas simpul)[238]

Artinya, argumen "PLTS terbaik" pada Bab III.D tidak berhenti pada keunggulan teknis, tetapi menjadi kerangka kebijakan yang menyatukan biaya (LCOE), emisi (life-cycle), dan tata kelola (partisipasi).

Kesimpulan ringkas Bab III.D

Bab III.D menegaskan bahwa pengelolaan SDA menuju NZE 2060 adalah agenda kebijakan yang harus dibaca melalui tiga lensa yang terintegrasi: (1) penurunan emisi berbasis bukti ilmiah dan standar perhitungan (life-cycle), (2) rasionalitas ekonomi melalui instrumen biaya sistem seperti LCOE, dan (3) arsitektur tata kelola yang memungkinkan partisipasi luas sesuai paradigma co-creation dan polycentric governance.[239]

---

[236]Tren LCOE global, Kompilasi dan ringkasan tren LCOE pada *LCOE.docx* (bagian perbandingan lintas negara dan tren jangka panjang).,hal.2-5.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*(*Investasi Dan Indikasi Pendanaan PLN.docx* memuat angka Rp 2.780 triliun dan struktur pendanaan), hal. VI-1 – VI-2.

[238]C. K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, literatur co-creation (sesuai rujukan Bab II Anda); serta literatur *polycentric governance* (McGinnis/Ostrom) yang sudah menjadi teori pendukung disertasi. hal. 58-90

[239]Kementrian Sekretariat Negara RI, Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon., (Life-cycle emissions) Materi "Faktor Emisi Referensi Valid" yang penulis susun: *Dalamn Bab III D. Emisi Factor Refrensi Valid.docx* (rujukan IPCC/NREL/NREL harmonization yang dicantumkan di dokumen itu). Dan C. K. Prahalad dan Venkat Ramaswamy, literatur co-creation (sesuai rujukan Bab II);

Dalam kerangka ini, PLTS dengan ragam tipenya (atap, terapung, agrivoltaic, ground-mounted, dan de-dieselisasi) muncul sebagai tulang punggung transisi karena paling rendah emisi, LCOE jangka panjang paling kompetitif, serta paling fleksibel untuk menyebarkan manfaat ekonomi dan ketahanan energi hingga tingkat komunitas dan wilayah 3T.[240]

Implementasi NEK memperkuat arah kebijakan tersebut dengan menginternalisasi biaya karbon ke dalam evaluasi ekonomi pembangkit, sehingga investasi menuju EBT menjadi semakin rasional secara biaya sosial.[241] Dengan demikian, konsistensi RUPTL/RUKN untuk mempercepat EBT harus dipahami bukan hanya sebagai target kapasitas, melainkan sebagai paket kebijakan yang mensinkronkan pendanaan, penguatan jaringan, dan instrumen karbon agar PLTS benar-benar menjadi *backbone* penurunan emisi sekaligus pengungkit kesejahteraan dan partisipasi publik dalam transisi energi Indonesia.[242]

---

serta literatur *polycentric governance* (McGinnis/Ostrom) yang sudah menjadi teori pendukung disertasi.

[240](Tren LCOE global) Kompilasi dan ringkasan tren LCOE pada *LCOE.docx* (bagian perbandingan lintas negara dan tren jangka panjang)., (Life-cycle emissions) Materi "Faktor Emisi Referensi Valid" yang penulis susun: *dalam Bab III D. Emisi Factor Refrensi Valid.docx* (rujukan IPCC/NREL/NREL harmonization yang dicantumkan di dokumen itu).dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034* (bagian target pengembangan PLTS multi-jenis dan kebutuhan sistem) — gunakan rujukan yang sudah penulis taruh pada Bab III.D final, hal. 2–4.

[241] Kementrian Sekretariat Negara RI ,Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon, hal. 250–275.

[242]PTPLN (Persero), *RUPTL 2025–2034*, Bab VI "Kebutuhan Investasi dan Indikasi Pendanaan PLN" (dokumen ringkasan investasi yang sudah Anda unggah: *Kebutuhan Investasi Dan Indikasi Pendanaan PLN.docx* memuat angka Rp 2.780 triliun dan struktur pendanaan)., hal. VI-12 – VI-15

BAB IV
ISYARAT AL-QUR'AN TENTANG SINKRONISASI DAN PENGELOLAAN ENERGI LISTRIK

Bab IV ini akan mengkaji secara sistematis tentang isyarat Al-Qur'an yang relevan dengan pengelolaan sumber daya manusia (SDM), sumber daya alam (SDA) khususnya energi, serta tata kelola transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Berbeda dengan bab-bab sebelumnya yang menempatkan teori ilmiah dan kebijakan publik sebagai kerangka analisis utama. Bab IV memposisikan Al-Qur'an sebagai sumber nilai normatif dan prinsip etik-struktural yang memberi arah, batas, dan orientasi bagi pengelolaan energi modern.

Metode penafsiran yang digunakan adalah "Metode Tafsir Ilmi Maudhū'ī Muqayyad", yakni penafsiran tematik-ilmiah yang dibatasi pada relevansi nilai Qur'ani terhadap tata kelola energi modern. Al-Qur'an diposisikan sebagai sumber orientasi etik dan epistemologis, bukan sebagai kitab teknis kelistrikan[1] Dengan pembatasan ini, ayat-ayat yang dikaji diarahkan untuk menyingkap prinsip keteraturan, harmoni, keadilan, dan amanah yang menjadi fondasi normatif bagi sinkronisasi PLN–PLTS.

A. Sinkronisasi Pengelolaan dalam Al-Qur'an

Al-Qur'an menempatkan manusia sebagai aktor utama dalam relasi pengelolaan sumber daya alam dan energi. Dalam konteks transisi energi menuju NZE 2060, sinkronisasi dipahami sebagai keterpaduan tindakan

[1]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an (LPMQ), *Tafsir Ilmi: Energi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012, hal. 15–22.

manusia yang teratur, proporsional, dan bertanggung jawab terhadap alam sebagai Amanah.

Al-Qur'an memberikan kerangka normatif mengenai keteraturan, proporsionalitas, kerja kolektif, dan harmoni dalam kehidupan. Prinsip-prinsip tersebut relevan untuk dibaca kembali dalam konteks tata kelola energi modern, khususnya dalam relasi pengelolaan antara PLN, PLTS, dan Masyarakat.

1. Isyarat Al-Qur'an Tentang Sinkronisasi Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi Pusat Listrik Negara -Pustat Listrik Tenaga Surya - *Net Zero Emissions*

Kajian sinkronisasi dalam penelitian ini berangkat dari pemahaman bahwa keteraturan pengelolaan energi meniscayakan hubungan yang selaras antara hak manusia sebagai pengelola dan hak alam sebagai objek amanah. Sinkronisasi tidak dipahami sebagai keseragaman, melainkan sebagai keterpaduan tindakan yang terkoordinasi, proporsional, dan berorientasi pada keberlanjutan.[2]

Berdasarkan kajian konseptual pada Bab II, sinkronisasi dirumuskan melalui tujuh konsep utama, yaitu keserentakan, kesesuaian, kebersamaan, keselarasan, keseimbangan, keserasian, dan keharmonisan. Ketujuh konsep tersebut dipetakan dengan term-term Qur'ani yang relevan, ditelusuri akar katanya melalui pendekatan leksikal (nahwu–ṣarf), dan dihimpun ayat-ayat terkait menggunakan *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* yang disusun oleh Muhammad Fuad Abd al-Baqi'.

Dalam disertasi ini penulis menemukan 7 (tujuh) prinsip sinkronisasi dalam al-Qur'an. Berikut tabel 4.1 ini menunjukkan keterkaitan antara kata kunci sinkronisasi, term Qur'ani, isyarat hak manusia dan hak alam, relevansi normatif, serta arah implementasinya dalam pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060.

Tabel 4.1 Isyarat Al-Qur'an tentang Sinkronisasi Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE

No	Prinsip Sinkronisasi	Term Qur'ani	Implikasi terhadap Hak Manusia dan Hak Alam	Prinsip Normatif Qur'ani	Implementasi PLN–PLTS–NZE
a	Keserentakan dalam Pengelolaan Ramah	صَفًّا	Hak manusia untuk bekerja teratur dan terkoordinasi; hak	Menegaskan pentingnya koordinasi simultan dan	Sinkronisasi pemasangan PLTS; keserentaka

[2]Relasi hak manusia dan hak alam sebagai dasar sinkronisasi pengelolaan energi dirumuskan dari sintesis Bab II dan Bab III.

No	Prinsip Sinkronisasi	Term Qur'ani	Implikasi terhadap Hak Manusia dan Hak Alam	Prinsip Normatif Qur'ani	Implementasi PLN–PLTS–NZE
	``Lingkungan		alam untuk dikelola dalam keteraturan agar tidak rusak.	ritme kerja kolektif yang selaras.	n operasi dan pemeliharaan sistem energi bersih.
b	Kesesuaian antara SDA dan Kebutuhan Hidup Manusia	بِقَدَرٍ	Hak manusia menerima SDA sesuai kebutuhan wajar; hak alam tidak dieksploitasi melampaui daya dukungnya.	Prinsip proporsionalitas dalam pemanfaatan energi alam.	Penentuan kapasitas PLTS berbasis potensi dan daya dukung lingkungan.
c	Kebersamaan dalam Pelestarian Lingkungan dan Energi Terbarukan	تَعَاوَنُوا	Hak manusia berkolaborasi menjaga lingkungan; hak alam dilindungi melalui kerja kolektif manusia.	Kolaborasi sebagai fondasi keberhasilan energi bersih.	Kemitraan PLN–komunita; co-creation PLTS komunal.
d	Keselarasan Sistem Energi dan Infrastruktur Listrik	تَسْوِيَة / سَوَّى	Hak manusia memperoleh sistem energi yang stabil; hak alam tidak terganggu secara struktural.	Harmonisasi teknologi, lingkungan, dan kebijakan energi.	Sinkronisasi PLTS dengan smart grid dan infrastruktur jaringan.
e	Keseimbangan antara Kebutuhan dan Kelestarian	الْمِيزَانَ	Hak manusia menggunakan energi secara adil; hak alam mempertahankan keseimbangannya.	Prinsip keadilan dan keseimbangan ekologis.	Efisiensi energi, pengendalian emisi, dan distribusi energi berimbang.
f	Keserasian antara Tatanan Alam	إصلاح	Hak manusia hidup selaras dengan alam; hak	Kecocokan antara sistem alam dan	Desain PLTS sesuai

No	Prinsip Sinkronisasi	Term Qur'ani	Implikasi terhadap Hak Manusia dan Hak Alam	Prinsip Normatif Qur'ani	Implementasi PLN–PLTS–NZE
	dan konservasi bumi		alam dijaga kelestariannya.	tindakan manusia.	kontur alam dan konteks sosial-ekologis.
g	Keharmonisan Tata Kelola Energi dan Partisipasi Sosial	زُمَرًا / نُبَاتٍ	Hak manusia bekerja dalam kelompok sosial dan teknis yang tertib; hak alam menerima tindakan kolektif yang terorganisasi.	Harmoni sosial dan teknis dalam pengelolaan energi.	Kelompok energi masyarakat dan tata kelola berbasis klaster untuk NZE 2060.

Sumber: penulis

Berdasarkan peta konseptual pada Tabel di atas pembahasan selanjutnya dilakukan secara berurutan, masing-masing memfokuskan satu term Qur'ani sebagai term utama. Setiap sub-subbab dianalisis menggunakan pendekatan tafsir ilmi tematik muqayyad dengan rujukan mufasir klasik, pertengahan, dan kontemporer termasuk hasil analisis tafsir ilmi maudhū'ī berbasis kitab Syamillah guna menghasilkan sintesis nilai Qur'ani yang relevan dan operasional bagi perumusan Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS pada Bab V.

a. *Ṣaffan* (صَفًّا)

Pengelolaan energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menghadapi persoalan ketidaksinkronan antaraktor, antarlevel kebijakan, serta antara sistem teknis dan daya dukung ekologis. Di Indonesia, fragmentasi antara perencanaan PLN, pengembangan PLTS, regulasi sektoral, dan partisipasi masyarakat berdampak pada inefisiensi sistem dan meningkatnya risiko kerusakan lingkungan. Kondisi ini menunjukkan bahwa transisi energi tidak cukup ditopang oleh inovasi teknologi dan kebijakan, tetapi memerlukan prinsip keserentakan sebagai dasar keterpaduan tindakan manusia dan perlindungan alam secara simultan.

Dalam kerangka tafsir ilmi tematik muqayyad prinsip keserentakan tersebut ditelusuri melalui term Qur'ani صَفًّا (*ṣaffan*) yang merepresentasikan keteraturan kolektif dan kesatuan arah tindakan bersama, sebagaimana

digunakan Al-Qur'an untuk menggambarkan tindakan manusia yang tersusun rapi dan saling menopang.

Secara leksikal, kata صَفًّا (ṣaffan) berasal dari akar kata ص–ف–ف yang bermakna menyusun, merapatkan, dan menata sesuatu secara sejajar tanpa celah. Makna dasar ini menunjukkan keteraturan posisi dan kerapatan susunan yang dilakukan secara sadar dan terkoordinasi. Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* karya Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, derivasi akar kata ص–ف–ف tercatat muncul sekitar 14 kali dalam Al-Qur'an dalam berbagai bentuk morfologis.[3]

Kata "*ṣaff*" berarti menempatkan sesuatu pada garis lurus, seperti manusia, pohon, dan sejenisnya. Kata "*ṣaff*" ini menurut Abu Ubaidah juga dapat digunakan dalam arti dalam arti, barisan lurus dan tersusun rapih.[4]

Berdasarkan analisis leksikal dan relevansinya dengan tata kelola sistem energi modern, ayat utama yang dipilih adalah QS aṣ-Ṣaff/61:4, karena secara eksplisit menampilkan prinsip keserentakan struktural dan analogi sistem yang kokoh:

اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ الَّذِيْنَ يُقَاتِلُوْنَ فِيْ سَبِيْلِهٖ صَفًّا كَاَنَّهُمْ بُنْيَانٌ مَّرْصُوْصٌ

Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berjuang di jalan-Nya dalam barisan yang teratur, seakan-akan mereka seperti bangunan yang tersusun kokoh." (QS aṣ-Ṣaff /61:4)

Mufassir Klasik At-Tabari memaknai *saffan* sebagai barisan teratur, rapat dan tidak bercelah serta menekankan kesesuaian antara ucapan dan tindakan. Sedangkan mufassir pertengahan Ibn Kathīr menjelaskan bahwa keadaan *ṣaff* atau *dalam barisan teratur* merupakan kondisi yang dicintai Allah, baik dalam konteks ibadah maupun urusan sosial, dengan mengaitkannya pada hadis tentang keutamaan meluruskan dan merapatkan barisan shalat serta barisan dalam peperangan.[5] Penjelasan ini menunjukkan bahwa *ṣaff* dipahami sebagai prinsip lintas aktivitas yang menuntut keserentakan dan kedisiplinan kolektif. Adapun Al-Qurṭubī menekankan dimensi etika struktural dari konsep *ṣaff,* khususnya larangan keluar dari barisan tanpa alasan yang sah, karena tindakan tersebut dapat merusak

---

[3]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, Kairo: Dār al-Ḥadīth, t.t., hal. 409

[4]Abu al-Qasim al-Husain ibn Muhammad, al-Raghib al-Asfahani, *al-Mufradat fi Garib al-Qur'an,* Makkah: Nazar Mustafa al-Baz. 1997, Vol. 2, hal. 370.

[5]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*, ed. Muḥammad Ḥusayn Shams al-Dīn, cet. 1 Beirut: Dār al-Kutub al-ʿIlmiyyah; Mansyūrāt Muḥammad ʿAlī Bayḍūn, 1419 H, Vol. 8, hal.109.

keteraturan dan melemahkan kekuatan kolektif.[6] Sedangkan Fakhr al-Dīn al-Rāzī memaknai *ṣaff* sebagai perpaduan antara keteguhan dan kesatuan arah tindakan, serta menegaskan bahwa analogi bunyān marṣūṣ menunjukkan sistem yang setiap unsurnya saling menopang dan tidak berdiri sendiri.[7] Dalam *Tafsir al-Wasīṭ,* Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan bahwa kerapatan barisan menutup celah-celah yang dapat dimanfaatkan untuk merusak tatanan kolektif, sehingga keteraturan struktural menjadi syarat keberhasilan suatu sistem besar.[8]

Sintesis tafsir QS aṣ-Ṣaff/61:4 dapat memberikan implikasi normatif bagi Pengelolaan PLN–PLTS–NZE 2060 menegaskan bahwa *ṣaffan* merupakan prinsip keserentakan struktural yang menjadi fondasi kekokohan sistem bersama. Analogi *bunyān marṣūṣ* menunjukkan bahwa keberlanjutan suatu sistem hanya dapat dicapai apabila seluruh unsur bekerja secara simultan, terkoordinasi, dan saling menopang.

Dalam konteks pengelolaan energi modern, prinsip *ṣaffan* memberikan landasan normatif bahwa transisi energi tidak dapat dijalankan secara parsial dan terfragmentasi, Keserentakan menuntut keterpaduan waktu, kesatuan arah kebijakan, serta keteraturan struktur antaraktor agar hak manusia atas energi dan hak alam atas kelestarian dapat dijalankan secara simultan dan tidak saling meniadakan.[9]

Pencampaian NZE 2060 menuntut koordinasi waktu, kesatuan arah kebijakan, serta keterpaduan antaraktor PLN, pengembang PLTS, pemerintah, dan Masyarakat dalam satu sistem pengelolaan energi yang bekerja secara simultan dan berorientasi keberlanjutan.

Prinsip *ṣaffan* atau keserentakan ini selaras dengan pendekatan pengelolaan sumber daya bersama yang menekankan koordinasi kolektif dan keteraturan sistemik, sebagaimana dikembangkan dalam teori *Co-Creation, Governing the Commons, dan Polycentric Governance*. Ketiga pendekatan tersebut menempatkan sinkronisasi multi-aktor dan koordinasi lintas skala

---

[6]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*, ed. Aḥmad al-Bardūnī dan Ibrāhīm Aṭfīsh, cet. 2, Kairo: Dār al-Kutub al-Miṣriyyah, 1384 H/1964 M, Vol. 18,hal. 82.

[7]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb (al-Tafsīr al-Kabīr)*, cet. 3 Beirut: Dār Iḥyāʾ al-Turāth al-ʿArabī, 1420 H, vol. 29, hal. 528.

[8]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*, cet. 1 Kairo: Dār Nahḍat Miṣr li-al-Ṭibāʿah wa-al-Nashr wa-al-Tawzīʿ, vol. 4, hal. 356.

[9]Abd al-Ḥayy al-Farmāwī, *al-Bidāyah fī al-Tafsīr al-Mawḍūʿī*, Kairo: Dār al-Ḥadīth, 2003, hal. 41–45

sebagai prasyarat keberhasilan tata kelola sistem kompleks, termasuk sistem energi terbarukan.[10]

Oleh karena itu, dalam kerangka Bab V, *ṣaffan* berfungsi sebagai pondasi normatif yang diturunkan menjadi prinsip desain kebijakan, indikator operasional, dan mekanisme implementatif pengelolaan PLN–PLTS menuju pencapaian NZE 2060.

b. *Biqadarin* (بِقَدَرٍ)

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menghadapi persoalan ketidaksesuaian antara pemanfaatan sumber daya energi dan daya dukung ekologis. Pengembangan energi, termasuk PLTS, kerap didorong oleh target kuantitatif tanpa mempertimbangkan batas alam dan kebutuhan riil masyarakat, sehingga menimbulkan ketegangan antara hak manusia atas energi dan hak alam atas kelestarian. Kondisi ini menuntut prinsip normatif yang menegaskan kesesuaian dan proporsionalitas sebagai dasar sinkronisasi pengelolaan energi.

Dalam kerangka tafsir ilmi tematik muqayyad, prinsip kesesuaian tersebut direpresentasikan oleh term Qur'ani بِقَدَرٍ yang menegaskan bahwa pemanfaatan energi harus tunduk pada ukuran, batas, dan kadar yang ditetapkan, bukan pada kehendak eksploitasi manusia semata.[11]

Secara leksikal, akar kata ق–د–ر bermakna mengukur, menentukan kadar, dan menetapkan batas secara proporsional. Ibn Fāris menjelaskan bahwa makna dasarnya menunjuk pada penentuan dan pembatasan sesuatu, sedangkan al-Rāghib al-Aṣfahānī menegaskan bahwa *qadar* mencakup ketentuan fungsional agar setiap ciptaan bekerja sesuai perannya dalam tatanan keseluruhan. Kata "qadar" merujuk pada apa yang telah ditetapkan dan ditulis sebelumnya di dalam Lauh Mahfuzh. Istilah "ditakdirkan" merujuk pada apa yang terjadi dari saat ke saat, dari apa yang telah ditakdirkan.[12]

Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 132 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa prinsip ukuran dan batas merupakan fondasi struktural worldview Qur'ani.[13] Berdasarkan

---

[10]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*, Cambridge: Cambridge University Press, 1990,hal. 88–102;Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014, hal. 45–47.

[11]Fazlun M. Khalid, *Islam and the Environment*, London: Ta-Ha Publishers, 2002, hal. 33–36.

[12]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*, tahq. ʿAbd al-Salām Muḥammad Hārūn, Beirut: Dār al-Fikr, t.t., jil. 5, 62. Lihat juga: al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān*, Beirut: Dār al-Qalam, 2009, hal. 408–409.

[13]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 540–542.

pertimbangan tersebut, ayat utama yang dipilih Adalah surat QS. al-Qamar/54: 49

اِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنٰهُ بِقَدَرٍ

Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran.

Ayat ini menegaskan secara universal bahwa seluruh ciptaan berjalan dalam sistem ukuran dan batas, sehingga menjadi landasan normatif bagi pengelolaan sumber daya energi yang selaras dengan daya dukung alam dan kebutuhan manusia.

Al-Ṭabarī menafsirkan *biqadar* sebagai penciptaan yang berlangsung menurut ukuran dan ketetapan yang telah diputuskan sebelumnya, sehingga tidak ada unsur kebetulan dalam tatanan alam. Dalam konteks muqayyad, penafsiran ini menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya alam harus mengikuti prinsip perencanaan yang terukur, bukan tindakan serampangan atau reaktif.[14] Adapun Al-Qurṭubī menekankan bahwa *qadar* mencakup dimensi ilmu, ketetapan, dan waktu, sembari tetap mengakui ruang ikhtiar manusia. Hal ini paralel dengan kebutuhan perencanaan energi berbasis data dan batas ekologis, namun tetap memberi ruang inovasi kebijakan dan teknologi sebagai bentuk ikhtiar yang bertanggung jawab.[15] Sedangkan Fakhr al-Dīn al-Rāzī memaknai qadar sebagai ukuran dan perancangan yang terkait langsung dengan ilmu dan kehendak Ilahi, serta menolak pandangan bahwa keteraturan alam semata-mata hasil kebetulan material. Dalam konteks energi, tafsir ini menegaskan pentingnya desain sistem pasokan–jaringan–permintaan yang terukur dan berbasis rasionalitas ilmiah.[16] Sebagai pakar *maqāshid* Ibn ʿĀshūr memformulasikan qadar sebagai hukum-hukum hikmah yang melekat pada penciptaan, di mana huruf *bā'* dalam *biqadar* menunjukkan *mulābasah* (keterlekatan). Dengan demikian, ukuran bukan atribut tambahan, melainkan sifat inheren ciptaan. Tafsir ini memperkuat prinsip bahwa batas ekologis bukan hambatan pembangunan, melainkan bagian esensial dari tatanan alam itu sendiri.[17]

Pendapat para mufasir di atas menunjukkan bahwa qadar merupakan prinsip kesesuaian struktural yang meniscayakan pemanfaatan sumber daya alam sesuai ukuran, fungsi, dan batas hikmahnya. Prinsip ini menegaskan

---

[14]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*, ed. Aḥmad Muḥammad Shākir, cet. 1, Beirut: Muʾassasat al-Risālah, 1420 H/2000 M, vol. 22, hal. 602.

[15]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*, ... vol. 17, hal. 149.

[16]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb,...* vol. 29, hal. 327.

[17]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*, Tunis: al-Dār al-Tūnisiyyah li-al-Nashr, 1984, vol. 27, 215.

bahwa transisi energi tidak dapat dijalankan secara eksesif atau seragam, melainkan harus disesuaikan dengan kapasitas ekologis, kebutuhan sosial, dan konteks spasial masing-masing wilayah.[18]

Dalam kerangka pengelolaan PLN–PLTS, prinsip qadar menuntut perencanaan kapasitas pembangkit, jaringan, dan distribusi energi yang proporsional—tidak melampaui daya dukung lingkungan dan tidak pula mengabaikan kebutuhan masyarakat. Dengan demikian, kesesuaian menjadi landasan normatif bagi sinkronisasi antara pasokan energi, permintaan manusia, dan keberlanjutan ekologi. Prinsip ini selaras dengan pendekatan tafsir tematik muqayyad yang menempatkan nilai Qur'ani sebagai prinsip pengarah operasional, bukan sekadar norma abstrak, serta menjadi fondasi etis bagi perumusan model sinkronisasi pengelolaan energi pada Bab V.[19]

c. *Ta'āwanū* (تَعَاوَنُوا)

Transisi menuju energi terbarukan dan pencapaian *Net Zero Emission* (NZE) 2060 tidak hanya merupakan persoalan teknologis, tetapi terutama persoalan tata kelola kolektif yang menyangkut relasi antara hak manusia, hak alam, dan sistem kelembagaan energi. Model pengelolaan energi yang bersifat individualistik, sektoral, dan eksploitatif terbukti memunculkan ketimpangan sosial serta degradasi ekologis.[20] Oleh karena itu, kebersamaan dan kerja sama sosial menjadi prinsip normatif yang tidak terpisahkan dari sinkronisasi pengelolaan energi, khususnya dalam relasi antara PLN, pengembang PLTS, dan Masyarakat.[21]

Dalam kerangka tafsir ilmi tematik muqayyad, prinsip kebersamaan ini ditelusuri melalui term Qur'ani تَعَاوَنُوا (*ta'āwanū*), yang secara eksplisit memerintahkan kerja sama kolektif dalam koridor kebajikan dan ketakwaan.

Secara leksikal, akar kata ع–و–نbermakna *al-muẓāharah wa al-musā'adah* (saling menopang dan saling menolong). Ibn Fāris menjelaskan bahwa akar kata ini mengandung makna dasar *taqwiyat al-ghayr*, yakni menguatkan pihak lain untuk mencapai tujuan tertentu.[22] Al-Rāghib al-Aṣfahānī menegaskan bahwa *ta'āwun* bukan sekadar bantuan teknis, melainkan kerja sama yang dibingkai oleh tujuan moral, yaitu kebajikan dan ketakwaan. العون berarti bantuan dan dukungan. Dikatakan: kamu adalah

---

[18]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*, vol. 29, 327; Ibn ʿĀshūr, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 27, hal. 215.

[19]linor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal.90–102; Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 45–47

[20]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 29–33.

[21]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 44–46.

[22]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol 4, hal. 210.

penolongku, artinya aku telah membantunya. Kata ini mengandung makna kerja sama dibarengi oleh dukungan orang lain sebagaimana Q.S. al-Ma'idah/5: 2.[23]

Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī mencatat bahwa derivasi akar kata ع–و–ن muncul 11 kali dalam Al-Qur'an. Frekuensi ini menunjukkan bahwa kebersamaan merupakan prinsip struktural dalam pandangan hidup Qur'ani, bukan sekadar etika individual.[24]

Berdasarkan pertimbangan leksikal dan relevansi tematik, ayat utama yang dipilih adalah QS al-Mā'idah/5:2:

وَتَعَاوَنُوْا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوٰىۖ وَلَا تَعَاوَنُوْا عَلَى الْاِثْمِ وَالْعُدْوَانِۚ وَاتَّقُوا اللّٰهَۗ اِنَّ اللّٰهَ شَدِيْدُ الْعِقَابِ

Dan Tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan. Bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah sangat berat siksaan-Nya.

Ayat ini dipilih karena secara tegas menetapkan dua dimensi etika kebersamaan: kerja sama konstruktif yang melindungi kemaslahatan, serta larangan kolaborasi destruktif yang berpotensi merusak tatanan sosial dan ekologis.

al-Ṭabarī menafsirkan *al-birr* sebagai pelaksanaan perintah Allah dan *al-taqwā* sebagai menjauhi larangan-Nya, sehingga kerja sama hanya sah apabila berada dalam koridor kepatuhan normatif dan tidak melampaui batas yang ditetapkan.[25] Adapun Ibn Kathīr menegaskan bahwa kerja sama dalam kebaikan mencakup seluruh bentuk dukungan terhadap kemaslahatan, sedangkan larangan kerja sama meliputi bantuan terhadap kezaliman dan pelanggaran batas. Prinsip ini memperkuat mekanisme pengawasan dan pencegahan penyimpangan dalam kerja kolektif.[26] Lebih lagi Ṭanṭāwī dalam *Tafsīr al-Wasīṭ* menjelaskan bahwa *al-birr* berorientasi pada kemanfaatan publik, sementara *al-taqwā* berfungsi sebagai pagar etis agar kerja sama tidak bergeser menjadi perusakan atau eksploitasi.[27] Sisi lain Ibn 'Āshūr menekankan bahwa perintah *ta'āwanū* membentuk karakter kolektif umat melalui penguatan maslahat bersama, sementara larangan eksplisit menutup

---

[23]al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān*..., hal. 347.

[24]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 531.

[25]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 2, hal. 12.

[26]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, hal. 12.

[27]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 4, hal. 32.

ruang kolusi dan penyimpangan yang merugikan kepentingan umum dan alam.[28]

Sintesis Tafsir Qur'ani dan implikasi normatif bagi pengelolaan PLN–PLTS–NZE 2060 menunjukkan bahwa kebersamaan (*ta'āwun*) merupakan kewajiban etis yang menuntut kerja kolektif berorientasi manfaat sekaligus terikat oleh batas moral. Prinsip *al-birr wa al-taqwā* membentuk dua sumbu pengelolaan energi: orientasi kemaslahatan manusia dan perlindungan terhadap batas ekologis.[29]

Dalam konteks pengelolaan PLN–PLTS, prinsip kebersamaan menuntut kemitraan yang adil, transparan, dan partisipatif antara negara, pelaku usaha, dan masyarakat. Kebersamaan tidak dipahami sebagai sekadar kolaborasi teknis, melainkan sebagai mekanisme normatif untuk mencegah eksploitasi kolektif dan memastikan bahwa transisi energi berjalan secara berkeadilan dan berkelanjutan. Prinsip ini menjadi salah satu fondasi etik bagi Model Sinkronisasi pada Bab V.[30] sehingga sinkronisasi PLN–PLTS tidak berhenti pada koordinasi sistem, tetapi terwujud sebagai kerja bersama yang menjaga keseimbangan hak manusia dan hak alam.

d. *Taswiyah/Sawwā* (تَسْوِيَة / سَوَّى) Keselarasan antara Sumber Daya Alam dan Kebutuhan Manusia.

Pengelolaan sumber daya energi modern menghadapi dilema antara peningkatan kebutuhan manusia dan keterbatasan daya dukung ekologis. Ketidaksinkronan antara kapasitas alam dan pola konsumsi energi sering melahirkan ketimpangan spasial, degradasi lingkungan, serta konflik sosial.

Kondisi ini menunjukkan bahwa persoalan energi bukan semata persoalan teknis, melainkan persoalan keselarasan antara kebutuhan manusia dan struktur ciptaan alam yang memiliki batas dan fungsi tertentu.[31] Oleh karena itu, dibutuhkan prinsip normatif yang tidak hanya menekankan keseimbangan kuantitatif, tetapi juga keselarasan fungsional yang adil dan berkelanjutan.[32]

Prinsip keselarasan dalam al-Qur'an, dapat ditelusuri mealui kataسَوَّى/تَسْوِيَة (*taswiyah*), yang merepresentasikan proses penyelarasan, penataan proporsional, dan keteraturan sistemik. Al-Qur'an memandang

---

[28]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 12, hal. 45–46.

[29]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 12, hal. 45–46.

[30]Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good*, Boston: Beacon Press, 1994, hal. 172–175.

[31]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, 1996, hal. 55–58.

[32]John B. Cobb Jr. dan Herman E. Daly, *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*..., hal. 71–74.

alam sebagai sistem yang disusun secara selaras agar mampu menopang kehidupan manusia tanpa menimbulkan kerusakan structural.[33] Secara leksikal, akar kata س–و–ي bermakna *al-istiwā'* (menjadi seimbang) dan *al-taswiyah* (penyelarasan). Ibn Fāris menegaskan bahwa makna dasarnya adalah *istiwā' al-shay' 'alā ḥadd wāḥid*, yakni sesuatu berada pada tatanan yang serasi dan tidak timpang.[34]

al-Raghib al-Asfahani menjelaskan kata سَوَّي dalam arti segala sesuatu setara di hadapan-Nya, sehingga tidak ada sesuatu pun yang lebih dekat kepada-Nya daripada yang lain, karena transendensi-Nya tidak seperti benda-benda yang ada di satu tempat dan bukan di tempat lain. Dan jika digunakan dengan "kepada-Nya," itu menyiratkan makna berakhir kepada Allah, baik secara hakikat maupun secara pengelolaan.[35] Allah swt menciptakan segala sesuat sesuai dengan kebijaksanaan-Nya.[36]

Dalam *al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī mencatat bahwa derivasi akar سَوَّى muncul sebanyak 51 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa keselarasan merupakan prinsip struktural dalam kosmologi Qur'ani, bukan sekadar etika tambahan.[37] Berdasarkan pertimbangan leksikal dan tematik tersebut, ayat utama yang dipilih adalah QS al-Baqarah/2:29:

هُوَ الَّذِيْ خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِى الْاَرْضِ جَمِيْعًا ثُمَّ اسْتَوٰٓى اِلَى السَّمَاۤءِ فَسَوّٰىهُنَّ سَبْعَ سَمٰوٰتٍۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌ ۝

Dialah Allah yang menciptakan segala yang ada di bumi untuk kamu, kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit.

Ayat ini menegaskan bahwa seluruh sumber daya bumi diciptakan untuk manusia (*khalaqa lakum mā fī al-arḍ*), namun berada dalam kerangka *taswiyah* kosmik yang teratur, bukan eksploitasi bebas tanpa batas.

Analisis tafsir menunjukkan bahwa *taswiyah* dipahami para mufasir sebagai hukum keteraturan sistemik dalam penciptaan. Al-Ṭabarī menafsirkan *taswiyah* sebagai penyusunan bertingkat dan terencana; riwayat perubahan *dukhān* menjadi tujuh langit menggambarkan proses transformatif dari bahan mentah menuju tatanan fungsional. Dalam konteks pengelolaan energi, penafsiran ini menegaskan bahwa sumber daya alam tidak otomatis

---

[33]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Kayfa Nataʿāmal Maʿa al-Qurʾān al-ʿAẓīm*, Kairo: Dār al-Shurūq, 1999, hal. 291–295.

[34]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol. 3, hal. 115.

[35]al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān...,* hal. 460.

[36]al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān...,* hal.332.

[37]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 372–373.

menjadi sistem energi tanpa arsitektur teknis dan kelembagaan yang tertata.[38] Dan Fakhr al-Dīn al-Rāzī menegaskan bahwa kata *thumma* menunjukkan *tartīb rutbī* (urutan derajat), bukan sekadar urutan waktu, dan memaknai *taswiyah* sebagai penyempurnaan tanpa cacat. Dengan demikian, penataan sistem (*alignment*) lebih fundamental daripada sekadar penambahan proyek fisik.[39] Adapun Al-Qurṭubī memahami *istiwā'* sebagai orientasi kehendak Ilahi (*qasd*) dalam menciptakan tatanan, sehingga keselarasan merupakan hasil desain kebijakan yang disengaja dan berbasis aturan.[40] Sementara itu, Tanthawi dalam *Tafsīr al-Wasīṭ* mengaitkan *taswiyah* dengan *istiqāmah* sistem dan ketiadaan *tafāwut* (ketimpangan), yang menegaskan pentingnya ritme selaras antara teknologi, operasi, dan lingkungan agar tidak terjadi gangguan structural.[41] Dan Ibn ʻĀshūr menambahkan bahwa peralihan retoris dari bumi ke langit dalam ayat ini mendorong *system thinking*; keselarasan (*sawwāhunna*) dipahami sebagai penciptaan tanpa *futūr* dan *ikhtilāl*, yang dapat diterjemahkan ke dalam prinsip reliabilitas dan koherensi sistem pengelolaan PLN–PLTS.[42]

Sintesis tafsir ilmi *maudhū'ī muqayyad* atas term *taswiyah* menegaskan bahwa keselarasan merupakan prinsip Qur'ani untuk menata sistem ciptaan secara proporsional dan teratur. Prinsip ini berkorespondensi dengan teori *Smart Grid*, *Governing the Commons*, *Polycentric Governance*, dan *Co-Creation* yang menekankan interoperabilitas sistem, koordinasi multi-aktor, serta pengakuan terhadap batas ekologis.

Dengan demikian, *taswiyah* berfungsi sebagai fondasi etik Model Sinkronisasi pada Bab V, memastikan bahwa integrasi PLN–PLTS tidak berhenti pada aspek teknis, tetapi menjelma sebagai keteraturan sistemik yang menjaga hak manusia dan hak alam secara simultan menuju NZE 2060.[43]

e. *Al-Mīzān* (الْمِيزَانَ)

Transisi energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 menghadirkan dilema mendasar antara pemenuhan kebutuhan energi manusia dan

---

[38]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 437.

[39]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 2, hal. 380.

[40]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 254.

[41]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 1, hal. 90.

[42]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 1, hal. 382.

[43]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102., Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 163–168.

kewajiban menjaga kelestarian alam. Dalam praktiknya, ekspansi infrastruktur energitermasuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berpotensi menimbulkan tekanan ekologis baru apabila tidak dikendalikan secara proporsional. Kondisi ini menegaskan bahwa persoalan energi tidak semata persoalan teknis kapasitas, melainkan persoalan keseimbangan antara hak manusia atas energi dan hak alam atas keberlanjutan ekosistem[44]. Oleh karena itu, dibutuhkan prinsip normatif yang mampu menjamin keseimbangan (*balance*) antara pemanfaatan energi dan kelestarian alam secara simultan dan berkelanjutan.[45]

Dalam kerangka tafsir ilmi tematik muqayyad, prinsip keseimbangan tersebut ditelusuri melalui klaster term Qur'ani الْمِيزَانَ (akar و–ز–ن), yang secara tematik berkaitan dengan keadilan, keseimbangan, dan proporsionalitas. Term ini tidak dipahami semata sebagai alat ukur fisik, melainkan sebagai prinsip ontologis yang menopang keteraturan kosmik, sosial, dan moral. Dengan demikian, *al-mīzān* berfungsi sebagai asas normatif yang mengatur relasi manusia dengan alam agar tidak terjadi pelampauan batas.[46]

Secara leksikal, akar kata و–ز–ن bermakna menimbang, mengukur, dan menempatkan sesuatu secara adil. Ibn Fāris menjelaskan bahwa akar ini mengandung makna *taʿdīl wa taqwīm*, yakni penegakan keseimbangan dan keadilan dalam penilaian dan tindakan. Al-Rāghib al-Aṣfahānī menegaskan bahwa *mīzān* mencakup keseimbangan sistemik yang menjaga keteraturan relasi antarunsur kehidupan.[47] Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*, Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī mencatat bahwa term yang berasal dari akar و–ز–ن muncul sebanyak 23 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep keseimbangan dalam *worldview* Qur'ani.[48]

Dari keseluruhan ayat tersebut, penelitian ini menempatkan QS ar-Raḥmān/55:7–9 sebagai ayat yang secara eksplisit mengaitkan struktur kosmik dengan larangan melampaui batas keseimbangan:

وَالسَّمَآءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيْزَانَۙ اَلَّا تَطْغَوْا فِى الْمِيْزَانِ وَاَقِيْمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيْزَانَ

Dan langit telah Dia tinggikan dan Dia ciptakan keseimbangan (mīzān), agar kamu tidak melampaui batas dalam keseimbangan itu. Tegakkanlah keseimbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi keseimbangan itu.

---

[44]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*..., hal. 55–58.

[45]John B. Cobb Jr. dan Herman E. Daly, *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*..., hal. 71–74.

[46]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Kayfa Nataʿāmal Maʿa al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., hal. 291–295.

[47]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol. 6, hal. 141.

[48]Al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān*..., hal. 531.

Ayat ini menegaskan bahwa *al-mīzān* merupakan hukum kosmik yang mengikat manusia untuk tidak melampaui batas dalam pemanfaatan sumber daya.[49] Penguatan normatif terhadap prinsip ini juga ditemukan dalam QS al-Ḥadīd/57:25 yang menempatkan *mīzān* sejajar dengan kitab dan syariat, sehingga keseimbangan ekologis memiliki legitimasi teologis, bukan sekadar pertimbangan teknis.[50]

Analisis tafsir menunjukkan bahwa *al-mīzān* dipahami para mufasir sebagai prinsip fundamental penopang keteraturan ciptaan. Ibn ʻĀshūr menempatkan *mīzān* sebagai keadilan yang menopang sistem kosmik dan mengaitkannya dengan struktur langit yang "diangkat," sehingga keseimbangan dipahami sebagai *sunatullāh* dalam penciptaan. Dalam konteks energi, hal ini menuntut tata kelola PLN–PLTS meniru logika kosmik: sistem yang stabil lahir dari ukuran, batas, dan keteraturan.[51]

Al-Ṭabarī menafsirkan larangan melampaui *mīzān* sebagai larangan kezaliman dan pengurangan hak. Dalam pengelolaan energi, prinsip ini bermakna penolakan terhadap praktik ketimpangan sistemik, seperti manipulasi data, ketidakadilan akses, atau kebijakan yang merugikan komunitas lokal dan wilayah produksi.[52] Al-Qurṭubī memperluas makna *mīzān* sebagai prinsip syariat dan tata muamalah, yang paralel dengan kebutuhan *regulatory balance* dalam sistem PLN–PLTS, meliputi interkoneksi jaringan, standar emisi, amdal, tata ruang, dan penegakan hukum.[53] Sementara itu, *Tafsīr al-Wasīṭ* menegaskan bahwa tanpa *mīzān*, sistem sosial akan runtuh. Dalam konteks transisi energi, ketiadaan keseimbangan berpotensi memicu konflik lahan, resistensi publik, pembengkakan biaya transisi, serta kegagalan proyek energi terbarukan.[54] Dalam tafsir komtemporerenya Hamka menuliskan dalam tafsirnya, bahwa Ketika manusia menengadahkan kepala ke atas, maka kelihatanlah langit yang terbentang luas, siang hari biru berawan, ketika malam gelap dihiasi dengan bulan dan dan bintang. Semua itu terletak dilangit yang tinggi. Namun sudah berjuta tahun manusia hidup di bumi, namun tidak pernah ada bintang yang bertumpuk di antara satu dengan yang lainnya. (meskipun

---

[49]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal.811–812.

[50]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2019, QS ar-Raḥmān/55:7–9; QS al-Ḥadīd/57:25.

[51]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 27, hal. 237.

[52]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 22, hal. 13.

[53]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*...,vol. 17, hal. 155.

[54]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., t.t., vol. 14, hal. 131.

dikatakan oleh ahli astronom jumlah bintang yang dapat di lihat oleh mereka berjumlah milyaran).

Dalam hal ini, Allah memberikan peringatan kepada manusia agar manusia berusaha pula meniru meneladan penciptaan Alam dari perbuatan Tuhan. Kita melihat adanya pertimbangan dan perimbangan, sehingga semuanya menjadi teratur, meletakkan sesuatu pada tempatnya, menimbang sama berat, menggantang sama penuh. Kemudian dijelaskan lagi dalam ayat ke-8: agar manusia jangan menyalahi neraca, keseimbangan dan perimbangan.

Dalam ayat ini Allah mengajarkan kepada manusia akan betapa pentingnya ilmu membangun, melengkapi ukuran, teknik dan keindahan. Sehingga dalam ayat ini dapat kita fahami betapa penting ilmu arsitektur. Maka dapat kita lihat bangunan-bangunan dalam berbagai macam bentuk dan ukuran yang bervariasi. Seperti Piramida di Mesir, yang hingga saat ini keanggunannya masih dapat dinikmati bersama.[55] Muhammad Quraish menambahkan, redaksi yang berbunyi ألا تطغوا فى الميزان adalah merupakan penafsiran atas tujuan Allah meletakkan/menurunkan mizan, terlepas apapun penafsiran terhadap kata *mizan*, kata ini dapat dipahami dalam arti *keadilan,* maka ayat ini berarti Allah menurunkan dan menetapkan adanya keadilan agar manusia dalam melakukan aneka aktivitasnya selalu didasari oleh keadilan baik terhadap dirinya sendiri maupun pihak lain.

Pada ayat ini digunakan kalimat perintah أقيموا untuk melaksanakan sesuatu secara bersinambung dan sempurna sesuai dengan syarat dalam anjuran-anjuran yang berkaitan dengan aktivitas yang diperintahkan itu, oleh karenanya kata ini selalu digunakan dalam perintah-Nya melaksanakan shalat.

Ibnu Katsir menafsirkan ayat 7 sampai 13 Surah al-Rahman dengan mengatakan bahwa: Allah telah menciptakan langit, meninggikannya dan meletakkan keadilan, dan janganlah engkau melampaui batas keadilan, letakkanlah keadilan dan janganlah mengurangi neraca. Sebagaimana Dia telah menciptakan langit dan meninggikannya, Dia menciptakan bumi sebagai hamparan bagi makhluknya dan di tenangkannya dari keguncangan dengan gunung-gunung yang menjulang tinggi. Serta dari permukaannya manusia dapat menikmati berbagai macam biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya, indah rupanya dan memberi kesegaran bagi alam sekitarnya, maka nikmat Tuhan yang manakah di antara nikmat-nikmat-Nya yang meliputi kamu, hai makhluk manusia dan jin, yang kamu ingkari dan kamu dustakan?[56] Adapun Quraish Shihab menulis dalam

---

[55]Hamka, *Tafsir al-Azhar,* Jakarta, PT. Pustaka Panji Mas, 2000, juz: XXVII-XXVIII, hal. 184.

[56]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsir al-Quran al-Azim*..., vol. 7. hal. 452.

tafsirnya, kata الميزان adalah berarti alat menimbang, kata ini juga bisa dipahami dalam arti *keadilan,* baik dalam arti menempatkan sesuatu pada tempatnya maupun dalam arti keseimbangan.

Penafsiran dari term *al-mīzān* menunjukkan bahwa keseimbangan merupakan prinsip Qur'ani yang menyatukan dua kepentingan sekaligus, yaitu hak manusia atas akses energi yang adil dan andal, serta hak alam untuk tidak dieksploitasi melampaui daya dukungnya. Prinsip ini berkorespondensi dengan teori *Co-Creation*, *Governing the Commons*, *Polycentric Governance*, dan *Smart Grid & Energy Transition* yang menekankan batas ekologis, keadilan distribusi, serta koordinasi lintas aktor. Dengan demikian, *al-mīzān* berfungsi sebagai nilai normatif pengendali dalam Model Sinkronisasi pada Bab V, memastikan bahwa sinkronisasi PLN–PLTS tidak hanya mengejar target kapasitas, tetapi juga menjaga keadilan, stabilitas sistem, dan keberlanjutan ekologis secara simultan menuju NZE 2060.[57]

f. *Iṣlāḥ* (إصلاح)

Transisi energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 menuntut bukan hanya ketersediaan teknologi energi terbarukan, tetapi juga keserasian antara tindakan manusia dan tatanan alam. Berbagai proyek energi—termasuk PLTS—sering menghadapi resistensi sosial atau menimbulkan dampak ekologis ketika lokasi, kapasitas, dan desain teknologinya tidak sesuai dengan karakter alam setempat. Hal ini menunjukkan bahwa persoalan energi bukan semata teknis, melainkan persoalan kompatibilitas antara kebutuhan manusia dan struktur ciptaan alam yang memiliki batas dan fungsi tertentu.[58] Oleh karena itu, diperlukan prinsip normatif yang menjamin keserasian antara hak manusia atas energi dan hak alam atas keberlanjutan ekologis.[59]

Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī mencatat bahwa term yang berasal dari akar **"ص-ل-ح** muncul sebanyak 188 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep kesearsian dalam *worldview* Qur'ani.[60]

Akar kata dari: ص ل ح (ṣ-l-ḥ), makna dasar dari kata *iṣlāḥ* yaitu baik, layak, berfungsi dengan benar, dan tidak rusak. Lawan kata *iṣlāḥ* yaitu فساد (*fasād*) = kerusakan, disharmoni, disfungsi. Secara morfologis, bentuk *if'āl*

---

[57]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 163–168.

[58]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, 1996, hal. 52–56

[59]John B. Cobb Jr. dan Herman E. Daly, *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*..., hal. 66–70.

[60]Al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qur'ān*..., hal. 410-412.

(إفعال) menunjukkan tindakan aktif memperbaiki sesuatu yang mengalami potensi atau realitas kerusakan.[61] Dalam Q.S. Al-A'raf/7: 56 Allah Swt berfirman:

وَلَا تُفْسِدُوْا فِى الْاَرْضِ بَعْدَ اِصْلَاحِهَا وَادْعُوْهُ خَوْفًا وَّطَمَعًاۗ اِنَّ رَحْمَتَ اللّٰهِ قَرِيْبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِيْنَ

Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.

Ayat ini secara jelas menyatakan bahwa bumi sudah dalam kondisi *ṣāliḥ* yaitu teratur dan seimbang. Kerusakan terjadi karena intervensi manusia, oleh sebab itu, di dalam ayat ini, Allah mengingatkan manusia untuk menjaga kondisi *iṣlāḥ* itu.

Ibnu Katsir menafsirkan kata "*Ba'da iṣlāḥihā*" berarti Allah telah menata bumi dengan hukum-hukum-Nya. Fasād mencakup kemusyrikan, kezaliman, dan perusakan sosial. Menariknya, Ibnu Katsir juga menjelaskan bahwa kata *fasād* tidak hanya dalam bentuk kerusakan ekologis, tapi juga moral dan spiritual.[62] Dalam *Mafātīḥ al-Ghayb*, al-Rāzī menekankan bahwa kata *Iṣlāḥ* adalah keteraturan kosmik yang diciptakan Allah, sedangkan *fasād* adalah pelanggaran terhadap sistem ilahi. *Fasād* atau kerusakan moral manusia juga berdampak pada kerusakan alam. Kata *Iṣlāḥ* mendekati teori *moral ecology.*[63] Sedangkan Al-Qurtubi memiliki pendapat yang sedikit berbeda, dalam tafsirnya al-Qurtubi memperluas makna fasād mencakup pembunuhan, perusakan lingkungan, ketidakadilan ekonomi. *Iṣlāḥ* berarti menjaga stabilitas sosial dan ekologis sekaligus. Tafsiran ini sangat relevan dengan apa yang penulis maksud dalam disertsasi ini.[64] Pendapat para mufassir di atas dapat menjadi dasar argumen membangun *Eco-Islāḥ Paradigm.* Aktivitas manusia dalam memenhi kebutuhan hidupnya atau *human needs* sedikit banyaknya akan merusak lingkungan, oleh sebab itu ayat ini menjadi landasan untuk mengingatkan manusia akan pentingnya konservasi lingkungan.

Dalam kajian ekologi Qur'ani, hemat penulis, *iṣlāḥ* dapat dirumuskan sebagai "*Active Moral-Ecological Restoration*", yaitu kesadaran moral dan peran aktif manusia dalam menjaga bumi tetap dalam sistem keseimbangan

---

[61]Elsaid M. Badawi and Muhammad Abdel Haleem, *Arabic-English Dictionary of Quranic Usage,* Leiden: Brill, 2008, hal. 532-533.

[62]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsir al-Quran al-Azim...,* vol. 3, hal. 384.

[63]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsir al-Maraghi...,* vol. 3, hal. 315.

[64]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...,* vol 3. hal. 354.

(*mīzān*) agar terbentuk kenyamanan dan kesejahteraan hidup bukan hanya bagi mausia namun juga untuk lingkungan.

Selain kata *iṣlāḥ,* keserasian juga ditelusuri melalui klaster term Qur'ani سَوَاءً (*sawā'an*) dari akar س–و–ي, yang menekankan kesesuaian fungsional dan kecocokan struktural antarelemen dalam satu sistem. Berbeda dari الْمِيزَان yang bermakna *keseimbangan* yang menekankan proporsionalitas ukuran, *sawā'an* menekankan kompatibilitas operasional antara manusia dan alam.[65] Secara leksikal, akar ini bermakna kesepadanan dan ketidakcondongan; Ibn Fāris menegaskan makna dasarnya sebagai keadaan yang serasi dan tidak timpang.[66] Al-Rāghib al-Aṣfahānī menambahkan bahwa *sawā'an* digunakan ketika sesuatu berjalan sesuai fungsi dan kapasitasnya dalam satu sistem utuh.[67]

Ayat yang merepresentasikan prinsip ini adalah QS Fuṣṣilat/41:10:

وَجَعَلَ فِيْهَا رَوَاسِيَ مِنْ فَوْقِهَا وَبٰرَكَ فِيْهَا وَقَدَّرَ فِيْهَآ اَقْوَاتَهَا فِيْٓ اَرْبَعَةِ اَيَّامٍۗ سَوَاۤءً لِّلسَّاۤىِٕلِيْنَ

Dan Dia menentukan di bumi itu kadar-kadar (keperluan-keperluan) makanannya dalam empat masa, (sebagai jawaban) bagi orang-orang yang memerlukan.

Ayat ini menegaskan bahwa pemenuhan kebutuhan manusia (*aqwāt*) telah ditata secara serasi (*sawā'an*) sesuai kapasitas alam, bukan melalui eksploitasi bebas tanpa batas.

Analisis tafsir menunjukkan bahwa para mufasir memahami *sawā'an* sebagai prinsip keserasian distribusi dan ketepatan fungsi. Al-Ṭabarī menegaskan bahwa *sawā'an* berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan sesuai kadar dan kemaslahatan, sehingga kebijakan energi harus ditempatkan pada ukuran yang tepat dan adil.[68] Al-Qurṭubī menekankan diferensiasi potensi wilayah, dengan demikian dapat dipahami bahwa desain PLTS seharusnya mengikuti karakter lokal, bukan diseragamkan secara kaku.[69]

Ibn 'Āshūr menjelaskan dimensi ruang dan waktu dalam keserasian, sehingga kompatibilitas energi menuntut penyesuaian temporal seperti peramalan beban, penyimpanan, dan pengelolaan jaringan.[70] Tafsīr al-Wasīṭ

---

[65]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Kayfa Nataʿāmal Maʿa al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., hal. 289–293.

[66]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol. 3, hal. 108–109.

[67]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 373–374.

[68]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān ʿan Taʾwīl Āy al-Qurʾān*..., vol. 21, hal. 436.

[69]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*...,vol. 15, hal. 342.

[70]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 24, hal. 244.

menegaskan bahwa distribusi yang serasi mendorong kohesi sosial dan penerimaan publik.[71]

Tafsir dari term *sawā'an* para mufasir di atas menegaskan bahwa keserasian merupakan prinsip Qur'ani yang menyatukan hak manusia atas energi yang tepat guna dan hak alam untuk tetap berfungsi sesuai fitrahnya. Prinsip ini berkelindan dengan teori *Co-Creation, Governing the Commons, Polycentric Governance*, dan *Smart Grid*, yang menekankan kecocokan konteks, desain adaptif, dan koordinasi multiaktor. Dengan demikian, *sawā'an* berfungsi sebagai nilai normatif penguji compatibility dalam Model Sinkronisasi yang akan dibahas pada Bab V di depan, hal ini untuk mengintegrasikan PLN–PLTS berlangsung selaras dengan tatanan alam dan hak manusia menuju NZE 2060.[72]

g. *Zumaran/Ṯubātin* (زُمَرًا / ثُبَاتٍ)

Transisi energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 tidak hanya menghadapi persoalan teknis dan finansial, tetapi juga problem sosial berupa fragmentasi aktor, lemahnya koordinasi lintas skala, serta rendahnya partisipasi masyarakat. Dalam konteks ini, keberhasilan pengelolaan energi khususnya pengembangan PLTS sangat ditentukan oleh kemampuan sistem ketenagalistrikan membangun keharmonisan sosial antara negara, PLN, komunitas, dan aktor lokal, agar hak manusia untuk berpartisipasi dan hak alam untuk dilindungi dapat berjalan secara simultan dan berkelanjutan.[73]

Dalam kerangka prinsip keharmonisan sosial dapat diketahui melalui dua term Qur'ani utama, yaitu ثُبَاتٍ dan زُمَرًا yang merepresentasikan pola gerak kolektif berbeda namun saling melengkapi. Kata ثُبَاتٍ menunjuk unit-unit kecil yang stabil dan terorganisasi, sedangkan زُمَرًا menggambarkan gerak kolektif berskala besar yang tertib dan terarah menuju tujuan Bersama.[74]

Secara leksikal, akar kata ث–ب–ت bermakna keteguhan dan kestabilan, dan dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* tercatat muncul 1(satu) kali, menandakan pentingnya stabilitas dan keteraturan dalam

---

[71]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 12, hal. 331

[72]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 90–101. Dan Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 158–165.

[73]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, 1996, hal. 55–58.

[74]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Kayfa Nataʿāmal Maʿa al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., hal. 291–295.

struktur sosial Qur'ani.[75] Kata *tsubāt bentuk jamak dari* (ثُبَةٌ) *thubah* yang maknanya adalah *satu kelompok tunggal.*[76]

Adapun akar kata ز–م–ر bermakna digiring atau dihimpun dalam kelompok, dan meskipun hanya muncul dua kali(2), selalu digunakan untuk menggambarkan gerak kolektif yang tertib dan harmonis.[77] Kata *zumara:* Bentuk jamak dari زُمْرَةٍ artinya kelompok kecil.[78]

Berdasarkan kajian tersebut, ayat utama pertama adalah QS an-Nisā'/4:71:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا خُذُوْا حِذْرَكُمْ فَانْفِرُوْا ثُبَاتٍ اَوِ انْفِرُوْا جَمِيْعًا

Wahai orang-orang yang beriman, bersiap-siagalah kamu, lalu berangkatlah secara berkelompok-kelompok atau berangkatlah bersama-sama.

Ayat ini menegaskan perbedaan antara gerak kolektif terstruktur dalam unit-unit kecil ثُبَاتٍ dan gerak kolektif total, yang relevan bagi desain tata kelola energi berbasis komunitas dan koordinasi nasional. Bukan hanya di dunia, di dalam ayat lain juga didapatkan bahwa manusia akan dikelompokkan sesuai golongannya masing-masing sebagaimana dalam QS. az-Zumar/39:73:

وَسِيْقَ الَّذِيْنَ اتَّقَوْا رَبَّهُمْ اِلَى الْجَنَّةِ زُمَرًا ۗ

Dan orang-orang yang bertakwa kepada Tuhannya digiring ke dalam surga secara berkelompok-kelompok.

Ayat ini menggambarkan keharmonisan sosial berskala besar yang bergerak tertib menuju tujuan moral bersama. Hal ini berdasarkan penjelasan dari Al-Ṭabarī yang menafsirkan ثُبَاتٍ sebagai kelompok-kelompok kecil yang bergerak secara bertahap sesuai kesiapan, sementara زُمَرًا dipahami sebagai penggiringan kelompok besar secara terklasifikasi dan berurutan, sehingga keharmonisan tercipta melalui pengaturan kolektif bertingkat, bukan mobilisasi acak.[79] Al-Qurṭubī menegaskan bahwa ثُبَاتٍ menunjukkan kelompok kecil yang terpisah namun terkoordinasi, sedangkan زُمَرًا menggambarkan pembagian sosial berdasarkan peran dan nilai, sehingga

---

[75]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 159.

[76]Al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān*..., hal. 101.

[77]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 332

[78]Al-Rāghib al-Aṣfahānī, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qurʾān*..., hal. 284.

[79]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 8, 537; Abū Ja'far Muḥammad ibn Jarīr al-Ṭabarī, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 337.

harmoni sosial bergantung pada keteraturan fungsi antarkelompok.[80] Sedangkan Ibn Kathīr memahami ثُبَاتٍ sebagai kelompok demi kelompok dan زُمَرًا sebagai pengelompokan sosial berdasarkan kesepadanan nilai dan fungsi, yang menegaskan bahwa harmoni lahir dari *compatibility* antarsatuan sosial.[81] Sedangkan dalam Tafsīr al-Wasīṭ menekankan bahwa pola ثُبَاتٍ dan زُمَرًا mencerminkan fleksibilitas pengorganisasian sosial yang tetap berada dalam koridor keteraturan struktural[82]

Relevansi tafsir QS an-Nisāʾ/4:71 dan QS az-Zumar/39:73 dengan PLN–PLTS, bahwa Al-Qur'an membangun model keharmonisan sosial berlapis melalui dua pola gerak kolektif yang berbeda namun saling melengkapi. ثُبَاتٍ merepresentasikan unit-unit kecil yang stabil, terorganisasi, dan operasional relevan dengan kelompok energi masyarakat, koperasi PLTS, dan tim teknis lokal—sementara زُمَرًا merepresentasikan integrasi kelompok besar yang bergerak secara harmonis dan tertib menuju tujuan Bersama relevan dengan koordinasi kebijakan PLN–PLTS dan tata kelola ketenagalistrikan nasional.[83]

Dengan demikian, perbedaan antara ثُبَاتٍ dan زُمَرًا bukan perbedaan nilai normatif, melainkan perbedaan skala dan fungsi sosial. Keharmonisan sistem ketenagalistrikan hanya dapat tercapai apabila unit-unit lokal yang stabil (thubāt) terintegrasi secara serasi ke dalam sistem nasional yang tertib (zumarā). Prinsip ini menjadi fondasi etik Model Sinkronisasi Bab V, yang memastikan bahwa sinkronisasi PLN–PLTS tidak bersifat sentralistik maupun terfragmentasi, tetapi membangun harmoni struktural antara

---

[80]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 274; dan Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., t.t., vol. 15, hal. 283.

[81]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, 357 dan Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 1, hal. 119.

[82]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 3, hal. 214. Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 12, hal. 250.

[83]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 8, hal. 537; vol. 1, hal. 337 dan Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*,... vol. 5, hal. 274; vol. 15, hal. 283; dan Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, hal. 357; vol. 1, hal. 119 dan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 3, hal. 214; vol. 12, hal. 250.

partisipasi lokal dan koordinasi nasional demi tercapainya NZE 2060 secara adil dan berkelanjutan.[84]

2. Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan SDM, Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE

Kajian pengelolaan sumber daya manusia (SDM) dalam penelitian ini berangkat dari kesadaran bahwa keberhasilan transisi energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 tidak hanya ditentukan oleh teknologi, pembiayaan, dan desain kebijakan, tetapi juga oleh kualitas tata kelola manusia sebagai subjek pengelola sistem energi[85] Pengelolaan PLN dan PLTS pada hakikatnya adalah pengelolaan manusia—yang mencakup integritas, kewenangan, akuntabilitas, pemberdayaan, pengawasan, serta evaluasi berkelanjutan.[86]

Dalam QS al-Baqarah [2]: 30 manusia diposisikan sebagai *khalīfah* yang memikul amanah pengelolaan bumi. Dengan demikian, tata kelola SDM energi tidak hanya menyangkut efektivitas administratif, tetapi juga menyentuh dimensi etik dan normatif yang berkaitan dengan hak manusia dan hak alam,[87] Hak manusia menuntut layanan energi yang adil, profesional, dan transparan; sedangkan hak alam menuntut pengelolaan yang tidak melampaui batas daya dukungnya.[88]

Kerangka pengelolaan SDM, hak manusia, hak alam, dan implementasi PLN–PLTS–NZE ini dirangkum dalam Tabel II yang mengintegrasikan lima dimensi: fokus pengelolaan SDM, term Qur'ani, isyarat hak manusia dan hak alam, relevansi tata kelola modern, serta implikasi implementatif dalam kebijakan PLN–PLTS–NZE.[89] Dengan demikian, nilai-nilai Qur'ani tidak berhenti pada tataran etik normatif, tetapi ditransformasikan menjadi indikator struktural dan operasional dalam sistem energi nasional.[90]

Tabel 4.2 Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan SDM, Hak Manusia, Hak Alam, dan Implementasi PLN–PLTS–NZE

---

[84]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 163–168

[85] International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*..., hal. 43–55.

[86] David J. Teece, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* 18, no. 7 (1997), hal. 509–533.

[87]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Ri'āyat al-Bī'ah fī Sharī'at al-Islām*, Kairo: Dār al-Shurūq, 2001, hal. 27–34.

[88]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, 1996, hal. 55–58.

[89]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102

[90]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 163–168.

No	Fokus Pengelolaan SDM & Tata Kelola Energi	Term Qur'ani	Isyarat Hak Manusia & Hak Alam	Relevansi Tata Kelola	Implementasi PLN–PLTS–NZE
a	Manajemen SDM sebagai Penjaga dan Pengelola Amanah Energi	حَفِيظ	Hak manusia dikelola oleh SDM yang amanah, kompeten, dan dapat diawasi; hak alam dijaga dari penyalahgunaan dan eksploitasi berlebihan	Integritas, profesionalisme, dan akuntabilitas sebagai fondasi tata kelola energi berkelanjutan	Rekrutmen berbasis kompetensi; sertifikasi SDM EBT; sistem pengawasan internal dan eksternal proyek PLN–PLTS
b	Pengorganisasian Otoritas dan Pemangku Kepentingan Energi	أُولِي الْأَمْر	Hak manusia berada dalam struktur kewenangan yang sah dan adil; hak alam dilindungi melalui tata kelola kolektif yang tidak monopolistik	*Polycentric governance* dan pembagian peran lintas level	Sinkronisasi peran PLN, IPP PLTS, komunitas, dan pemerintah daerah dalam perencanaan & operasi energi
c	Pengendalian Teknis dan Administratif Sistem Energi	أَمَانَة	Hak manusia atas layanan energi yang jujur dan berkualitas; hak alam atas	Kontrol mutu, kepatuhan regulasi, dan pertanggungjawaban publik	Audit teknis PLTS; standar mutu instalasi; kepatuhan TKDN & regulasi lingkungan

No	Fokus Pengelolaan SDM & Tata Kelola Energi	Term Qur'ani	Isyarat Hak Manusia & Hak Alam	Relevansi Tata Kelola	Implementasi PLN–PLTS–NZE
			pemanfaatan yang terukur dan tidak merusak		
d	Pemberdayaan dan Peningkatan Kapasitas Pemangku Kepentingan	رَفَعَ	Hak manusia untuk diberdayakan dan ditingkatkan kapasitasnya; hak alam dijaga melalui partisipasi berbasis pengetahuan	Capacity building sebagai prasyarat keberlanjutan	Pelatihan komunitas PLTS; penguatan operator lokal; co-creation dalam pengelolaan energi
e	Monitoring dan Keadilan Energi	قسط	Hak manusia atas keadilan distribusi dan transparansi; hak alam atas pengawasan dampak ekologis	Keadilan distributif dan transparansi tata kelola	Monitoring berbasis data terbuka; audit keadilan energi; transparansi kebijakan PLN–PLTS–NZE
f	Evaluasi, Verifikasi, dan Perbaikan Berkelanjutan	تَبَيَّنَ	Hak manusia untuk koreksi kebijakan; hak alam untuk dilindungi dari kesalahan	Evaluasi adaptif dan pembelajaran berkelanjutan	Evaluasi berkala kinerja PLN–PLTS; koreksi kebijakan menuju NZE 2060

No	Fokus Pengelolaan SDM & Tata Kelola Energi	Term Qur'ani	Isyarat Hak Manusia & Hak Alam	Relevansi Tata Kelola	Implementasi PLN–PLTS–NZE
			sistemik		

Sumber: penulis

a. *Ḥafīẓ* (حَفِيظ)

Manajemen Sumber Daya Manusia sebagai Penjaga Amanah Publik

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menempatkan sumber daya manusia (SDM) sebagai faktor penentu keberhasilan tata kelola energi nasional.[91] Kompleksitas sistem energi khususnya sinkronisasi PLN dan PLTS—menuntut pengelola yang tidak hanya cakap secara teknis, tetapi juga memiliki integritas etik dalam menjaga kepentingan publik dan keberlanjutan ekologis.[92]

Dalam perspektif al-Qur'an, mandat pengelolaan sumber daya publik bukan sekadar fungsi administratif, melainkan amanah moral. Oleh karena itu, Subbab ini memfokuskan analisis pada satu term utama, ḥafīẓ, sebagai fondasi normatif manajemen SDM energi, dan analisis tentang tata kelola sektor energi.[93]

Manajemen SDM sebagai penjaga amanah publik dapat ditemukan dalam kata *hafīz.* Secara leksikal, akar kata ḥ–f–ẓ (حفظ) bermakna *menjaga, memelihara*, dan *melindungi dari penyimpangan.*[94] Makna ini mencakup dimensi personal (integritas individu) dan sistemik (pengawasan kelembagaan).

Ayat yang paling representatif dalam konteks pengelolaan sumber daya publik adalah QS Yūsuf/12: 55. Allah berfirman:

قَالَ اجْعَلْنِيْ عَلٰى خَزَاۤىِٕنِ الْاَرْضِۚ اِنِّيْ حَفِيْظٌ عَلِيْمٌ

Yusuf berkata: Jadikanlah aku pengelola perbendaharaan negeri; sesungguhnya aku adalah penjaga yang amanah dan mengetahui

Ayat ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya publik mensyaratkan kualitas penjagaan (*ḥifẓ*) sebagai dasar legitimasi mandat sebagaimana dijelaskan Al-Ṭabarī yang menyatakan bahwa kelayakan Nabi Yusuf dalam mengelola perbendaharaan negara karena memiliki sifat

[91]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 21–24.

[92]Herman E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, 1996, hal. 55–58.

[93]Yūsuf al-Qaraḍāwī, *Kayfa Nataʿāmal Maʿa al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., hal. 291–295.

[94]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol. 2, hal. 52.

penjagaan dan kapasitas administratif.[95] Adapun Fakhr al-Dīn al-Rāzī menempatkannya dalam konteks krisis sosial-ekonomi, sehingga jabatan dipahami sebagai kewajiban menjaga kemaslahatan publik.[96] Sedangkan Al-Qurṭubī menjadikannya dasar fiqh kebolehan menawarkan diri mengemban jabatan apabila memiliki kompetensi dan dibutuhkan demi kepentingan umum.[97]

Ayat di atas menurut Ibn Kathīr menegaskan tentang kebolehan menyebut kompetensi diri secara proporsional apabila bertujuan menjaga maslahat Masyarakat.[98] Namun demikian dalam mempromosikan diri Ketika mengajukan sebuah jabatan, haruslah sesuai dengan realita dan kredibiltas sebagaimana yang dijelaskan Sayyid Ṭanṭāwī bahwa permintaan jabatan Yusuf didorong kebutuhan masyarakat dan kemampuan nyata, bukan ambisi pribadi.[99] Hal ini penting untuk menjaga profesionalitas dalam menjalankan tugas kepemimpinan yang adil dan mensejahterakan masyarakat yang di pimpin, ini karena menurut Ibn ‘Āshūr bahwa kewenangan publik bukan kepemilikan sumber daya, melainkan mandat distribusi yang adil.[100]

Selain kata hafiz, Otong Suhendar dan Nur Arfiyah Febriani juga membahas tentang menjaga sumber daya alam dengan kata kunci larangan *ifsad* (merusak sumber daya alam), ajaran *i'tidal* (menjaga keseimbangan antara hak alam dan manusia serta pelestarian lingkungan) dan *ihsan* (merawat bumi lebih dari apa yang manusia dapatkan dari manfaat bumi).[101]

Relevansi tafsir di atas dengan konteks PLN–PLTS menuju NZE 2060, yang memiliki prinsip: 1. Integritas sebagai syarat utama pengelola energi; 2. Pemisahan mandat dari kepemilikan; 3. Penguatan sistem pengawasan internal–eksternal; dan 4. Orientasi kebijakan pada kemaslahatan publik dan keberlanjutan ekologis.

Pendapat para mufasir tersebut menunjukkan bahwa prinsip ḥafīẓ menempatkan amanah sebagai dasar etik legitimasi pengelolaan sumber daya publik. Secara normatif, *ḥafīẓ* menegaskan bahwa pengelola energi adalah

---

[95]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*…, vol. 16, hal.149

[96]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*…, vol. 18, hal. 483

[97]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi‘ li-Aḥkām al-Qur'ān*…, vol. 9, hal. 213. Lihat juga: Ibn Kathīr, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*…, vol. 4, hal. 339

[98]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm* …, vol. 4, hal. 339

[99]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ*…, vol. 7, hal. 380.

[100]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...,* Vol.13, hal. 80

[101]Otong Suhendar dan Nur Arfiyah Febriani, Islam and Natural Resource Management: The Quranic Perspective, *Tajdid,* Vol. 31, No. 1, 2024, hal. 89.

penjaga sistem, bukan pemilik kekuasaan. Prinsip ini sejalan dengan teori pengelolaan sumber daya bersama (*common-pool resources*) yang menuntut integritas aktor dan mekanisme pengawasan kolektif.[102][12] Dengan demikian, term *ḥafīẓ* menjadi fondasi etik model sinkronisasi Bab V dalam memperkuat tata kelola SDM energi nasional.

b. *Ulī al-Amr* (أُولِي الْأَمْر)

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menuntut kejelasan struktur kewenangan dalam pengelolaan sistem energi nasional. Energi sebagai sumber daya publik tidak dapat dikelola secara individualistik atau monopolistik, melainkan memerlukan pembagian otoritas yang sah, terkoordinasi, dan akuntabel.[103]

Dalam konteks sinkronisasi PLN dan PLTS, problem yang muncul sering kali bersifat struktural: sentralisasi berlebihan, tumpang tindih regulasi, keterbatasan partisipasi daerah dan komunitas, serta lemahnya mekanisme koreksi kebijakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan transisi energi sangat ditentukan oleh desain kewenangan yang jelas, legitimatif, dan berbasis nilai.[104]

Dengan demikian, isu utama bukan sekadar siapa yang berkuasa, melainkan bagaimana kewenangan itu dijalankan dalam batas amanah dan kemaslahatan publik.

Secara kebahasaan, kata amr (أمر) berasal dari akar أ–م–ر yang bermakna *urusan, perintah*, atau *kewenangan publik*.[105] Dalam Al-Qur'an, derivasi akar kata ini muncul sekitar 248 kali, menunjukkan sentralitas konsep pengaturan urusan dalam struktur normatif Qur'ani.[106]

Frasa *ulī al-amr* (أُولِي الْأَمْر) muncul secara spesifik dalam QS an-Nisā'/4:59, yang menjadi ayat utama subbab ini karena memuat struktur normatif tentang ketaatan berjenjang dalam pengelolaan urusan publik:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْٓا اَطِيْعُوا اللّٰهَ وَاَطِيْعُوا الرَّسُوْلَ وَاُولِى الْاَمْرِ مِنْكُمْۚ

Wahai orang-orang yang beriman! Taatilah Allah dan taatilah Rasul (Muhammad), dan pemegang kekuasaan di antara kamu.

Struktur ayat menunjukkan bahwa ketaatan kepada *ulī al-amr* tidak berdiri sendiri, melainkan berada dalam koridor nilai Ilahi dan kenabian. Hal ini menegaskan bahwa otoritas bersifat fungsional dan terbatas.

---

[102]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88

[103]Herman E. Daly dan John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 65–70.

[104]Elinor Ostrom, *Polycentric Governance and Development*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999, hal. 52–60.

[105]Aḥmad ibn Fāris, *Maqāyīs al-Lughah*..., vol. 1, hal. 137.

[106]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 89–95.

Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa ulī al-amr mencakup para pemimpin atau penguasa sah yang mengelola urusan publik, dengan syarat ketaatan hanya berlaku selama mereka menjalankan kebenaran.[107] Adapun Fakhr al-Dīn al-Rāzī menekankan bahwa ketaatan merupakan kesesuaian terhadap *amr* (perintah yang sah), bukan terhadap kehendak personal. Ayat ini membangun rantai legitimasi normatif dan mekanisme penyelesaian konflik melalui rujukan nilai.[108] Sedangkan Al-Qurṭubī menegaskan prinsip "tidak ada ketaatan dalam maksiat," sehingga otoritas dibatasi oleh nilai moral dan syariat,[109] Ibn Kathīr lebih komprehensif dengan memadukan makna ulī al-amr sebagai penguasa dan ulama, serta menegaskan bahwa ketaatan berlaku pada perkara ma'rūf,[110] sementara al-Marāghī menekankan pentingnya musyawarah dan kemaslahatan umum dalam pelaksanaan kewenangan publik.[111] Senada dengan Ibn 'Āshūr memaknai *amr* sebagai urusan publik strategis yang memerlukan legitimasi prosedural dan kompetensi,[112] demikian dengan Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan bahwa ketaatan kepada ulī al-amr bersifat bersyarat dan berada di bawah ketaatan kepada Rasul.[113]

Keseluruhan tafsir menunjukkan bahwa *ulī al-amr* bukan simbol kekuasaan absolut, melainkan mandat fungsional yang terikat nilai dan tanggung jawab publik.

Sintesis tafsir menegaskan bahwa otoritas publik dalam Islam bersifat:

1) Fungsional, bukan absolut;
2) Bertingkat, dengan hierarki legitimasi nilai;
3) Terikat norma, bukan bebas dari kontrol.

Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ulī al-amr mengandung implikasi berikut:

1) Negara dan PLN berfungsi sebagai otoritas operasional-regulatif dalam sistem energi nasional;
2) Kewenangan harus dibatasi oleh hukum, keselamatan sistem, dan keadilan layanan;

---

[107]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*…,vol. 8,hal. 496.

[108]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*…, vol. 10, hal.112.

[109]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 5, hal. 259.

[110]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...,*vol. 2, hal. 304.

[111]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī*…, Vol, 5, hal.72.

[112]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*…, vol. 5, hal. 97.

[113]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm..*, vol. 3 hal.191.

3) Diperlukan mekanisme koreksi dan pengawasan publik;
4) Koordinasi multi-aktor (pusat–daerah–komunitas–IPP) harus dibangun secara kolaboratif.

Prinsip ini selaras dengan teori *polycentric governance* yang menegaskan pentingnya banyak pusat kewenangan yang saling terhubung dalam pengelolaan sumber daya Bersama.[114]

Dengan demikian, *ulī al-amr* menjadi fondasi normatif Model Sinkronisasi Bab V, memastikan bahwa transisi energi menuju NZE 2060 tidak bersifat sentralistik maupun oligarkis, tetapi terkoordinasi secara sah, adaptif, dan akuntabel.

c. ***Amānah* (أَمَانَة)**

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menghadirkan kompleksitas teknis dan administratif yang tinggi: perencanaan sistem, pengadaan teknologi, instalasi, commissioning, operasi–pemeliharaan, hingga pelaporan kinerja.[115] Lemahnya pengendalian teknis dan administratif berpotensi menimbulkan kegagalan instalasi, inefisiensi investasi, ketidakadilan layanan energi, serta dampak ekologis jangka panjang.[116]

Karena itu, pengendalian energi tidak dapat dipahami sekadar sebagai prosedur administratif, melainkan sebagai bagian dari amanah publik yang mengikat tanggung jawab moral, hukum, dan sosial.[117] Pengelolaan energiterutama dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuntut sistem kontrol yang menjaga mutu teknis, keadilan keputusan administratif, serta akuntabilitas hasil.

Secara kebahasaan, akar kata أ–م–ن (a–m–n) melahirkan makna iman, keamanan, kepercayaan, dan tanggung jawab yang harus dijaga. Dalam *Lisān al-'Arab*, amānah didefinisikan sebagai sesuatu yang dipercayakan kepada seseorang untuk dijaga dan disampaikan kepada pemiliknya secara utuh.[118]

Berdasarkan *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, akar kata أ–م–ن muncul sebanyak ± 879 kali dalam berbagai bentuk derivasi (īmān, amn, amānah, amīn, dll.), menunjukkan keluasan medan maknanya dalam Al-Qur'an.[119] Namun bentuk spesifik الأمانات (al-amānāt) dalam konteks urusan publik muncul secara normatif dalam QS an-Nisā'/4: 58,

---

[114]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

[115]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021.

[116]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs*, IRENA, Renewable Power Generation Costs, Abu Dhabi: IRENA..., 2022.

[117]Herman E. Daly & John B. Cobb, *For the Common Good*..., hal.

[118]Ibn Manẓūr, *Lisān al-'Arab*..., entri أ–م–ن.

[119]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri أ–م–ن.

sehingga ayat ini dipilih sebagai ayat utama karena secara eksplisit mengaitkan amanah dengan kewajiban menegakkan keadilan dalam keputusan publik.

Ayat tersebut berbunyi:

إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُكُمْ أَنْ تُؤَدُّوا الْأَمَانَاتِ إِلَىٰ أَهْلِهَا وَإِذَا حَكَمْتُمْ بَيْنَ النَّاسِ أَنْ تَحْكُمُوا بِالْعَدْلِ

Sesungguhnya Allah menyuruh kamu menyampaikan amanat kepada yang berhak menerimanya, dan apabila kamu menetapkan hukum di antara manusia hendaklah kamu menetapkannya dengan adil.

Dalam hemat penulis, struktur ayat ini menampilkan dua pilar normatif yaitu penyampaian amanah kepada pemilik hak dan keputusan administratif berbasis keadilan (‘*adl*).

Pendapat penulis terinspirasi dari pendapat para mufassir seperti Al-Ṭabarī yang menegaskan bahwa perintah menunaikan amanah terutama mengikat para pemegang urusan publik agar mengembalikan hak rakyat tanpa penahanan atau penyimpangan, serta memutus perkara secara adil,[120] Ibn Kathīr menegaskan dimensi pertanggungjawaban akhirat (ḥisāb) atas setiap amanah yang tidak ditunaikan,[121] Fakhr al-Dīn al-Rāzī memperluas makna amanah mencakup amanah kepada Allah, kepada manusia, dan kepada diri sendiri, serta menekankan integritas sebagai fondasi keadilan Keputusan.[122] Al-Qurṭubī juga memiliki pandangan senada dengan menyebut ayat ini sebagai salah satu induk hukum karena mencakup seluruh relasi publik dan kewajiban keadilan,[123] demikian dengan al-Marāghī menjelaskan amanah sebagai kewajiban sistemik yang harus disampaikan utuh kepada pemiliknya tanpa pengurangan.[124]

Pendapat penulis juga didasari oleh penafsiran dari Sayyid Quṭb yang memandang ayat ini sebagai fondasi moral sistem sosial Islam yang berbasis amanah dan keadilan,[125] Ibn ‘Āshūr mendefinisikan amanah sebagai seluruh kewajiban publik yang harus disampaikan kepada pihak yang berhak,[126] dan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan bahwa amanah mencakup ilmu,

---

[120]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi’ al-Bayān fī Ta’wīl al-Qur’ān...*, vol. 8, hal. 493.

[121]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 2, hal. 295.

[122]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 10, hal. 108.

[123]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 5, hal. 256.

[124]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 5, hal. 69.

[125]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur’ān...*, vol. 2, hal. 688.

[126]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 2, hal. 92.

jabatan, harta, dan seluruh tanggung jawab publik yang harus dijaga dari manipulasi.[127]

Pendapat para mufasir di atas menunjukkan bahwa amanah dalam urusan publik menuntut tiga prinsip utama:

1) Ketepatan penyampaian hak (to deliver rightly)
2) Keadilan keputusan administratif (to judge fairly)
3) Akuntabilitas dan pertanggungjawaban (*ḥisāb*)

Dalam konteks pengendalian teknis–administratif energi, prinsip ini bermakna bahwa mutu instalasi PLTS, proses pengadaan, verifikasi pekerjaan, audit, dan pelaporan kinerja harus dijaga integritasnya serta bebas dari manipulasi.[128]

Pengendalian energi bukan sekadar kontrol prosedural, melainkan desain amanah yang mengikat mutu teknis, keadilan keputusan, dan tanggung jawab sistemik terhadap masyarakat dan lingkungan.[129] Dengan kerangka ini, pengelolaan PLN–PLTS diarahkan pada tata kelola yang profesional, transparan, dan berorientasi keberlanjutan menuju NZE 2060.

d. *Rafa'a* (رَفَعَ)

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menuntut perubahan paradigma dari sistem terpusat menuju sistem terdistribusi dan kolaboratif. Dalam pengembangan PLTS, keberlanjutan sistem tidak hanya bergantung pada infrastruktur, tetapi pada kapasitas pemangku kepentingan baik internal PLN maupun komunitas dalam memahami, mengoperasikan, dan memelihara sistem energi secara profesional. Lemahnya pemberdayaan berisiko menimbulkan ketergantungan teknis dan rendahnya keberlanjutan sistem. Karena itu, peningkatan kapasitas menjadi fondasi tata kelola energi nasional yang berkelanjutan.

Secara kebahasaan, akar kata ر–ف–ع (*raf'*) bermakna mengangkat, meninggikan, dan meningkatkan derajat atau posisi. Dalam penelusuran kamus indeks Al-Qur'an (*al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*), akar kata ر–ف–ع muncul sebanyak 29 kali dalam berbagai bentuk derivative.[130] mencakup makna elevasi fisik maupun simbolik.

Ayat yang paling eksplisit mengaitkan *raf'* dengan peningkatan kapasitas berbasis iman dan ilmu adalah:

يَرْفَعِ اللّٰهُ الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا مِنْكُمْۙ وَالَّذِيْنَ اُوْتُوا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍۗ

[127]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ*..., vol. 3, hal. 188.

[128]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 112.

[129]Venkat Ramaswamy & Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 45.

[130]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri "ر ف ع".

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. (QS al-Mujādilah /58:11.

Ayat ini dipilih secara muqayyad/ketat sebagai ayat utama karena menegaskan bahwa pengangkatan derajat bersandar pada iman dan ilmu sebagai basis kapasitas, bukan privilese struktural.

Term raf‘ (رَفَعَ) dapat dipahami sebagai elevasi kapasitas manusia. Al-Ṭabarī memaknai *raf‘* sebagai pengangkatan derajat orang beriman karena ketaatan, dan secara khusus orang berilmu karena keutamaan ilmunya. Al-Thabari menyatakan bahwa

ويرفع الله الذين أوتوا العلم من أهل الإيمان على المؤمنين الذين لم يؤتوا العلم بفضل علمهم درجات، إذا عملوا بما أمروا به

Ungkapan al-Thabari ini menjelaskan bahwa derajat seseorag akan meningkat ketika ilmu diamalkan dan memberi manfaat nyata.[131] Dalam konteks energi, *raf‘* menegaskan bahwa peningkatan kapasitas teknis dan profesional menjadi dasar legitimasi peran dalam sistem PLN–PLTS.

Penafsiran al-Thabari senada dengan Ibn Kathīr yang menafsirkan bahwa Allah mengangkat derajat orang beriman dan berilmu sebagai balasan atas ketaatan dan ilmu yang mereka miliki.[132] Dalam konteks energi, *raf‘* merefleksikan transformasi masyarakat dari objek kebijakan menjadi subjek pengelolaan berbasis kompetensi. Adapun Al-Rāzī menjelaskan bahwa *raf‘* bermakna kenaikan derajat pahala dan kedudukan, terutama bagi orang berilmu. Ilmu meningkatkan kualitas amal sekaligus memperbesar tanggung jawab.[133] Dalam tata kelola energi, peningkatan kompetensi SDM harus diiringi peningkatan akuntabilitas terhadap keselamatan sistem dan keberlanjutan ekologis. Sedangkan Al-Qurṭubī menegaskan bahwa ayat ini memuliakan para ulama dan menunjukkan bahwa Allah meninggikan orang beriman dan berilmu dalam derajat dunia dan akhirat.[134] Kata *raf‘* menjadi dasar normatif bagi *capacity building*: peningkatan kompetensi teknisi PLTS dan literasi energi masyarakat sebagai syarat keberlanjutan.

Disisi lain, Al-Marāghī memaknai *raf‘* sebagai pengangkatan derajat dalam pahala dan kedudukan karena pelaksanaan perintah dan amal nyata.[135]

---

[131]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān...*, vol. 23, hal. 247.

[132]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 8, hal. 79.

[133]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 29, hal. 494.

[134]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 17, hal. 300.

[135]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī....*, vol. 28, hal. 17.

Secara aplikatif, peningkatan kapasitas teknis dan manajerial SDM energi menjadi bentuk implementasi prinsip rafʿ dalam sistem PLN–PLTS. Adapun Ibn ʻĀshūr menjelaskan bahwa *rafʿ* adalah balasan atas kepatuhan terhadap perintah Allah, mencakup derajat duniawi dan ukhrawi.[136] Dalam tata kelola energi, legitimasi peran harus berbasis kapasitas dan kontribusi, bukan sekadar posisi struktural. Senada dengan al-Maraghi, Ṭanṭāwī mengatakan bahwa pengangkatan derajat diberikan kepada orang beriman dan berilmu sebagai bentuk penghormatan atas kapasitas dan kontribusi mereka.[137] Dalam konteks energi, prinsip ini mendorong penguatan SDM berbasis ilmu untuk mendukung model co-creation dan keberlanjutan sistem.

Secara komparatif, para mufasir sepakat bahwa *rafʿ* adalah elevasi derajat berbasis iman dan ilmu. Dalam konteks pemberdayaan SDM energi, *rafʿ* bermakna:

1) Peningkatan kapasitas teknis sebagai hak manusia untuk diberdayakan.
2) Elevasi tanggung jawab profesional dalam sistem energi.
3) Distribusi peran berbasis kompetensi, bukan privilese struktural.
4) Capacity building sebagai prasyarat keberlanjutan NZE 2060.

Dengan demikian, pelatihan komunitas PLTS, penguatan operator lokal, dan model co-creation energi merupakan implementasi prinsip Qur'ani tentang pengangkatan derajat manusia melalui peningkatan kapasitas dan kontribusi sistemik.

e. *Qisṭ* (قسط)

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 menuntut sistem kontrol dan monitoring yang tidak hanya administratif, tetapi korektif dan berorientasi pada keadilan substantif. Dalam pengelolaan PLN–PLTS, potensi penyimpangan teknis, ketimpangan kebijakan, manipulasi data kinerja, maupun dampak ekologis memerlukan mekanisme pengawasan yang menjaga hak manusia atas layanan energi yang adil dan hak alam atas perlindungan keberlanjutan. Dalam perspektif Al-Qur'an, pengawasan bukan instrumen dominasi, melainkan tindakan korektif aktif (qisṭ) untuk mengembalikan keseimbangan sistem.

Akar kata ق–س–ط (q–s–ṭ) bermakna keadilan yang ditegakkan melalui tindakan korektif. Dalam *al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* karya Muḥammad Fu'ād ʻAbd al-Bāqī, derivasi akar kata ini tercatat muncul sekitar 25 kali dalam Al-Qur'an.[138] dengan nuansa makna yang

[136]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 28, hal. 41.

[137]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm...*, vol. 14, hal. 262.

[138]Muḥammad Fu'ād ʻAbd al-Bāqī, *al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*,... entri قسط.

menekankan penegakan keadilan melalui intervensi aktif terhadap penyimpangan.

Ayat yang menjadi rujukan adalah QS al-Ḥujurāt/49: 9, Allah Swt berfirman:

فَاِنْ فَاۤءَتْ فَاَصْلِحُوْا بَيْنَهُمَا بِالْعَدْلِ وَاَقْسِطُوْا ۗاِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ الْمُقْسِطِيْنَ

Maka damaikanlah antara keduanya dengan adil dan berlakulah adil; sesungguhnya Allah mencintai orang-orang yang menegakkan keadilan.

Ayat ini dipilih karena secara eksplisit memerintahkan tindakan korektif (*fa-aṣliḥū*) dan penegakan keadilan aktif (*wa aqsiṭū*), sehingga paling relevan dengan desain kontrol dan monitoring energi. Analisis ini dibatasi (*muqayyad*) pada term *qisṭ* sebagai keadilan korektif aktif dalam konteks pengawasan dan penataan ulang sistem.

Al-Ṭabarī menafsirkan perintah *fa-aṣliḥū* dan *wa aqsiṭū* sebagai kewajiban menegakkan keadilan dengan kembali kepada hukum Allah dan keputusan yang tidak melampaui batas.[139] Qisṭ dipahami sebagai tindakan mengoreksi pihak yang menyimpang agar kembali kepada ketentuan yang adil.Dalam konteks energi, prinsip ini menuntut kontrol berbasis regulasi dan standar teknis untuk mengoreksi deviasi instalasi, pelaporan, dan operasional PLN–PLTS. Adapun Ibn Kathīr memaknai *al-muqsiṭīn* sebagai pihak yang menegakkan keadilan secara konsisten dalam putusan dan Tindakan.[140] Konsistensi menjadi kunci legitimasi publik. Implikasinya, monitoring energi harus independen, objektif, dan konsisten agar dipercaya masyarakat. Sedangkan Al-Rāzī membedakan antara iṣlāḥ (menghentikan konflik) dan iṣlāḥ bil-‘adl (menata ulang secara adil agar tidak berulang).[141] Perintah *wa aqsiṭū* menunjukkan generalisasi keadilan dalam seluruh keputusan. Dalam tata kelola energi, monitoring tidak boleh berhenti pada penyelesaian masalah sesaat, tetapi harus memastikan perbaikan sistemik dan pencegahan penyimpangan berulang.

Pandangan lain, Al-Qurṭubī menekankan bahwa qisṭ adalah keadilan maslahat yang menghilangkan kezaliman tanpa menciptakan konflik baru.[142] Keadilan harus menjaga stabilitas sosial. Dalam konteks PLN–PLTS, audit dan pengawasan diarahkan untuk memulihkan fungsi sistem tanpa menimbulkan distorsi kebijakan atau ketidakadilan baru. Adapun Al-

---

[139]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi‘ al-Bayān fī Ta’wīl al-Qur’ān...*, vol. 22, hal. 292.

[140]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 7, hal. 350.

[141]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb,...* vol. 28, hal. 106.

[142]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān,...*vol. 16, hal. 319.

Marāghī menafsirkan *iqsāṭ* sebagai tindakan aktif menghilangkan ketidakadilan dengan ukuran yang jelas.[143] Dalam sistem energi, hal ini menuntut indikator teknis terukur sebagai *mīzān* pengawasan—seperti standar mutu instalasi, keandalan sistem, dan verifikasi data kinerja. Sayyid Quṭb memandang qisṭ sebagai mekanisme menjaga integritas jamaah melalui koreksi aktif terhadap penyimpangan.[144] Keadilan bukan netralitas pasif, tetapi intervensi demi keteraturan kolektif. Dalam pengelolaan energi, pengawasan harus responsif terhadap ketimpangan akses dan dominasi kebijakan. Pendapat lain, Ibn ʻĀshūr menegaskan bahwa qisṭ mencakup keadilan prosedural dan substansial yang dijalankan secara proporsional untuk menghilangkan residu konflik.[145] Dalam konteks monitoring energi, koreksi kebijakan harus terukur dan proporsional agar tidak menciptakan distorsi baru dalam sistem PLN–PLTS. Sedangkan Ṭanṭāwī menegaskan bahwa perintah *aqsiṭū* menutup celah penyalahgunaan kekuasaan dan menuntut transparansi dalam pelaksanaan keadilan.[146]Dalam tata kelola energi, ini memperkuat kebutuhan audit terbuka, pelaporan akuntabel, dan sistem pengawasan yang dapat diverifikasi publik.

Pendapat para mufasir menunjukkan bahwa *qisṭ* adalah keadilan korektif aktif yang mencegah penyimpangan sistemik. Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini menuntut:

1) Monitoring berbasis indikator objektif,
2) Audit independen dan transparan,
3) Koreksi kebijakan berkelanjutan,
4) Perlindungan hak manusia dan hak alam secara simultan.

Dengan kerangka ini, kontrol energi bukan instrumen kekuasaan administratif, tetapi implementasi nilai Qur'ani tentang keadilan aktif yang menopang keberlanjutan sistem menuju NZE 2060.

f. *Tabayyun* (تَبَيُّن)

Transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 merupakan proses adaptif yang menuntut evaluasi dan koreksi berkelanjutan. Dalam pengelolaan PLN–PLTS, keputusan teknis dan kebijakan yang tidak didasarkan pada verifikasi data berpotensi menimbulkan kesalahan sistemik, kerugian publik, serta dampak ekologis jangka panjang. Oleh karena itu, evaluasi dan klarifikasi informasi menjadi fondasi keberlanjutan tata kelola energi, guna menjaga hak manusia atas layanan yang andal serta hak alam atas perlindungan yang terukur.

---

[143]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 26, hal. 129.

[144]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 6, hal. 3343.

[145]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 26, hal. 242.

[146]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ...*, vol. 13, hal. 309

Secara kebahasaan, akar kata ب-ي-ن (b–y–n) bermakna menjadi jelas, membedakan, dan menyingkap kebenaran setelah ketidakjelasan. Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* karya Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, derivasi akar kata ini tercatat muncul sekitar 523 kali dalam berbagai bentuk,[147] menunjukkan bahwa tabayyuna merupakan prinsip epistemik Qur'ani yang sistemik dan lintas sektor.

Ayat yang menjelaskan pentingnya *tabayyun* dapat dilihat dalam QS al-Ḥujurāt/49:6:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْٓا اِنْ جَاۤءَكُمْ فَاسِقٌۢ بِنَبَاٍ فَتَبَيَّنُوْٓا اَنْ تُصِيْبُوْا قَوْمًاۢ بِجَهَالَةٍ فَتُصْبِحُوْا عَلٰى مَا فَعَلْتُمْ نٰدِمِيْنَ

Wahai orang-orang yang beriman, jika seorang fasik datang kepadamu membawa berita penting, maka telitilah kebenarannya agar kamu tidak mencelakakan suatu kaum karena ketidaktahuan(-mu) yang berakibat kamu menyesali perbuatanmu itu.

Kata yang ingin ditekankan dalam ayat ini adalah kata *tabayyun*. Ayat ini dipilih karena dalam ayat ini dapat diambil poin-poin tentang evaluasi, verifikasi, dan perbaikan prinsip epistemik tata kelola berkelanjutan, yaitu:

1) Menekankan verifikasi sebelum tindakan,
2) Mencegah dampak sosial akibat keputusan keliru, dan
3) Relevan langsung dengan evaluasi kebijakan publik dan teknis.

Analisis ini dibatasi (*muqayyad*) pada term tabayyun sebagai kewajiban verifikasi informasi sebelum pengambilan keputusan publik. Penulis mendapati pendapat mufassir yang dapat direlevansikan dengan konteks pentingnya melakukan evaluasi dan verifikasi dalam pengelolaan sumber daya alam.

al-Ṭabarī (w. 310 H) menafsirkan perintah *fatabayyanū* sebagai kewajiban memastikan kebenaran berita sebelum bertindak agar tidak menzalimi pihak yang tidak bersalah.[148] Keputusan yang tidak diverifikasi berpotensi melahirkan penyesalan sosial. Dalam konteks energi, prinsip ini menuntut verifikasi data teknis, laporan kinerja PLTS, dan evaluasi kebijakan sebelum implementasi agar tidak menimbulkan kerugian publik maupun ekologis. Adapun Fakhr al-Dīn al-Rāzī (w. 606 H) menekankan bahwa tabayyuna merupakan prinsip epistemologis universal dalam menerima informasi.[149] Ia tidak terbatas pada konteks historis tertentu, tetapi berlaku umum bagi setiap sumber yang berpotensi menyesatkan. Dalam tata

---

[147]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*,... entri بين.

[148]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān...*, vol. 22, hal. 286.

[149]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 28, hal. 98.

kelola energi, tafsir ini menegaskan pentingnya *evidence-based decision making* dalam kebijakan teknis dan administratif. Selain kedua mufassir diatas al-Qurṭubī (w. 671 H) juga memberikan komentar, bahwa tabayyuna sebagai fondasi keadilan prosedural dalam pengambilan keputusan[150]. Tindakan tanpa verifikasi merupakan bentuk kezaliman karena mengabaikan hak pihak lain.Dalam pengelolaan PLN–PLTS, ini mengarah pada keharusan audit, klarifikasi data, dan uji kepatuhan sebelum sanksi atau kebijakan diberlakukan.

Adapun Ibn Kathīr (w. 774 H) menegaskan bahwa tabayyuna bertujuan mencegah penguasa mengikuti informasi keliru yang merusak tatanan sosial[151]. Dalam sistem energi, keputusan teknis dan administratif harus melewati proses klarifikasi agar tidak memicu kegagalan sistemik atau konflik kebijakan. Pendapat lain, al-Marāghī (w. 1371 H) memaknai tabayyuna sebagai proses aktif mencari kejelasan dan menghindari keputusan tergesa-gesa[152]. Dalam konteks energi, hal ini menuntut evaluasi berkelanjutan terhadap performa instalasi, kebijakan tarif, dan dampak lingkungan sebelum keputusan lanjutan diambil. Adapun Sayyid Quṭb (w. 1387 H) menempatkan tabayyuna sebagai prinsip etik kolektif untuk menjaga stabilitas dan keadilan masyarakat.[153] Verifikasi informasi mencegah kerusakan struktural akibat keputusan emosional atau politis. Dalam tata kelola energi, tafsir ini menolak kebijakan reaktif tanpa basis data yang sahih. Sedangkan Ibn ʻĀshūr (w. 1393 H) Ibn ʻĀshūr melihat tabayyuna sebagai asas hukum dan pemerintahan yang menuntut kehati-hatian rasional dalam kebijakan publik.[154] Dalam pengelolaan PLN–PLTS, ini menegaskan pentingnya mekanisme review dan koreksi kebijakan berbasis data terverifikasi. Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī (w. 1431 H) menegaskan bahwa tabayyuna menjaga keadilan dan mencegah penyalahgunaan informasi dalam keputusan publik.[155]

Dalam sektor energi, hal ini menguatkan kebutuhan transparansi data, audit terbuka, dan pelaporan akuntabel.

4) Sintesis Tafsir dan Relevansi terhadap Pengelolaan PLN–PLTS

Sintesis delapan mufasir menunjukkan bahwa tabayyuna adalah fondasi evaluasi adaptif dalam tata kelola publik. Prinsip ini menuntut:

---

[150]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 16, hal. 312.

[151]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 7, hal. 345.

[152]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 26, hal. 126

[153]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 6, hal. 3340.

[154]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 26, hal. 231.

[155]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ...*, vol. 13, hal. 304.

1) Verifikasi Data Sebelum Kebijakan Diterapkan,
2) Analisis Rasional Sebelum Keputusan Teknis Diambil,
3) Mekanisme Koreksi Atas Kesalahan Yang Teridentifikasi, Dan
4) Perbaikan berkelanjutan (*iṣlāḥ*) sebagai bagian dari siklus sistem.

Dalam konteks PLN–PLTS, tabayyuna mengokohkan desain monitoring–review–correction sebagai jantung tata kelola energi berkelanjutan. Dengan kebijakan berbasis data tervalidasi dan koreksi adaptif, sinkronisasi PLN–PLTS dapat berjalan stabil, adil, dan terpercaya, sehingga mempercepat pencapaian NZE 2060 tanpa menimbulkan penyesalan kebijakan di masa depan.

B. Pengelolaan Sumber Daya Alam dalam Al-Qur'an

1. Isyarat Al-Qur'an tentang Sumber Daya Alam (Energi), Panas, dan Material Pencetus Emisi

Subbab ini meletakkan kerangka normatif dalam membaca isyarat Al-Qur'an tentang sumber daya alam khususnya energi, panas, dan material pencetus emisi yang relevan dengan transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Al-Qur'an tidak diposisikan sebagai kitab teknis energi, melainkan sebagai sumber nilai kosmik dan prinsip keseimbangan (mīzān) yang selaras dengan sunnatullāh dan dapat dipahami melalui ilmu pengetahuan sebagaimana dapat dilihat di antaranya dalam QS al-Raḥmān/55:7–9.

Dalam sistem PLTS, keluaran daya ditentukan oleh interaksi radiasi matahari (gelombang tampak dan infra-merah), angin, air, dan panas lingkungan.[156] Gelombang tampak menggerakkan konversi fotovoltaik, sedangkan infra-merah menaikkan temperatur modul dan menurunkan efisiensi.[157] Angin berperan sebagai pendingin alami, sementara air dan hujan membantu pembersihan serta stabilisasi suhu mikro lingkungan.[158]

Pada skala global, keseimbangan energi bumi dipengaruhi oleh radiasi infra-merah dan akumulasi gas rumah kaca (CO_2, CH_4, N_2O, H_2O, O_3),[159] Peningkatan konsentrasi gas tersebut memperbesar retensi panas atmosfer dan mengganggu keseimbangan sistem bumi.[160] Secara normatif, kondisi ini

---

[156]International Energy Agency (IEA), *Renewables 2023*, Paris: IEA, 2023.

[157]Luque & Hegedus, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Wiley, 2011, hal 91–92

[158]Luque & Hegedus, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Wiley, 2011., 954–964

[159]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press, 2021, hal. 923–925

[160]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, hal. 989–991.

dapat dipahami sebagai bentuk pelampauan batas (ṭughyān) terhadap prinsip mīzān yang ditegaskan Al-Qur'an sebagaimana dapat dirujuk dalam QS al-A'rāf/7:85; al-Raḥmān/55:8–9.

Kajian ini diringkas dalam tabel di bawah sebagai peta konseptual induk yang merangkum setiap fenomena alam yang ditemukan dalam term al-Qur'an, isyarat al-Qur'an tersebut penulis ungkapkan relevansinya dengan keseimbangan hak alam dan manusia dan relevansinya dengan PLN, PLTS dan NZE.

Tabel 4.3. Isyarat Al-Qur'an tentang Energi, Panas, dan Material Emisi

No	Kata Utama	Term Qur'ani	Isyarat Hak Manusia & Alam	Relevansi Energi	Implementasi PLN–PLTS–NZE
a	Matahari	الشَّمْس	Karunia yang dimanfaatkan tanpa merusak mīzān	Radiasi tampak (PV) & infra-merah	PLTS sebagai energi bersih
b	Angin	الرِّيَاح	Rahmat dan penyeimbang ekosistem	Pendinginan alami & energi kinetik	Integrasi desain ventilasi & PLTB
c	Air	الْمَاء	Hak dasar makhluk; larangan pencemaran	Cooling & rain cleaning	PLTS terapung & efisiensi panel
d	Panas	الْحَرّ	Variabel alam yang harus proporsional	Penurunan efisiensi termal	Manajemen suhu modul
e	Infra-merah	(Makna implisit)	Bagian hukum alam yang seimbang	Keseimbangan energi global	Desain kontrol termal
f	Gas Rumah Kaca	دُخَان – سَمُوم	Peringatan atas kerusakan akibat ṭughyān	Retensi panas atmosfer	Reduksi emisi & NZE 2060

a. Matahari Sebagai Sumber Energi Listrik

Ketimpangan akses energi global, ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan meningkatnya tekanan krisis iklim menuntut transformasi sistem energi menuju sumber yang bersih, terbarukan, dan berkelanjutan. Dalam

konteks ini, matahari menempati posisi strategis sebagai sumber energi primer yang melimpah dan relatif merata, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia. Pengembangan PLTS dalam agenda transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 bukan sekadar pilihan teknologis, tetapi bagian dari pengelolaan sumber daya alam yang selaras dengan prinsip keteraturan dan keseimbangan kosmik sebagaimana diisyaratkan Al-Qur'an tentang keseimbangan kosmik (*mīzān*) dalam QS al-Raḥmān/55:7–9.

Term terkait matahari dalam subbab ini adalah الشَّمْس (ash-shams) yang berasal dari akar kata ش–م–س dan dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* tercatat muncul sebanyak 33 kali dalam Al-Qur'an[161] Selain itu digunakan istilah ضِيَاء (*ḍiyā'*) dan سِرَاج (*sirāj*) untuk menggambarkan fungsi energi matahari. Allah Swt berfirman dalam QS Yūnus/10:5:

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَآءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ

Dialah yang menjadikan matahari bersinar (ḍiyā') dan bulan bercahaya (nūr) dan Dia menetapkan manāzil (tempat-tempat orbitnya) agar kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kekuasaan-Nya)

Kepada orang-orang yang mengetahui.

Ayat lain yang menyebutkan peran matahari sebagai pelita adalah QS Nūḥ/71:16:

وَّجَعَلَ الْقَمَرَ فِيْهِنَّ نُوْرًا وَّجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا

Dan Dia menjadikan bulan pada langit-langit itu sebagai cahaya, dan menjadikan matahari sebagai pelita (sirāj).

Analisis ayat di atas dibatasi pada aspek energi cahaya dan panas, serta prinsip keteraturan (*manāzil–ḥisāb*), sehingga tetap relevan dengan tema pengelolaan energi listrik modern tanpa menjadikan Al-Qur'an sebagai buku fisika.

Dalam QS. Yūnus/10:5, matahari sebagai *Ḍiyā',* ketika Al-Qur'an menyebut matahari sebagai *ḍiyā'*, para mufasir memahami istilah ini sebagai cahaya aktif yang bersumber dari dirinya sendiri.

Al-Ṭabarī menekankan frasa *qaddarahu manāzil* sebagai penetapan ukuran dan lintasan yang pasti sehingga manusia dapat melakukan *ḥisāb*

[161]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm...*, entri شمس.

(perhitungan waktu).[162] Keteraturan ini menunjukkan bahwa sistem cahaya matahari bekerja dalam batas konsisten dan terukur. Ibn Kathīr menegaskan bahwa variasi orbit dan cahaya merupakan bagian dari hikmah Ilahi agar manusia mengenali musim dan ritme kehidupan.[163] Variabilitas bukan ketidakteraturan, melainkan pola yang dapat diprediksi. Sementara al-Qurṭubī membedakan tegas antara *ḍiyā'* dan *nūr*, dengan *ḍiyā'* sebagai cahaya kuat yang menyala aktif.[164] Pembedaan ini diperlukan agar fungsi siang dan malam berlangsung stabil. Adapun Al-Marāghī membedakan cahaya primer (matahari) dan sekunder (bulan), yang secara implisit membangun hirarki energi kosmik.[165]Sayyid Quṭb melihat ayat ini sebagai manifestasi *tadbīr muḥkam*, yakni pengaturan kosmik yang kokoh dan berirama.[166] Sedangkan Ibn ʻĀshūr menekankan keseimbangan intensitas; energi berlebih sama problematisnya dengan kekurangan energi.[167] Penafsiran senada juga diungkap oleh Ṭanṭāwī menegaskan bahwa diferensiasi intensitas cahaya merupakan syarat keterbacaan sistem alam dan sosial.[168] Dalam tafsir kontemporer M. Quraish Shihab menyoroti ketelitian Al-Qur'an dalam penggunaan istilah *ḍiyā'* dan *nūr*, serta dorongan epistemologis kepada *qawmin ya'lamūn*,[169] sementara dalam *Tafsir Ilmi* LPMQ/LMQ memaknai *ḍiyā'* sebagai energi cahaya berintensitas tinggi yang menopang kehidupan, sembari menegaskan bahwa Al-Qur'an memberi kerangka normatif, bukan uraian teknis fisika.[170]

Dalam perspektif fisika energi modern, *ḍiyā'* dapat dipahami sebagai radiasi foton cahaya tampak yang menjadi basis kerja teknologi fotovoltaik (PV). Panel surya memanfaatkan energi ini untuk menghasilkan arus listrik.

B. QS Nūḥ/71:16 bahwa matahari sebagai *sirāj.*

Pada QS Nūḥ/71:16, matahari disebut sebagai *sirāj.* Pendapat mufassirpun beragam, Al-Ṭabarī memahami *sirāj* sebagai pelita yang

---

[162]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 15, hal. 23.

[163]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 4, hal. 217.

[164]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 8, hal. 209.

[165]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 11, hal. 67.

[166]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 3, hal. 1763.

[167]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 11, hal. 93.

[168]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ...*, vol. 7, hal. 25

[169]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah..*, QS Yūnus/10:5.

[170]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, *Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains* ,Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI, 2010, hal.58.

menyala aktif dalam sistem langit yang tertata,[171] Ibn Kathīr mengaitkannya dengan QS Yūnus/10:5 untuk menegaskan diferensiasi fungsi Cahaya,[172] al-Qurṭubī menegaskan bahwa *sirāj* menunjukkan cahaya kuat yang memberi manfaat langsung bagi kehidupan,[173] Sayyid Quṭb memaknainya sebagai tanda ketergantungan manusia pada energi ciptaan Allah,[174] dan Ibn ʻĀshūr menegaskan bahwa *sirāj* mengandung makna cahaya sekaligus panas inheren.[175]

Dalam QS al-Naba'/78:13 disebutkan:

وَّجَعَلْنَا سِرَاجًا وَّهَّاجًا ۖ

Dan Kami menjadikan pelita yang amat terang (menyala kuat).

Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa bahwa matahari bukan hanya bercahaya, tetapi juga memiliki panas aktif. Dalam konteks PLTS modern, panas (infra-merah) justru harus dikendalikan karena meningkatkan suhu modul dan menurunkan efisiensi daya.

Pembedaan Qur'ani antara *ḍiyā'* dan *sirāj* menunjukkan dua dimensi energi matahari yaitu cahaya aktif sebagai sumber energi primer dan panas inheren yang memerlukan pengendalian. Prinsip keteraturan (manāzil–ḥisāb) menegaskan bahwa energi bekerja dalam sistem terukur dan dapat direncanakan. Dengan demikian, integrasi PLTS dalam sistem PLN harus berbasis perencanaan kapasitas, pengendalian intermitensi, dan manajemen termal, sehingga energi surya menjadi instrumen strategis menuju NZE 2060 secara adil dan berkelanjutan.[176]

b. Angin Sebagai Sistem Sirkulasi dan Penyeimbang Panas

Krisis iklim dan dominasi energi fosil meningkatkan temperatur lingkungan dan berdampak langsung pada efisiensi PLTS, khususnya di wilayah tropis. Radiasi infra-merah matahari menaikkan suhu modul dan menurunkan tegangan keluaran daya. Karena itu, mekanisme penyeimbang panas alami seperti angin menjadi variabel penting dalam menjaga stabilitas sistem energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Dalam perspektif

---

[171]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 23, hal. 637.

[172]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 8, hal. 247.

[173]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 18, hal. 304

[174]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 6, hal. 3714.

[175] Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*,... vol. 29, 203.

[176]Prinsip keteraturan dan keadilan pengelolaan energi dalam dari kata *mīzān*, juga dapat dilihat dalam QS al-Ḥadīd/57:25.

Qur'ani, dinamika angin merupakan bagian dari sistem kosmik yang teratur untuk menjaga keseimbangan (mīzān) alam di dalam QS al-Raḥmān/55:7–9.

Term al-Qur'an terkait angin ialah ٱلرِّيَاح (*ar-riyāḥ*) dan ٱلرِّيح (*ar-rīḥ*) yang berakar dari ر–و–ح, bermakna bergerak, berhembus, memberi kelapangan, dan membawa perubahan. Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, derivasi akar kata ini tercatat muncul sekitar ±29 kali, menunjukkan bahwa angin dipahami Al-Qur'an sebagai fenomena dinamis dan sirkulatif.[177]

Ayat utama yang digunakan adalah QS al-Baqarah/2:164:

وَّتَصْرِيْفِ الرِّيٰحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاۤءِ وَالْاَرْضِ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَ

Dan pada pergiliran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berpikir.

Frasa *taṣrīf al-riyāḥ* dalam QS. al-Baqarah/2:164 menegaskan adanya distribusi dan pengaturan sistemik, sehingga relevan dengan prinsip manajemen energi dan sinkronisasi sistem PLTS.

Dalam pandagan al-Qur'an, fungsi angin sebagai sistem sirkulasi dan penyeimbang panas. Al-Ṭabarī menafsirkan *taṣrīf al-riyāḥ* sebagai pengaturan Allah terhadap angin dalam berbagai fungsi rahmat, penyerbukan, dan peringatan yang seluruhnya berada dalam kendali-Nya dan tidak berlangsung secara acak.[178] Ibn Kathīr melihat pergiliran angin sebagai pola yang memungkinkan keteraturan musim dan keberlangsungan kehidupan,[179] al-Qurṭubī menekankan keragaman sifat angin seperti panas, dingin, lembut, dan keras sebagai syarat keseimbangan kehidupan dan stabilitas alam,[180] al-Marāghī menegaskan bahwa angin berjalan sesuai sunnatullāh yang bijaksana dalam siklus hujan dan pertumbuhan,[181] sedangkan Sayyid Quṭb memandang *taṣrīf al-riyāḥ* sebagai harmoni kosmik yang disengaja demi keberlangsungan hidup manusia,[182] dan Ibn 'Āshūr menjelaskan *taṣrīf* sebagai pertukaran energi panas–dingin yang terukur dan berulang dalam sistem atmosfer.[183]

---

[177]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm...*, entri ريح.

[178]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān...*, vol. 3, hal. 275.

[179]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 1, hal. 345.

[180]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 2, hal. 197.

[181]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 2, hal. 37

[182] Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān...*, vol. 1, hal. 153

[183]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 2, hal. 85.

Dalam perspektif fisika PLTS, angin berfungsi sebagai pendingin konvektif alami yang mempercepat pelepasan panas dari modul surya. Penurunan suhu modul sekitar 10–15°C dapat meningkatkan efisiensi keluaran daya ±5–7% tanpa tambahan emisi karbon.

Sintesis tafsir menunjukkan bahwa angin adalah energi dinamis yang diatur (musakhkhar) untuk menjaga keseimbangan termal dan ekologis. Prinsip *taṣrīf* menegaskan bahwa dinamika panas–dingin bekerja dalam sistem terukur dan berulang. Dalam konteks pengelolaan PLTS nasional, integrasi faktor angin melalui desain ventilasi modul, analisis mikroklimat, dan pemilihan lokasi menjadi bagian dari sinkronisasi teknis dan ekologis menuju NZE 2060 yang adil dan berkelanjutan.[184]

c. Air Sebagai Rahmat Kehidupan, Penyeimbang Termal, dan Penopang Energi Berkelanjutan

Air merupakan fondasi kehidupan sekaligus elemen kunci dalam keberlanjutan sistem energi. Ketimpangan akses air bersih memperlemah ketahanan pangan, kesehatan, dan stabilitas energi, terutama di wilayah tropis dan kepulauan. Dalam transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060, air berfungsi tidak hanya sebagai sumber energi langsung (PLTA dan energi laut), tetapi juga sebagai penyeimbang termal, pembersih alami modul surya, serta penstabil iklim mikro pada infrastruktur PLTS.[185]

Term tentang air dalam al-Qur'an disebut dengan kata الْمَاء (*al-mā'*). Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, lafaz ini yang berakar dari م–و–ه tercatat muncul 63 kali, menunjukkan sentralitas air dalam kosmologi Al-Qur'an.[186]

Ayat utama yang dijadikan dasar ontologis adalah QS al-Anbiyā'/21: 30:

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَآءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّۗ اَفَلَا يُؤْمِنُوْنَ

Dan Kami jadikan dari air segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tidak beriman?

Ayat ini menegaskan air sebagai syarat ontologis seluruh kehidupan dan fondasi normatif bahwa air bukan sekadar komoditas ekonomi, melainkan rahmat universal Allah sebagaimana dalam QS al-Anbiyā'/21: 30.

Al-Qur'an mengungkapkan tentang fungsi air sebagai sumber kehidupan, penopang sistem ekologis, dan penyeimbang termal. Hal ini sebagaimana diungkapkan oleh Al-Ṭabarī menegaskan bahwa seluruh

---

[184]Prinsip sinkronisasi faktor iklim dalam pengelolaan energi berkelanjutan menuju NZE 2060.

[185]Prinsip keterkaitan air–energi–ekologi dalam transisi NZE 2060.

[186]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm...*, entri ماء.

makhluk hidup diciptakan dan dihidupkan melalui air yang diturunkan Allah; frasa *min al-mā'* menunjukkan asal-usul kehidupan secar menyeluruh, dan penutup ayat *afalā yu'minūn* adalah teguran rasional atas pengingkaran tauhid,[187] pendapat al-Thabari berkelidan dengan pendapat Ibn Kathīr menafsirkan ayat ini secara literal sebagai penegasan bahwa air adalah asal seluruh kehidupan biologis, diperkuat oleh riwayat sahih tentang penciptaan makhluk hidup dari air.[188] Demikian dengan al-Qurṭubī menjelaskan bahwa ayat ini mencakup penciptaan seluruh makhluk hidup berasal dari air serta keberlangsungan hidup yang bergantung padanya, termasuk penciptaan manusia dari nutfah, dengan dukungan hadis Nabi.[189]

Penguatan normatif terhadap pengelolaan air sebagai sumber daya publik ditegaskan dalam hadis Nabi ﷺ:

النَّاسُ شُرَكَاءُ فِي ثَلَاثٍ: الْمَاءِ وَالْكَلَإِ وَالنَّارِ

Manusia berserikat dalam tiga hal: air, padang rumput, dan api. (HR. Abu Dawud)

Hadis ini menegaskan bahwa air merupakan *common-pool resource* yang harus dikelola secara kolektif dan berkeadilan. Dalam konteks energi modern, prinsip ini selaras dengan kebutuhan tata kelola kolaboratif antara negara, swasta, dan masyarakat dalam pengembangan energi terbarukan, khususnya integrasi PLTS dan PLTA.

Dengan demikian, air dalam perspektif Al-Qur'an dan hadis tidak hanya memiliki makna teologis, tetapi juga operasional, yaitu sebagai dasar pengembangan sistem energi yang berkelanjutan, efisien, dan berkeadilan. Integrasi pemanfaatan air dalam sistem PLN–PLTS menjadi bagian penting dalam mewujudkan transisi energi nasional menuju NZE 2060.

Al-Marāghī mengaitkan ayat ini dengan pandangan ilmiah tentang asal kehidupan dari lingkungan perairan, seraya menegaskan bahwa tujuan utama ayat tetap pada penguatan tauhid.[190] Adapun Sayyid Quṭb memandang ayat ini sebagai penyampaian fakta dasar kehidupan yang menumbuhkan kesadaran iman kosmik; kebenaran wahyu tidak bergantung pada validasi sains, tetapi menguatkan kesadaran manusia atas rahmat Ilahi.[191] Sementara Ibn 'Āshūr menjelaskan bahwa kehidupan biologis bergantung pada

---

[187]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān 'an Ta'wīl Āy al-Qur'ān...*, vol. 18, 434.

[188]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm...*, vol. 5, 298.

[189]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 11, hal. 284.

[190]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 17, hal. 26.

[191]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 4, hal. 2376

kelembapan (*ruṭūbah*), dan hilangnya air identik dengan hilangnya kehidupan; kata *ja'ala* bermakna *khalaqa* dan *min* bersifat ibtidā'iyyah (permulaan asal).[192]

Dalam perspektif fisika energi, air berperan sebagai media pendinginan alami, penyerap panas, serta pembersih alami modul PLTS (rain cleaning), sehingga meningkatkan efisiensi operasional tanpa tambahan emisi karbon. Tafsir Ilmi LPMQ menegaskan keselarasan antara petunjuk Qur'ani dan temuan ilmiah tentang sentralitas air dalam sistem kehidupan dan energi.[193]

Sintesis pendapat mufasir di atas menunjukkan bahwa air adalah rahmat kehidupan sekaligus penopang sistem energi yang harus dikelola berdasarkan prinsip keseimbangan (*mīzān*). Pelampauan batas dalam pengelolaan air memicu krisis ekologis dan energi secara simultan. Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060, integrasi pengelolaan air—melalui PLTA, desain PLTS terapung, pendinginan alami, serta perlindungan sumber daya air—menjadi bagian dari tanggung jawab keadilan energi dan keberlanjutan antargenerasi.[194]

d. Panas sebagai Variabel Termal dan Batas Fungsional Energi

Panas lingkungan merupakan variabel kritis dalam performa sistem energi surya, khususnya di wilayah tropis dengan paparan radiasi tinggi sepanjang tahun. Kenaikan temperatur modul PLTS menurunkan tegangan dan daya keluaran, sehingga menciptakan ketimpangan efisiensi antara kawasan panas dan beriklim sedang. Dalam kerangka transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060, panas bukan sekadar isu teknis, melainkan persoalan keadilan energi dan adaptasi iklim yang menuntut desain sistem berbasis data termal dan kondisi mikroklimat.

Term utama berasal dari akar ح–ر–ر (*al-ḥarr/al-ḥarūr*) yang dalam Al-Qur'an menunjuk pada panas intens dan berdampak, bukan kondisi termal netral. Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, derivasi akar ini muncul sekitar ±15 kali, umumnya terkait panas siang, angin panas (*samūm*), atau kondisi ekstrem.[195]

Ayat utama yang menjadi poros analisis adalah QS al-Naba'/78:13:

وَّجَعَلْنَا سِرَاجًا وَّهَّاجًا

Dan Kami jadikan (matahari) sebagai pelita yang menyala-nyala.

---

[192]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 17, hal. 56.

[193]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an (LPMQ), *Tafsir Ilmi: Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta: Kemenag RI, 2010, hal. 21–34.

[194] Prinsip mīzān dan keadilan ekologis dalam pengelolaan energi berkelanjutan

[195]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm...*, Entri ح-ر-ر

Istilah *sirājan wahhājan* menunjukkan cahaya sekaligus panas aktif yang berada dalam sistem kosmik teratur. Panas sebagai energi fungsional yang memiliki ambang manfaat dan batas keseimbangan.[196]

Para mufasir memahami *sirājan wahhājan* sebagai matahari yang menyala kuat dan memancarkan panas aktif. al-Ṭabarī misalnya menafsirkan frasa ini sebagai matahari yang bercahaya dan berpanas kuat demi menopang kehidupan,[197] Ibn Kathīr memandang matahari sebagai pelita universal bagi seluruh manusia, sehingga panasnya merupakan nikmat umum yang menopang kehidupan,[198] al-Qurṭubī menjelaskan bahwa *wahhāj* menunjukkan intensitas panas yang menyala, sehingga panas dipahami sebagai energi aktif dengan ambang manfaat tertentu.[199] Pendapat menarik juga diungkap oleh al-Marāghī yang menekankan fungsi biologis dan ekologis cahaya serta panas matahari dalam menjaga keberlangsungan makhluk hidup,[200] Sayyid Quṭb melihat panas matahari sebagai bagian dari sistem kosmik terpadu yang menggerakkan siklus air, awan, hujan, dan pangan,[201] Ibn ʻĀshūr menekankan bahwa penggunaan kata *jaʻala* menunjukkan fungsi sistemik matahari sebagai sumber energi yang bekerja terukur,[202] dan Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan panas sebagai nikmat dan tanda kekuasaan Allah yang menuntut pengelolaan bertanggung jawab.[203]

Dalam pembacaan muqayyad terhadap sistem energi modern, panas dipahami sebagai variabel termal yang harus dikelola. Dalam fisika PLTS, setiap kenaikan suhu ±1°C dapat menurunkan efisiensi modul silikon sekitar 0,4–0,5%, sehingga manajemen panas menjadi aspek teknis sekaligus etis dalam pengelolaan energi.

Penjelasan tafsir di atas menunjukkan bahwa panas adalah sunnatullāh yang secara fungsional menopang kehidupan, tetapi bekerja dalam batas (*mīzān*). Pelampauan batas termal—baik akibat eksploitasi energi berlebih maupun perubahan iklim—mengganggu keseimbangan kosmik. Prinsip ini menguatkan kebutuhan desain PLTS adaptif iklim, ventilasi alami, pemilihan

---

[196]Prinsip metodologis *Tafsir Ilmi Maudhūʻī Muqayyad* dalam kajian integrasi wahyu dan sains, nomor halaman

[197]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʻ al-Bayān...*, vol. 24,hal. 153.

[198]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī*, Tafsīr al-Qurʾān al-ʻAẓīm...*, vol. 8, hal. 307.

[199]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 19, hal. 172.

[200]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 30, hal. 9.

[201]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān...*, vol. 6, hal. 3806.

[202]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 30, hal. 24.

[203]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ...*, vol. 15, hal. 252.

modul berkoefisien suhu rendah, dan integrasi faktor mikroklimat dalam sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 yang berkeadilan dan berkelanjutan.[204]

e. Infra-Merah sebagai Radiasi Panas Non-Tampak dan Variabel Keseimbangan Termal

Radiasi infra-merah merupakan komponen utama panas yang memengaruhi keseimbangan energi bumi dan performa sistem energi modern. Di wilayah tropis seperti Indonesia, paparan radiasi tinggi menyebabkan peningkatan temperatur modul PLTS yang berdampak langsung pada penurunan efisiensi daya. Selain itu, radiasi infra-merah yang terperangkap atmosfer menjadi faktor utama pemanasan global. Dengan demikian, isu infra-merah bukan sekadar teknis, melainkan terkait keadilan energi, stabilitas iklim, dan keberlanjutan transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.[205]

Infra-merah tidak disebut secara eksplisit dalam Al-Qur'an. Oleh karena itu, analisis dilakukan melalui pendekatan tafsir ilmi maudhū'ī muqayyad, yakni pembacaan tematik terbatas pada fungsi panas sebagai energi fungsional tanpa memaksakan terminologi sains modern ke dalam teks wahyu.[206]

Term yang digunakan ialah kata الشَّمْس (*ash-shams*) sebagai sumber radiasi energi dan kata الْحَرّ (*al-ḥarr*) sebagai panas intens berdampak. QS Yūnus/10: 5 dipilih sebagai ayat utama karena menggunakan istilah *ḍiyā'* yang dipahami mufasir sebagai cahaya aktif mengandung panas:

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ

Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya. Dialah pula yang menetapkan tempat-tempat orbitnya agar kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu, kecuali dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada kaum yang mengetahui.

Dari ayat diatas dapat dipahami bahwa Allah Swt. menjadikan matahari dan bulan berbeda sifat fisisnya. Matahari bersinar karena memancarkan cahayanya dari proses reaksi nuklir di dalam intinya, sedangkan bulan bercahaya karena memantulkan cahaya matahari. Pergerakan bulan mengitari bumi menyebabkan pemantulan cahaya matahari

---

[204]Prinsip keseimbangan (*mīzān*) dan implikasi teknis dalam desain adaptif PLTS menuju NZE 2060

[205]Analisis fisika radiasi infra-merah dan pengaruh temperatur terhadap efisiensi modul silikon dalam literatur energi surya tropis.

[206]Metodologi Tafsir Ilmi Maudhū'ī Muqayyad dalam integrasi wahyu dan sains

oleh bulan berubah-ubah bentuknya, dari bentuk sabit sampai purnama dan kembali menjadi sabit lagi, sesuai dengan posisinya. Keteraturan periode bulan mengitari bumi dijadikan sebagai perhitungan waktu bulanan. Dua belas bulan setara dengan satu tahun (surah at-Taubah/9: 36).

Istilah *ḍiyā'* secara implisit mencakup radiasi tampak dan non-tampak (termasuk infra-merah) sebagai bagian dari energi matahari yang bekerja dalam sistem terukur (*manāzil–ḥisāb*).[207] Makna *Siraj* yaitu radiasi panas dari sinar matahari diisyaratkan dalam QS al-Naba'/78:13 sebagaimana diungkap sebelumnya.

Penafsiran kata *sirāj* menjelaskan tentang pancaran sinar matahari yang memberi dampak bagi kehidupan makhluk di bumi. Hal ini sebagaimana diungkapkan oleh al-Ṭabarī menafsirkan *sirājan wahhājan* sebagai matahari yang memancarkan cahaya dan panas kuat sebagai fungsi riil kehidupan,[208] demikian Ibn Kathīr memahami matahari sebagai pelita universal yang memberi cahaya dan panas bagi seluruh manusia,[209] al-Qurṭubī juga menegaskan bahwa *wahhāj* menunjukkan intensitas panas yang menyala aktif dan berdampak,[210] sedangkan Al-Marāghī mengaitkan panas matahari dengan keberlangsungan biologis dan ekologis makhluk hidup,[211] Sayyid Quṭb melihat panas sebagai bagian dari sistem kosmik terpadu yang menggerakkan siklus air, awan, dan pangan,[212] Ibn 'Āshūr menekankan fungsi sistemik radiasi energi matahari yang terukur dan proporsional,[213] dan Sayyid Ṭanṭāwī memandang panas sebagai nikmat sekaligus amanah yang menuntut pengelolaan bertanggung jawab.[214]

Relevansi pendapat para mufassir di atas dengan fisika energi, radiasi infra-merah dipahami sebagai bagian dari spektrum panas matahari yang meningkatkan suhu permukaan bumi dan modul surya. Panas ini bersifat fungsional, tetapi memiliki batas proporsional yang jika dilampaui akan mengganggu keseimbangan (*mīzān*) sistem kehidupan.

---

[207]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*... Entri: ض-ي-ع

[208]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 24, hal. 152.

[209]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qur'ān al-'Aẓīm...*, vol. 8, hal. 307.

[210]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 19, hal. 172.

[211]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 30, hal. 8.

[212]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 6, hal. 3806.

[213]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 30, hal. 24.

[214]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm...*, vol. 15.

Pendapat mufassir di atas menunjukkan bahwa radiasi panas adalah sunnatullah yang menopang kehidupan namun bekerja dalam ukuran terkontrol. Dalam konteks PLTS, radiasi infra-merah harus dikelola melalui desain ventilasi, jarak modul, teknologi berkoefisien suhu rendah, dan perencanaan mikroklimat. Prinsip Qur'ani tentang keseimbangan energi ini memperkuat kerangka sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 secara adil dan berkelanjutan.[215]

f. Material Pencetus Emisi: Dukhān dan Samūm dalam Perspektif Qur'ani dan Energi Modern.

Krisis iklim global ditandai oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti CO_2, CH_4, dan N_2O yang berfungsi menahan radiasi infra-merah dan meningkatkan temperatur bumi. Fenomena ini memperbesar ketimpangan energi dan mempercepat degradasi ekologis. Dalam sistem energi modern berbasis fosil, proses pembakaran menghasilkan asap, partikel, dan panas berlebih yang memperkuat efek rumah kaca. Karena itu, isu emisi tidak hanya teknis, tetapi menyentuh dimensi keadilan ekologis dan tanggung jawab moral dalam transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.[216]

Subbab ini menggunakan dua term utama: دُخَان (*dukhān*) bermakna asap atau kabut pekat dan سَمُوم (*samūm*) bermakna angin panas beracun yang menyengat. Keduanya diperlakukan sebagai klaster tematik yang merepresentasikan material dan kondisi termal berdampak merusak. Analisis dilakukan melalui pendekatan tafsir ilmi maudhū'ī muqayyad, yaitu pembacaan terbatas pada relasi emisi, panas ekstrem, dan keseimbangan ekologis tanpa memasuki spekulasi kosmologis atau eskatologis.

Ayat yang dijadikan rujukan ialah QS Fuṣṣilat/41:11 tentang kata *Dukhān*:

ثُمَّ اسْتَوٰىٓ اِلَى السَّمَاۤءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْاَرْضِ ائْتِيَا طَوْعًا اَوْ كَرْهًاۗ قَالَتَآ اَتَيْنَا طَاۤىِٕعِيْنَ

Kemudian Dia menuju ke langit dan langit itu masih berupa asap, lalu Dia berfirman kepadanya dan kepada bumi, "Datanglah kamu berdua menurut perintah-Ku dengan patuh atau terpaksa." Keduanya menjawab, "Kami datang dengan patuh.

Allah juga berfirman dalam QS al-Wāqi'ah/56:42 tentang *samūm:*

فِيْ سَمُوْمٍ وَّحَمِيْمٍۙ

Dalam (angin) yang sangat panas dan air mendidih.

---

[215]Prinsip keseimbangan (*mīzān*) dan implikasi desain termal PLTS dalam kebijakan NZE 2060.

[216]Literatur sains iklim tentang gas rumah kaca dan efek radiasi infra-merah dalam pemanasan global.

Term *dukhān* dan *samūm* menunjukkan kondisi material dan termal berdampak tinggi yang melampaui ambang kenyamanan kehidupan. Al-Ṭabarī menafsirkan *dukhān* sebagai materi asap atau uap pekat yang merupakan bagian dari tahap awal penciptaan langit, menunjukkan keberadaan unsur gas dan panas dalam struktur kosmik.[217]

Al-Qurṭubī memahami *dukhān* sebagai kabut atau asap yang mengandung unsur panas dan materi, sementara *samūm* adalah angin panas beracun yang menyengat dan merusak kehidupan.[218] Al-Marāghī menjelaskan bahwa penyebutan asap dan panas ekstrem merupakan isyarat adanya kondisi material dan termal yang berdampak nyata terhadap keberlangsungan makhluk hidup.[219] Sementara Sayyid Quṭb memandang *dukhān* dan *samūm* sebagai gambaran energi dan materi dalam sistem kosmik yang tunduk pada hukum Allah; ketika melampaui batas, ia berubah menjadi faktor kerusakan.[220] Adapun Ibn ʻĀshūr menegaskan bahwa istilah *dukhān* menunjukkan fase material gas yang belum stabil, sedangkan *samūm* menunjuk panas menyengat yang merusak; keduanya mengandung makna intensitas termal dan dampak ekologis.[221] Disisi lain, Sayyid Ṭanṭāwī menekankan bahwa penyebutan asap dan panas ekstrem merupakan peringatan akan akibat pelampauan batas dalam sistem alam yang seharusnya berjalan seimbang.[222]

Dalam pembacaan muqayyad terhadap konteks energi modern, *dukhān* dapat dipahami sebagai simbol material emisi hasil pembakaran fosil, sedangkan *samūm* menggambarkan panas ekstrem akibat akumulasi radiasi dan gas rumah kaca.

Sintesis tafsir menunjukkan bahwa asap dan panas ekstrem dalam Al-Qur'an bukan sekadar gambaran fenomena fisik, melainkan peringatan tentang dampak material dan termal yang melampaui keseimbangan (*mīzān*). Dalam konteks energi modern, pembakaran fosil menghasilkan "*dukhān*" berupa emisi karbon, sementara akumulasi panas menyerupai "samūm" dalam skala iklim global.

Transisi menuju PLTS dan energi terbarukan menjadi bentuk koreksi struktural untuk menekan emisi dan mengembalikan keseimbangan energi

---

[217]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʻ al-Bayān...*, vol. 21, hal. 439.

[218]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 15, hal. 343.

[219]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsīr al-Marāghī...*, vol. 24, hal. 109

[220]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 5, hal. 3114.

[221]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 24, hal. 246

[222]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm...*, vol. 12, hal. 332.

bumi. Prinsip Qur'ani ini menguatkan urgensi sinkronisasi PLN–PLTS sebagai strategi etis dan ekologis menuju NZE 2060.[223]

2. Pengelolaan Sumber Daya Energi Alam dalam al-Qur'an.

Pengelolaan sumber daya alam khususnya sumber daya energi dalam konteks transisi menuju *Net Zero Emissions* (NZE) 2060 tidak dapat dipahami semata sebagai persoalan teknis pemilihan teknologi rendah karbon atau efisiensi sistem kelistrikan. Ia merupakan persoalan tata kelola amanah ekologis yang mengandung dimensi etika, keberlanjutan, dan keadilan antargenerasi. Dalam perspektif Al-Qur'an, energi adalah bagian dari karunia Allah yang dititipkan kepada manusia untuk dimanfaatkan secara proporsional, dijaga keseimbangannya, serta dicegah dari segala bentuk kerusakan dan pelampauan batas.[224]

Atas dasar itu, dalam subbab ini dikaji isyarat Al-Qur'an yang relevan dengan manusia sebagai pengelola dan amanahnya dalam mengelola sumber daya energi alam melalui 5 (lima) term kunci: خَلِيفَة (*khalīfah*), مِيزَان (*mīzān*), لَا تُفْسِدُوا (larangan *fasād*), عِلْم (*'ilm*), dan عَدْل ('adl). Kelima term tersebut membentuk kerangka etik pengelolaan energi yang integral.

Konsep *khalīfah* menegaskan mandat manusia sebagai pengelola bumi yang bertanggung jawab; *mīzān* menuntut keseimbangan antara kebutuhan energi dan daya dukung ekologis; larangan *fasād* membatasi eksploitasi yang merusak; *'ilm* mengarahkan pengelolaan berbasis pengetahuan dan inovasi; sedangkan *'adl* memastikan distribusi energi berlangsung secara adil lintas wilayah dan generasi.

Kerangka normatif ini memiliki koherensi dengan teori tata kelola sumber daya bersama (*commons governance*) yang menekankan pengaturan kolektif, batas-batas pemanfaatan, serta tanggung jawab bersama dalam mengelola sumber daya publik.[225] Dalam konteks Indonesia, prinsip tersebut relevan dengan kebutuhan membangun sistem kelistrikan yang tidak terpusat secara eksklusif, melainkan terbuka pada kolaborasi multipihak—antara negara, PLN, komunitas, dan pelaku PLTS—dalam semangat *co-creation.*[226]

Dengan demikian, nilai Qur'ani tidak berhenti pada tataran moral individual, tetapi menjadi fondasi normatif bagi desain kelembagaan dan model sinkronisasi energi nasional.

---

[223]Prinsip keseimbangan (*mīzān*) dan implikasi kebijakan pengurangan emisi dalam transisi energi nasional.

[224]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an (LPMQ), *Tafsir Ilmi: Penciptaan dan Pengelolaan Alam dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains,* Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012, hal. 15–22.

[225]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

[226]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 17–22.

Tabel berikut disusun sebagai peta konseptual utama yang merangkum kelima prinsip pengelolaan sumber daya energi secara sistematis tabel ini tidak dimaksudkan sebagai tafsir tematik yang berdiri sendiri, melainkan sebagai fondasi normatif–epistemologis yang menjembatani antara kerangka teori pada Bab II dan perumusan Model Sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 pada Bab V.

Tabel 4.4. Isyarat Al-Qur'an tentang Pengelolaan Sumber Daya Alam (Energi)

No	Fokus Prinsip Pengelolaan SDA (Energi)	Term Qur'ani	Isyarat Normatif	Relevansi Tata Kelola Energi	Implementasi PLN–PLTS–NZE
a	Tanggung jawab pengelolaan bumi	خَلِيفَة	Mandat pengelolaan dan tanggung jawab	Energi sebagai amanah ekologis	PLTS sebagai energi berkelanjutan berbasis stewardship
b	Keseimbangan pemanfaatan	مِيزَان	Kewajiban menjaga proporsionalitas	Energy balancing dan daya dukung lingkungan	Sinkronisasi bauran energi PLN–PLTS
c	Larangan kerusakan	لَا تُفْسِدُوا	Batas etik eksploitasi	Pencegahan degradasi dan emisi	Monitoring dampak lingkungan proyek energi
d	Pengelolaan berbasis ilmu	عِلْم	Ilmu sebagai instrumen kemaslahatan	Data-driven governance dan inovasi	Smart grid dan teknologi rendah karbon
e	Keadilan distribusi	عَدْل	Prinsip keadilan sosial	Energy justice lintas wilayah	Elektrifikasi desa dan PLTS komunal

Sumber: penulis

a. Tanggung Jawab Manusia dalam Menjaga Kelestarian Energi

Krisis energi dan perubahan iklim menunjukkan bahwa eksploitasi sumber daya telah melampaui batas ekologis dan mengancam keberlanjutan antargenerasi. Dalam kerangka Qur'ani, problem ini bukan sekadar teknis-ekonomis, melainkan persoalan mandat moral manusia sebagai pengelola

bumi. Konsep khalīfah menegaskan bahwa manusia bukan pemilik mutlak alam, tetapi penerima amanah untuk menjaga keseimbangan dan mencegah kerusakan.

Tanggug jawab manusia dalam menjaga kelestarian lingkungan dapat diketahui dari term خَلِيفَةً, kata ini berasal dari akar kata خ–ل–ف yang bermakna mengganti atau menjadi penerus dengan mandat tertentu, bukan kepemilikan absolut. Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras*, derivasi akar ini muncul sekitar 127 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep kesinambungan dan tanggung jawab generasional.[227]

Ayat yang menjadi dasar analisis adalah QS. al-Baqarah/2: 30:

وَاِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰٓئِكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗقَالُوْٓا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَنْ يُّفْسِدُ فِيْهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاۤءَۚ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗقَالَ اِنِّيْٓ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ

Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di bumi… (QS. al-Baqarah/2: 30).

Ayat ini merupakan fondasi normatif paling awal tentang relasi manusia dan bumi dalam Al-Qur'an, serta menjadi rujukan utama dalam pembahasan mandat pengelolaan alam.

Ayat QS. al-Baqarah/2: 30 di atas dipahami para mufasir sebagai dasar mandat fungsional manusia dalam mengelola bumi. Khalifah adalah peran mulia manusia karena sebagai representator Allah Swt dalam menjaga kelestrian lingkungan. Al-Ṭabarī menafsirkan khalīfah sebagai pihak yang menggantikan dan menjalankan urusan pihak sebelumnya, sehingga manusia ditetapkan sebagai pengelola bumi yang harus menegakkan ketentuan Allah di dalamnya,[228] senada dengan Ibn Kathīr menegaskan bahwa dialog malaikat menunjukkan potensi kerusakan manusia, sehingga kekhalifahan mengandung amanah moral untuk mencegah fasād.[229]

Fakhr al-Dīn al-Rāzī menjelaskan bahwa kekhalifahan mencakup Adam dan seluruh keturunannya yang saling menggantikan serta bertugas menegakkan hukum dan keadilan,[230] al-Qurṭubī menjadikan ayat ini sebagai dasar kewajiban kepemimpinan dan tata kelola, karena tanpa khalīfah,

---

[227]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri خ ل ف.

[228]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān ʿan Ta'wīl Āy al-Qur'ān*..., vol. 1, hal. 445.

[229]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 1, hal. 126.

[230]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 2, hal. 388.

keteraturan sosial dan keadilan tidak dapat ditegakkan,[231] Sayyid Quṭb memandang kekhalifahan sebagai pendelegasian kehendak ilahi dalam proyek peradaban yang harus selaras dengan hukum alam.[232] Sementara Ibn ʿĀshūr menekankan bahwa kekhalifahan bukan penggantian Allah secara hakiki, melainkan pelaksanaan kehendak-Nya melalui kewenangan terbatas.[233] Dan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan bahwa mandat khalīfah berlaku bagi seluruh generasi manusia untuk memakmurkan bumi secara seimbang.[234] Adapun al-Maraghi menjelaskan bahwa kata خَلِيْفَة/*khalifah* artinya jenis lain dari makhluk sebelumnya. Bisa juga diartikan sebagai pengganti Allah swt untuk melaksanakan segala perintah-Nya terhadap umat manusia.[235]

Sa'id Hawa dalam tafsirnya mengutip hadis riwayat Ibnu Mas'ud ra: Tuhan berkata kepada para malaikat: "Aku hendak menjadikan khalifah di bumi". Para malaikat berkata: Wahai Tuhan kami, dan apakah khalifah itu? Allah Swt berkata: Dia akan memiliki keturunan yang merusak dan saling membunuh di muka bumi. Ibn Jarir berkata: Seolah-olah penafsiran ayat ini: Aku akan menjadikan seorang penerus di bumi dari diriku yang akan menggantikan aku dalam memerintah dengan keadilan di antara makhluk-makhlukku, dan bahwa khalifah itu adalah Adam dan siapa pun yang menggantikannya dalam ketaatan kepada Tuhan dan penghakiman dengan keadilan antara ciptaan-Nya.[236] Adapun Muhammad Rashid Rida lebih menekankan makna kata *khalifah* di sini adalah Nabi Adam as dan keturunannya. Anak keturunan Adam diberikan potensi kecerdasan intelektual untuk mempelajari alam dan kecerdasan spiritual untuk bersyukur atas karunia yang Allah limpahkan.[237]

Pendapat para mufassir di atas menjelaskan bahwa ayat di atas menegaskan tanggung jawab pengelolaan sumber daya alam (energi) sebagai amanah ekologis yang diemban manusia selama hidupnya di dunia. Ini karena ajaran Nabi Muhammad tentang tanggungjawab ekologis di antaranya adalah ajaran tentang menanam pohon meski besok akan terjadi hari kiamat. Artinya, sampai akhir hidup manusia, ajaran tentang menjaga kelestarian alam sangat jelas ditekankan. Hadis Nabi Muhammad saw berbunyi:

---

[231]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 263.

[232]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 56.

[233]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 1, hal. 399.

[234]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 1, hal. 92.

[235]Ahmad Mustafa bin Muhammad bin Abdul Mun'im al-Maraghi, *Tafsir Al-Maraghi...,* vol.I, hal. 458.

[236]Sa'id Hawa, al-*Asas fī al-Tafsīr...,* vol. 1, hal. 115-116.

[237]Muhammad Rashid Rida, *Tafsīr al-Manar...,* cet. I, vol. 1, hal. 215.

عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ، قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ ﷺ إِنْ قَامَتِ السَّاعَةُ وَفِي يَدِ أَحَدِكُمْ فَسِيلَةٌ فَإِنِ اسْتَطَاعَ أَنْ لَا تَقُومَ حَتَّى يَغْرِسَهَا فَلْيَغْرِسْهَا

Dari Anas Ibn Malik, dari Rasulullah Saw: "Jika terjadi hari kiamat sementara di tangan salah seorang dari kalian ada sebuah tunas, maka jika ia mampu sebelum terjadi hari kiamat untuk menanamnya maka tanamlah."[238]

Konsep *khalīfah* menempatkan energi sebagai amanah yang harus dikelola secara berkelanjutan dan adil lintas generasi. Dalam konteks Indonesia, sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 merupakan aktualisasi mandat kekhalifahan dalam tata kelola energi modern—menghindari eksploitasi berlebihan dan menegakkan keseimbangan ekologis melalui kebijakan energi terbarukan.[239]

b. Keseimbangan dalam Pemanfaatan dan Pelestarian Energi

Krisis energi global menunjukkan ketimpangan antara eksploitasi sumber daya dan daya dukung ekologis. Dominasi energi fosil, konsumsi berlebih, serta distribusi energi yang timpang menimbulkan degradasi lingkungan dan peningkatan emisi karbon. Dalam perspektif Qur'ani, problem ini merupakan bentuk hilangnya *wazn* (keseimbangan) yang menjadi prinsip kosmik ciptaan Allah.[240]

Term وَزْن (*wazn*) berasal dari akar kata و–ز–ن yang bermakna menimbang, mengukur, dan menetapkan kadar secara proporsional. Dalam literatur kebahasaan klasik, wazn menunjuk pada keseimbangan normatif yang melampaui sekadar alat ukur fisik.[241] Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 23 kali dalam Al-Qur'an, terutama dalam konteks keadilan dan keteraturan ciptaan.[242]

Ayat yang menyebut kata *al-wazn* di antaranya adalah QS ar-Raḥmān/55: 9:

وَاَقِيْمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيْزَانَ

Tegakkanlah timbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi keseimbangan itu.

Ayat ini menegaskan kewajiban aktif menegakkan keseimbangan serta larangan merusaknya. Kata al-wazn dapat dikatakan merujuk pada tata kelola

---

[238]Abi 'Abdillah Ahmad Ibn Hanbal, *Musnad Ahmad Ibn Hanbal,* Riyad: Bait al-Afkar al-Dauliyyah, 1419 H/1998 M, hadis no. 12902.

[239]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102

[240]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, 2nd ed., Washington, DC: Island Press, 1991, hal. 32–35.

[241]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., vol. 13, hal. 446.

[242]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 756.

sumber daya alam, khususnya energi. Adapun Al-Ṭabarī menafsirkan perintah menegakkan timbangan sebagai kewajiban berlaku adil dalam ukuran dan takaran serta larangan mengurangi hak pihak lain.[243] Pendapat al-Thabari ini juga memiliki relevansi dengan pendapat Fakhr al-Dīn al-Rāzī yang menjelaskan bahwa *mīzān* mencakup makna alat, proses, dan objek penimbangan, menunjukkan keluasan konsep keseimbangan dalam hukum kosmik dan sosial,[244] Sayyid Quṭb mengaitkan prinsip timbangan dengan keteraturan kosmik; keseimbangan sosial merupakan refleksi dari keseimbangan alam semesta,[245] Ibn ʿĀshūr menegaskan bahwa larangan merusak timbangan bermakna larangan melampaui batas dalam praktik kehidupan sosial dan ekonomi,[246] dan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menekankan bahwa kata *aqīmū* menunjukkan kewajiban aktif dan berkelanjutan untuk menegakkan keadilan secara sempurna,[247] sedangkan al-Qurṭubī memaknai ayat ini sebagai tuntutan keadilan lahir dan batin serta larangan merusak keteraturan kehidupan,[248]

Dalam konteks pengelolaan energi, *al-wazn* menuntut keseimbangan antara produksi dan konservasi, pertumbuhan dan keberlanjutan, serta eksploitasi dan regenerasi sumber daya. Prinsip *al-wazn* menegaskan bahwa energi harus dikelola dalam batas proporsional dan adil. Transisi energi menuju NZE 2060 menuntut keseimbangan antara ketahanan energi nasional, keberlanjutan ekologis, dan keadilan sosial. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan *steady-state economy* dan tata kelola keberlanjutan yang menekankan batas ekologis dalam Pembangunan.[249]

c. Prinsip Tidak Merusak Alam

Perubahan iklim global, peningkatan emisi karbon, dan eksploitasi energi fosil yang berlebihan menunjukkan adanya gangguan terhadap keseimbangan sistem bumi. Fenomena *enhanced greenhouse effect* bukan sekadar persoalan teknis atmosfer, tetapi manifestasi ketidakseimbangan akibat aktivitas manusia yang melampaui batas ekologis.

---

[243]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 22, hal. 15.

[244]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 29, hal. 344.

[245]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 6, hal. 3450.

[246]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 27, hal. 240.

[247]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*,... vol. 14, hal. 132.

[248]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 263.

[249]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 66–70.

Dalam perspektif normatif, krisis energi dan krisis iklim berakar pada perilaku eksploitatif yang merusak tatanan alam yang telah diciptakan dalam keseimbangan.[250]

Di dalam al-Qur'an diungkap tentang term فَسَاد (*fasād*), kata ini berasal dari akar kata ف س د yang bermakna rusak, keluar dari keteraturan, atau berubah dari kondisi baik menjadi buruk. Dalam *Lisān al-ʿArab* dan *Mufradāt Alfāẓ al-Qur'ān*, fasād menunjuk pada kerusakan sistemik—baik ekologis, sosial, maupun moral.[251]

Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, derivasi akar kata ini tercatat muncul sekitar 50 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep fasād dalam struktur etika Qur'ani.[252]

Ayat tentang larangan merusak bumidi antaranya dapat ditemukan dalam QS. al-Aʿrāf/7:56:

وَلَا تُفْسِدُوْا فِى الْاَرْضِ بَعْدَ اِصْلَاحِهَا وَادْعُوْهُ خَوْفًا وَّطَمَعًاۗ اِنَّ رَحْمَتَ اللّٰهِ قَرِيْبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِيْنَ

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi setelah (Allah) memperbaikinya, dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.

Kerusakan ingkungan seperti banjir dan tanah longsor akibat perbuatan manusia sendiri yang menggunduli hutan, membuat rumah di bantaran kali, embuang sampah sembarang baik di jalan atau di sugai yang membuat jalan tersendat, adalah Pelajaran dari Allah agar manusia "merasan" dan menyadari kesalahannya dan Kembali melaukan upaya konservasi alam. Allah Swt berfitman dalam QS. al-Rūm/30: 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِيْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ

Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Kedua ayat ini membentuk fondasi normatif bahwa bumi berada dalam kondisi seimbang yang telah diperbaiki (*iṣlāḥ*) oleh Allah, dan kerusakan muncul akibat penyimpangan perilaku manusia.

Al-Ṭabarī menafsirkan *fasād* sebagai kemaksiatan dan kezaliman yang merusak bumi setelah diperbaiki melalui hukum dan risalah para nabi.

---

[250]Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2023: Synthesis Report*, Geneva: IPCC, 2023.

[251]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri "فسد"; al-Rāghib al-Aṣfahānī, *Mufradāt Alfāẓ al-Qur'ān*..., entri "فسد".

[252]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 529–534.

Larangan ini mencakup segala bentuk penyimpangan dari ketentuan Allah yang menimbulkan kerusakan dunia dan akhirat,[253] Fakhr al-Dīn al-Rāzī memahami *fasād* sebagai kerusakan agama dan dunia sekaligus. Menurutnya, setiap tindakan yang menghilangkan maslahat atau menimbulkan mudarat termasuk dalam kategori fasād,[254] adapun Al-Qurṭubī menegaskan bahwa fasād mencakup seluruh bentuk pelanggaran terhadap tatanan keadilan dan keseimbangan yang telah ditegakkan Allah. Larangan ini bersifat umum terhadap segala bentuk perusakan, baik fisik maupun moral,[255] Sayyid Quṭb memaknai fasād sebagai kerusakan sistemik akibat penyimpangan nilai dan ketidakadilan struktural dalam masyarakat. Iamengaitkannya dengan hilangnya harmoni antara manusia dan hukum Ilahi,[256] dan Ibn ʿĀshūr menjelaskan bahwa ayat ini merupakan prinsip universal larangan merusak tatanan sosial dan alam yang telah baik. Fasād dipahami sebagai segala tindakan yang mengganggu sistem kehidupan yang stabil dan seimbang.[257]

Penjelasan para pakar tafsir di atas menunjukkan bahwa *fasād* bukan sekadar kerusakan moral individual, melainkan gangguan terhadap sistem keseimbangan ciptaan. Dalam konteks energi modern, eksploitasi berlebihan sumber daya fosil, peningkatan emisi karbon, dan ketidakadilan distribusi energi merupakan bentuk fasād ekologis kontemporer. Prinsip larangan fasād menuntut pembatasan eksploitasi, penetapan batas ekologis, serta percepatan transisi menuju energi terbarukan seperti PLTS sebagai bentuk pemulihan (*iṣlāḥ*) sistem energi nasional menuju Net Zero Emissions 2060.[258]

d. Inovasi Berbasis Ilmu dan Teknologi Ramah Lingkungan

Transisi energi global menuju *Net Zero Emissions* 2060 menghadapi tantangan struktural berupa ketergantungan pada energi fosil, pertumbuhan konsumsi energi, serta kebutuhan mendesak penurunan emisi gas rumah kaca. Krisis ini menuntut bukan hanya penggantian sumber energi, tetapi transformasi berbasis pengetahuan dan inovasi teknologi rendah karbon yang berkelanjutan serta berkeadilan. Dalam konteks tersebut, pengembangan

---

[253]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 12, hal. 556.

[254]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...,* vol. 14, hal. 314.

[255]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 7, hal. 248.

[256]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 3, hal. 1317.

[257]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 8, hal. 245.

[258]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*,.

PLTS, digitalisasi sistem kelistrikan, dan smart grid merupakan manifestasi kebutuhan inovasi yang berakar pada kapasitas ilmu manusia.[259]

Potensi manusia dalam belajar dan kemampuan berinovasi dapat diketahui dari term عَلَّمَ (*ʻallama*) berasal dari akar kata ع ل م, yang bermakna mengetahui, memberi pengetahuan, dan menjadikan seseorang memahami. Dalam literatur leksikal klasik, seperti *Lisān al-ʿArab* dan *Mufradāt Alfāẓ al-Qur'ān*, akar kata ini menunjukkan proses transfer pengetahuan yang bersifat intensional dan bertahap, bukan sekadar akumulasi informasi, melainkan pembentukan kapasitas intelektual dan moral.[260]

Dalam *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 854 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep ilmu dalam pandangan dunia Qur'ani.[261]

Inovasi berbasi ilmu dan teknologi di antaranya dapat diambil dalam QS. al-Baqarah/2:31:

وَعَلَّمَ اٰدَمَ الْاَسْمَاۤءَ كُلَّهَا ثُمَّ عَرَضَهُمْ عَلَى الْمَلٰۤىِٕكَةِ فَقَالَ اَنْۢبِـُٔوْنِيْ بِاَسْمَاۤءِ هٰٓؤُلَاۤءِ اِنْ كُنْتُمْ صٰدِقِيْنَ

Dan Dia mengajarkan kepada Adam nama-nama semuanya; kemudian Dia memperlihatkannya kepada para malaikat, lalu berfirman: 'Sebutkan kepada-Ku nama-nama itu jika kamu memang benar.

Ayat ini menegaskan bahwa sumber pengetahuan adalah Allah, dan kemampuan epistemik manusia merupakan pondasi kelayakan kekhalifahan dan pembangunan peradaban.

Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa Allah mengajarkan kepada Nabi Adam nama-nama seluruh makhluk, lalu menampakkannya kepada malaikat sebagai bukti keluasan ilmu Nabi Adam. Pengajaran ini menunjukkan keistimewaan epistemik manusia sebagai dasar kelayakan kekhalifahan.[262] Ibn Kathīr memiliki pandangan senada dengan menyatakan bahwa kemuliaan Nabi Adam dibanding malaikat terletak pada kemampuan mengetahui dan mengkategorikan realitas, yang menjadi ciri khas manusia sebagai khalifah.[263] Sedangkan Fakhr al-Dīn al-Rāzī memahami "nama-nama" sebagai hakikat dan karakteristik sesuatu, bukan sekadar label linguistik. Ilmu diposisikan sebagai legitimasi martabat manusia dan dasar

---

[259]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021.

[260]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*, entri. "علم"; al-Rāghib al-Aṣfahānī, *Mufradāt Alfāẓ al-Qur'ān*..., entri. "علم".

[261]Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 482–495.

[262]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 465.

[263]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 1, hal. 131.

tanggung jawabnya,[264] al-Qurṭubī menegaskan bahwa ayat ini menjadi dalil asal-usul bahasa dan kemampuan manusia mengenali realitas serta manfaat sesuatu, yang menjadi basis peradaban dan pengelolaan kehidupan.[265] Adapun Sayyid Quṭb memaknai pengajaran nama-nama sebagai penganugerahan kemampuan simbolik dan konseptual manusia, yang memungkinkan komunikasi, kolaborasi, dan pembangunan peradaban.[266] Dalam tafsinya, Ibn ʿĀshūr menegaskan bahwa struktur ayat menunjukkan ilmu sebagai hujjah teologis atas kelayakan manusia memikul amanah kekhalifahan,[267] dan Sayyid Ṭanṭāwī menjelaskan bahwa cakupan lafaz *kulluhā* menunjukkan keluasan ilmu yang dianugerahkan, sehingga manusia diberi kapasitas komprehensif untuk memahami realitas dan mengelolanya.[268]

Sintesis tafsir menunjukkan bahwa *ta'līm* merupakan fondasi normatif inovasi. Ilmu bukan sekadar hak epistemik, melainkan amanah yang harus digunakan untuk kemaslahatan dan mencegah kerusakan. Dalam konteks energi, pengembangan PLTS, *smart grid*, dan digitalisasi sistem kelistrikan merupakan aktualisasi prinsip *wa'allama* dalam bentuk inovasi rendah karbon yang adaptif dan kolaboratif. Prinsip ini memperkuat integrasi teori *Co-Creation* dan *Governing the Commons* dalam pengelolaan energi nasional menuju NZE 2060, di mana pembelajaran kolektif, peningkatan kapasitas, dan inovasi berkelanjutan menjadi prasyarat keberhasilan transisi energi.[269]

Manusia dapat terus belajar berinovasi sebagaimana Allah juga mengajarkan manusia bahwa Allah selalu yang aktif dan berinovasi dalam menciptakan makhluk ciptaanya. Badru Tamam membahas tentang mempelajari inovasi dari makhluk ciptaan Allah dari aktivitas Allah dalam mencipta dengan kata kunci بدع /*Bada'a.*

Kata *bada'a* mengandung makna *"novelty, to produce something new, to originate, to contrive new fashion,*" maknanya "*kebaruan, untuk menghasilkan sesuatu yang baru, untuk berasal, untuk merancang mode baru".* Sedangkan kata *badī'* berarti: "*the originator, the initiator, attribute*

---

[264]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...,* vol. 2, hal. 397.

[265]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 279.

[266]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 57.

[267]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 1, hal. 407.

[268]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 1, hal. 94.

[269] Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 56.

*of God",*artinya: *pencetus, penggagas, atribut Tuhan* (6: 101).[270]

Menurut al-Raghīb al-Asfahni kata ini mengandung makna *Allah mencipta tanpa cela dan tanpa contoh sebelumnya*.[271] Demikian menurut Sirajudin Zar, kata *badī'* maknanya sangat dekat dengan kata *fatir* yang tekanan maknanya adalah tiada contoh sebelumnya, hal yang baru sama sekali.[272] Namun menurut Muhammad Quraish Shihab kata ini menjelaskan tentang penciptaan Tuhan dalam hal keindahan.[273]

بَدِيْعُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۗ اَنّٰى يَكُوْنُ لَهٗ وَلَدٌ وَّلَمْ تَكُنْ لَّهٗ صَاحِبَةٌۗ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍۚ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌ ١٠١

Dia (Allah) pencipta langit dan bumi. Bagaimana (mungkin) Dia mempunyai anak padahal Dia tidak mempunyai istri. Dia menciptakan segala sesuatu; dan Dia mengetahui segala sesuatu. (Q.S. al-An'a>m/6: 101).

Menurut Hamka, kata *badi>'* bermakna Allah sebagai Pencipta pertama tanpa ada contoh sebelumnya, asli/orisinal tanpa tanding. Artinya Allah adalah pencipta pertama, satu-satunya dan tanpa tanding dalam mencipta langit dan bumi.[274] Ayat ini mengajarkan kepada manusia bahwa Allah adalah pencipta yang tidak ada tandingannya.

Badru Tamam juga menjelaskan bahwa manusia dapat belajar tentang kreativitas Allah dalam mencipta sesuatu yang selalu terkait dengan fungsi, keindahan, orisinalitas. Jika manusia memiliki sifat ini, maka manusia akan selalu produktif dan aktif. Dalam konteks pelestarian lingkungan melalui inovasi berbasis ilmu dan teknologi ramah lingkungan manusia dapat meneliti aneka potensi alam dan menggunakannya untuk tujuan kebaikan manusia dan alam sekaligus. Misalnya penggunaan sumber listrik dari arus laut, angin dan energi matahari sebagaimana diungkap sebelumnya.[275]

e. Keadilan Distribusi Energi

Sistem energi global masih ditandai ketimpangan akses, kualitas, dan keterjangkauan antarwilayah dan antarkelompok sosial. Komunitas rentan

---

[270]Elsaid M. Badawi and Muhammad Abdel Haleem, *Arabic-English Dictionary of Quranic Usage...*, hal. 80.

[271]al-Raghib al-Asfahani, *Mu'jam Mufradat Alfaz al-Qur'an...,*hal. 48.

[272]Sirajudin Zar, "Fatir", dalam *Ensiklopedia al-Qur'an Kajian Kosakata...,* hal. 223-224.

[273]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...,* vol. 15, hal. 233.

[274]Hamka, *Tafsir al-Azhar...,* vol. VII-VIII, hal. 296-297.

[275]Badru Tamam, *Ekoteologi dalam Tafsir Kontemporer*, Karawang: Yayasan Pendidikan Nur Tamam, 2021, hal 161-162.

Meneladani sifat Allah dalam melakukan inovasi da merawat bumi juga dibahas dalam karya Darlis, Nasarudin Umar, Nur Arfiyah Febriani dan Muhammad Haryadi dengan judul: "Islamic Eco-Theology in the Age of Climate Crisis: A Critical, Reading of Ali Jum'ah's Environmental Thought", dalam *Jurnal Adabiyah*, Volume 26 Issue 1, January-June 2025, hal 1.

sering menanggung dampak ekologis produksi energi, sementara manfaat ekonomi dan teknologi terpusat pada pihak tertentu. Ketimpangan ini melahirkan isu *energy justice*, yakni tuntutan distribusi manfaat dan risiko energi secara adil, khususnya dalam transisi menuju energi bersih dan target Net Zero Emissions 2060.[276] Dalam perspektif Qur'ani, persoalan tersebut berkaitan langsung dengan prinsip *qisṭ* sebagai keadilan distributif yang wajib ditegakkan tanpa diskriminasi.

Term قِسْط (qisṭ) berasal dari akar kata ق س ط, bermakna adil dan memberi hak secara proporsional. Dalam literatur leksikal klasik, qisṭ menunjuk pada keadilan yang bersifat operasional dan aplikatif dalam relasi sosial.[277]

Menurut *al-Muʿjam al-Mufahras*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 25 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan sentralitas konsep keadilan distributif dalam struktur normatif wahyu.[278]

Ayat utama yang menjadi dasar analisis adalah QS. an-Nisā'/4:135:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا كُوْنُوْا قَوّٰمِيْنَ بِالْقِسْطِ شُهَدَاۤءَ لِلّٰهِ وَلَوْ عَلٰٓى اَنْفُسِكُمْ اَوِ الْوَالِدَيْنِ وَالْاَقْرَبِيْنَ ۚ اِنْ يَّكُنْ غَنِيًّا اَوْ فَقِيْرًا فَاللّٰهُ اَوْلٰى بِهِمَا ۗ فَلَا تَتَّبِعُوا الْهَوٰٓى اَنْ تَعْدِلُوْا ۚ وَاِنْ تَلْوٗٓا اَوْ تُعْرِضُوْا فَاِنَّ اللّٰهَ كَانَ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرًا

Wahai orang-orang yang beriman, jadilah kamu penegak keadilan dan saksi karena Allah, walaupun kesaksian itu memberatkan dirimu sendiri, ibu bapakmu, atau kerabatmu. Jika dia (yang diberatkan dalam kesaksian) kaya atau miskin, Allah lebih layak tahu (kemaslahatan) keduanya. Maka, janganlah kamu mengikuti hawa nafsu karena ingin menyimpang (dari kebenaran). Jika kamu memutarbalikkan (kata-kata) atau berpaling (enggan menjadi saksi), sesungguhnya Allah Maha Teliti terhadap segala apa yang kamu kerjakan.

Ayat ini menegaskan kewajiban menegakkan keadilan tanpa keberpihakan, bahkan terhadap diri sendiri, kerabat dan golongan, sehingga *qisṭ* menjadi prinsip universal dalam distribusi hak. Hal ini sebagaimana penafsiran Al-Ṭabarī yang menegaskan bahwa perintah *kūnū qawwāmīna bi-l-qisṭ* merupakan kewajiban menegakkan keadilan secara konsisten, karena qisṭ adalah mīzān Allah untuk mengembalikan hak pihak lemah dari yang kuat serta mencegah kezaliman,[279] Ibn Kathīr menegaskan bahwa keadilan

---

[276] International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021.

[277] Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri "قسط"; al-Rāghib al-Aṣfahānī, *Mufradāt Alfāẓ al-Qur'ān*, entri "قسط".

[278] Muḥammad Fuʾād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 533–535.

[279] Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 9, hal. 305.

harus ditegakkan tanpa terpengaruh tekanan sosial maupun pertimbangan untung-rugi, karena penegakkan *al-qist* tersebut menjadi sebab pertolongan Allah.[280]

Fakhr al-Dīn al-Rāzī menjelaskan bahwa lafaz *qawwāmīn* menunjukkan bentuk mubālaghah yang menuntut kesungguhan dan kontinuitas dalam menegakkan keadilan, tanpa dipengaruhi kepentingan pribadi atau keluarga.[281] Adapun Al-Qurṭubī memaknai ayat ini sebagai fondasi keadilan sosial dan hukum publik, di mana keadilan harus ditegakkan bahkan terhadap pihak yang paling dekat sekalipun,[282] senada dengan Sayyid Quṭb memandang ayat ini sebagai pendidikan ilahiah untuk membentuk masyarakat yang menegakkan keadilan total, bebas dari kepentingan emosional, sosial, maupun politik.[283] Ibn ʿĀshūr menekankan bahwa kewajiban qisṭ berlaku dalam seluruh keputusan publik dan hukum, sebagai tanggung jawab moral yang bersifat permanen.[284] Sedangkan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menjelaskan bahwa ayat ini merupakan penegasan paling kuat tentang kewajiban keadilan sebagai karakter tetap orang beriman dalam seluruh aspek kehidupan.[285]

Sintesis pendapat mufassir di atas menunjukkan bahwa prinsip qisṭ menuntut distribusi energi yang adil, pencegahan ketimpangan struktural, dan penjaminan akses energi bersih bagi seluruh lapisan masyarakat. Dalam konteks Indonesia, prinsip ini menjadi dasar normatif elektrifikasi desa, PLTS komunal, dan kebijakan bauran energi yang inklusif. Secara teoritik, qisṭ berkorespondensi dengan Co-Creation dan Governing the Commons dalam memastikan distribusi manfaat energi yang adil menuju NZE 2060.[286]

C. Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS

Subbab ini mengkaji isyarat-isyarat Al-Qur'an yang relevan dengan sinkronisasi pengelolaan antara sistem ketenagalistrikan nasional (PLN) dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam konteks transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Jika Bab IV.B menyoroti

---

[280]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qur'ān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, hal. 383.

[281]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*...,vol. 11, hal. 241.

[282]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qur'ān...,* vol. 5, hal. 410

[283]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān*..., vol. 2, hal. 774.

[284]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 5, hal. 225.

[285]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qur'ān al-Karīm*..., vol. 3, hal. 342.

[286]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., 1990, hal 89.

prinsip umum pengelolaan sumber daya alam, maka Bab IV.C memfokuskan pada relasi sistemik antara dua entitas energi yang dalam praktik kebijakan sering berada dalam ketegangan antara sentralisasi dan desentralisasi. Sinkronisasi di sini tidak hanya bermakna koordinasi teknis jaringan, tetapi integrasi normatif, manajerial, dan ekologis yang menjaga stabilitas sistem sekaligus membuka ruang inovasi energi terbarukan.

Dalam perspektif Qur'ani, sinkronisasi dipahami sebagai penjagaan keserasian sistem, harmoni transisi, keadilan distribusi energi, dan tanggung jawab kepemimpinan. Prinsip-prinsip tersebut sejalan dengan teori tata kelola sumber daya bersama yang menekankan koordinasi kelembagaan dan keberlanjutan sistem kolektif.[287] Dalam konteks Indonesia, nilai-nilai ini menjadi fondasi etik untuk menghindari dominasi sepihak maupun fragmentasi sistem dalam integrasi energi terbarukan.

Tabel V di bawah ini disusun sebagai peta awal dengan menetapkan term Qur'ani mencakup konteks problematik, analisis leksikal, tafsir komparatif, dan sintesis normatif serta implikasinya bagi sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060. Tabel ini berfungsi sebagai jembatan normatif antara prinsip Qur'ani dan Model Sinkronisasi pada Bab V, sekaligus fondasi epistemologis bagi integrasi teori *Co-Creation* dan *Governing the Commons pada* Bab II.

Tabel 4.5 Isyarat Sinkronisasi Pengelolaan antara PLN dan PLTS Perspektif Al-Qur'an

No	Tema Sinkronisasi	Term Qur'ani	Ayat Utama	Isyarat Normatif Qur'ani	Relevansi Tata Kelola Energi	Implementasi PLN–PLTS–NZE
1	Keserasian Sistem	تَفَاوُت (ketiadaan cacat struktural)	QS. Al-Mulk/67: 3–4	Sistem ciptaan Allah tanpa ketidakseimbangan struktural	Sistem energi harus terintegrasi dan stabil	Sinkronisasi jaringan, dispatch, dan interkoneksi PLN–PLTS
2	Harmoni Transisi Energi	زَوْجَيْنِ (keberpasangan sistemi	QS. Yāsīn/36: 36	Prinsip keberpasangan dan saling melengkapi	Energi fosil–terbarukan tidak	Roadmap transisi bertahap PLTU–

[287]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

		k)		dalam ciptaan	diposisikan sebagai oposisi mutlak	PLTS
3	Keadilan Distribusi Energi	الْعَدْل	QS. An-Naḥl/16 : 90	Keadilan sebagai prinsip tata kelola sosial	Pemerataan akses dan keadilan energi	Elektrifikasi desa, PLTS komunal, subsidi tepat sasaran
4	Amanah Kepemimpinan Energi	خَلِيفَةً	QS. Al-Baqarah /2: 30	Manusia sebagai pengelola bumi dengan mandat tanggung jawab	Tata kelola energi sebagai amanah publik	Kebijakan energi berkelanjutan dan akuntabel

Sumber: penulis

1. *Tafāwut* (تَفَاوُت)

Sinkronisasi antara PLN dan PLTS menghadapi persoalan struktural berupa belum terintegrasinya energi surya secara penuh dalam perencanaan jaringan, pengaturan beban, dan kebijakan operasional. PLTS kerap diposisikan sebagai elemen tambahan, bukan sebagai bagian inheren dari arsitektur sistem nasional. Kondisi ini berpotensi menimbulkan fragmentasi kewenangan, inefisiensi sistem, dan resistensi institusional dalam transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Dalam perspektif Qur'ani, ketidakterpaduan tersebut dapat dibaca sebagai potensi *tafāwut* (ketimpangan struktural), sehingga prinsip keserasian sistem menjadi fondasi normatif sinkronisasi PLN–PLTS.

Term تَفَاوُت (*tafāwut*) berasal dari akar kata ف–و–ت yang bermakna perbedaan yang menyebabkan keterlepasan atau ketidakteraturan antarbagian. Dalam konteks Qur'ani, tafāwut menunjuk pada ketidaksesuaian destruktif dalam suatu sistem, bukan sekadar perbedaan fungsional.

Ayat yang menyebut kata *tafāwut* dapat ditemukan dalam QS. Al-Mulk/67:3–4:

الَّذِيْ خَلَقَ سَبْعَ سَمٰوٰتٍ طِبَاقًاۗ مَا تَرٰى فِيْ خَلْقِ الرَّحْمٰنِ مِنْ تَفٰوُتٍۗ فَارْجِعِ الْبَصَرَۙ هَلْ تَرٰى مِنْ فُطُوْرٍ
ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنْقَلِبْ اِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَّهُوَ حَسِيْرٌ

(Dialah Allah) yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Tidak akan engkau lihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah sekali lagi, adakah engkau melihat sesuatu yang cacat? Kemudian ulangi pandanganmu dua kali, niscaya pandanganmu kembali dalam keadaan letih dan tidak menemukan cacat.

Ayat ini menegaskan bahwa ciptaan Allah tersusun secara *ṭibāqan* (berlapis), tanpa *tafāwut* (ketimpangan struktural), dan tanpa *fuṭūr* (retakan sistemik). Prinsip ini menjadi dasar normatif keterpaduan system.[288]

Dalam menafsirkan QS. Al-Mulk/67:3–4. Ibn Kathīr menegaskan bahwa ciptaan Allah tersusun rapi, seimbang, dan bebas dari cacat; perintah mengulang pandangan dipahami sebagai ajakan evaluasi berulang terhadap stabilitas system,[289] demikian dengan al-Qurṭubī menafsirkan *ṭibāqan* sebagai susunan yang saling sesuai tanpa pertentangan dan *tafāwut* sebagai ketiadaan penyimpangan meskipun fungsi beragam.[290] Adapun Fakhr al-Dīn al-Rāzī menjelaskan bahwa ketiadaan *tafāwut* menunjukkan kesempurnaan desain dan presisi koordinasi antarkomponen,[291] sedangkan Ṭanṭāwī menekankan *tanāsuq* (keserasian) dan *iḥkām* (ketepatan struktur) sebagai manifestasi rahmat Allah agar kehidupan berlangsung stabil dan layak huni.[292]Mufassir Indonesia, Quraish Shihab dalam menafsirkan ayat di atas melihat keteraturan ciptaan sebagai teladan normatif bagi pengelolaan sistem sosial dan kelembagaan,[293] demikian dengan *Tafsir Ilmi* LPMQ menegaskan bahwa struktur bertingkat dan stabilitas sistem merupakan prasyarat keberlanjutan.[294]

Prinsip ketiadaan *tafāwut* menuntut agar sistem energi nasional dibangun sebagai arsitektur terpadu. PLN dan PLTS harus diposisikan sebagai subsistem yang saling melengkapi dalam satu desain nasional yang koheren, bukan sebagai entitas yang berjalan sendiri. Sinkronisasi perencanaan jaringan, integrasi smart grid, serta harmonisasi kebijakan merupakan implementasi konkret prinsip Qur'ani ini. Dengan demikian, QS.

---

[288]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri ف و ت.

[289]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 8, hal. 176.

[290]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 8, hal. 208–209.

[291]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 30, hal. 582–583.

[292]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qur'ān al-Karīm*..., vol. 15, hal. 11–12.

[293]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbāḥ*..., vol. 14, hal. 345–347.

[294]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an (LPMQ), *Tafsir Ilmi: Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an*..., hal. 75–112.

Al-Mulk/67:3–4 menjadi fodasi etik bagi Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS pada Bab V menuju NZE 2060.

2. *Zawjayn* (زَوْجَيْنِ)

Transisi energi dari sistem berbasis fosil menuju energi rendah karbon menimbulkan tantangan integrasi antara pembangkit konvensional dan PLTS yang bersifat variabel. Dalam praktik kebijakan, PLTS sering dipandang sebagai pengganti langsung pembangkit lama, sehingga memunculkan resistensi institusional dan kekhawatiran terhadap stabilitas jaringan. Padahal, problem utama bukanlah substitusi total, melainkan kemampuan membangun harmoni sistem secara bertahap dan terencana.

Dalam perspektif Qur'ani, perubahan tidak identik dengan penghapusan struktur lama, tetapi penataan relasi antarunsur agar saling melengkapi. Prinsip keberpasangan (zaujiyyah) karena itu relevan dibaca sebagai dasar normatif integrasi PLN dan PLTS menuju NZE 2060.[295]

Term زَوْج (*zauj*) dari akar ز–و–ج menunjuk pada pasangan atau dua unsur berbeda yang membentuk kesatuan fungsional. Keberpasangan dalam Al-Qur'an bukan sekadar dualitas, tetapi relasi komplementer yang menghasilkan keteraturan sistem.

Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras*, akar kata ز و ج tercatat dalam 81 ayat, menunjukkan luasnya konsep ini dalam struktur ciptaan, [296] di antara ayat yang membahas kata *zauj* adalah QS. Yāsīn/36: 36. Allah berfirman:

سُبْحَٰنَ ٱلَّذِي خَلَقَ ٱلْأَزْوَٰجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنۢبِتُ ٱلْأَرْضُ وَمِنْ أَنفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ

Maha Suci Allah yang telah menciptakan segala sesuatu berpasang-pasangan, baik dari apa yang ditumbuhkan bumi, dari diri mereka sendiri, maupun dari apa yang tidak mereka ketahui.

Ayat ini menegaskan bahwa keberagaman unsur merupakan desain Ilahi yang saling melengkapi dalam satu sistem.[297] Menurut Al-Ṭabarī, ayat ini merupakan tasbih kepada Allah yang menciptakan seluruh makhluk secara berpasangan, baik tumbuhan, manusia, maupun makhluk yang belum diketahui manusia. Keberpasangan menunjukkan keluasan ciptaan sekaligus menolak kemusyrikan.[298] Ibn Kathīr menegaskan bahwa hukum keberpasangan mencakup seluruh ciptaan dan menjadi bukti kesempurnaan

---

[295] Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

[296]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 332.

[297]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., hal. 332.

[298]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 20, hal. 515.

struktur Ilahi.[299] Sedangkan Al-Qurṭubī menafsirkan *al-azwāj* sebagai jenis-jenis makhluk dengan ragam sifat dan bentuk, yang keberagamannya merupakan tanda kekuasaan Allah dan dasar keteraturan sistem,[300] penjelasan senada diungkap olehFakhr al-Dīn al-Rāzī yang menekankan bahwa universalitas keberpasangan menunjukkan kesempurnaan desain dan rasionalitas sistem ciptaan.[301] Adapun Ibn ʻĀshūr memandang ayat ini sebagai isyarat keteraturan kosmik yang melampaui pengetahuan manusia, dari realitas biologis hingga sistem yang tidak diketahui,[302] sedangkan Sayyid Ṭanṭāwī menegaskan bahwa keberpasangan mencerminkan keindahan dan kesempurnaan ciptaan Allah melalui keberagaman yang saling melengkapi.[303]

Penjelasan para mufasir di atas menunjukkan bahwa keberpasangan tidak meniadakan perbedaan, tetapi mengaturnya dalam harmoni. Dalam konteks energi, PLTS tidak diposisikan sebagai pengganti radikal sistem konvensional, melainkan pasangan transisi yang memperkuat bauran energi nasional. PLN berperan sebagai pengelola stabilitas sistem, sementara PLTS memperluas energi bersih dan menekan emisi.

Sinkronisasi perencanaan, fleksibilitas jaringan, dan integrasi teknologi penyimpanan merupakan implementasi konkret prinsip *zaujiyyah* dalam arsitektur energi nasional menuju NZE 2060.[304]

3. *Al-ʻAdl* (الْعَدْل)

Keadilan distribusi energi merupakan persoalan strategis dalam sistem ketenagalistrikan nasional, terutama di tengah ketimpangan akses, kualitas layanan, dan keterjangkauan tarif di wilayah 3T. Transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 tidak dapat dinilai hanya dari peningkatan kapasitas pembangkitan atau penetrasi EBT, tetapi dari sejauh mana manfaat energi bersih terdistribusi secara proporsional dan tidak memperlebar kesenjangan sosial. Dalam konteks sinkronisasi PLN dan PLTS, prinsip keadilan menuntut agar integrasi PLTS berfungsi sebagai instrumen koreksi terhadap ketimpangan struktural distribusi listrik nasional.[305]

---

[299]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qur'ān al-ʻAẓīm...*, vol. 5, hal. 575.

[300]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʻ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 15, hal. 26.

[301]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 26, hal. 275

[302]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 23, hal.15.

[303]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Tafsīr al-Wasīṭ...*, vol. 31, hal. 12.

[304]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, Washington, DC: Island Press, 1991, hal. 45–60.

[305]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

Prinsip keadilan dalam sinkronisasi distribusi energi PLN-PLTS dapat diambil isyaratnya dari term العَدْل (al-‘adl) berasal dari akar ع–د–ل yang bermakna lurus, seimbang, dan menempatkan sesuatu pada posisinya secara tepat. Dalam *al-Mu‘jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur’ān al-Karīm*, derivasi akar kata ini tercatat dalam 28 ayat, menunjukkan bahwa keadilan merupakan prinsip sentral dalam struktur etika dan tata kelola Qur’ani.[306]

Ayat terkait *al-adl* di antaranya dalam QS. An-Naḥl/16:90:

اِنَّ اللّٰهَ يَأْمُرُ بِالْعَدْلِ وَالْاِحْسَانِ وَاِيْتَآئِ ذِى الْقُرْبٰى وَيَنْهٰى عَنِ الْفَحْشَآءِ وَالْمُنْكَرِ وَالْبَغْيِ يَعِظُكُمْ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُوْنَ

Sesungguhnya Allah menyuruh (kamu) berlaku adil, berbuat kebajikan, memberi kepada kaum kerabat, dan melarang dari perbuatan keji, kemungkaran, dan permusuhan.

Ayat ini bersifat universal dan aplikatif, sehingga relevan dijadikan dasar normatif dalam tata kelola publik, termasuk distribusi energi.[307] Ibn Kathīr menegaskan bahwa keadilan mencakup *al-qisṭ wa al-muwāzanah* (keseimbangan dan proporsionalitas), sementara larangan *al-baghy* mencegah dominasi dan kezaliman structural,[308] al-Qurṭubī memaknai al-‘adl sebagai *al-insāf* (fairness), yakni memberikan hak setiap pihak secara proporsional tanpa diskriminasi, serta menjadikannya standar evaluasi kebijakan sosial.[309] Fakhr al-Dīn al-Rāzī menempatkan al-‘adl sebagai posisi tengah antara *ifrāṭ* dan *tafrīṭ*, sehingga menjadi prinsip desain sistem yang menjaga keteraturan sosial dan kosmik,[310] sedangkan Sayyid Ṭanṭāwī dalam *al-Tafsīr al-Wasīṭ* menegaskan bahwa perintah keadilan bersifat komprehensif dan harus menjadi karakter permanen dalam tata kelola publik[311]

Penafsiran di atas mengandung prinsip normatif sistemik yang relevan bagi distribusi energi nasional: menolak ketimpangan, mencegah konsentrasi manfaat, dan menuntut proporsionalitas kebijakan.

Sintesis tafsir menunjukkan bahwa keadilan energi tidak cukup dipahami sebagai peningkatan agregat pasokan, tetapi harus diwujudkan

---

[306]Muḥammad Fu’ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu‘jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur’ān al-Karīm*..., entri ع د ل.

[307]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbāḥ*..., vol. 7, hal. 328–330.

[308]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 4, hal. 597.

[309]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 10, hal. 169.

[310]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 20, hal. 258.

[311]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 8, hal. 221.

dalam pemerataan akses, kualitas layanan, dan keterjangkauan. Dalam arsitektur sinkronisasi PLN–PLTS, nilai *al-'adl* menuntut prioritas elektrifikasi wilayah defisit, perlindungan kelompok rentan melalui kebijakan tarif yang adil, serta distribusi manfaat transisi energi yang proporsional. Dengan demikian, QS. An-Naḥl/16:90 menjadi fondasi etik bagi Model Sinkronisasi Bab V menuju NZE 2060.[312]

4. *Khalīfatan* (خَلِيفَةً)

Pengelolaan energi listrik nasional merupakan sektor strategis yang menyangkut hajat hidup orang banyak serta keberlanjutan ekologis jangka panjang. Dalam konteks sinkronisasi PLN dan PLTS, persoalan tidak hanya terletak pada kapasitas teknis atau efisiensi sistem, tetapi pada kualitas kepemimpinan dan tanggung jawab institusional dalam mengelola energi sebagai amanah publik. Kegagalan tata kelola berpotensi melahirkan ketimpangan sosial, kerusakan lingkungan, serta hilangnya legitimasi kebijakan transisi energi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060[313]

Term الخليفة (khalīfah) berakar dari خ–ل–ف yang bermakna pengganti, penerus, atau pihak yang diberi mandat untuk mengelola. Dalam *al-Mu'jam al-Mufahras*, akar kata ini muncul dalam 127 lokasi ayat, menunjukkan keluasan makna mandat dan keberlanjutan generasi dalam Al-Qur'an[314]

Sementara itu, term الأمانة (al-amānah) berakar dari أ–م–ن yang menunjuk pada makna kepercayaan dan tanggung jawab yang harus dijaga serta dipertanggungjawabkan[315]

Ayat utama yang dijadikan rujukan adalah QS. Al-Baqarah/2:30:

وَاِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰۤىِٕكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ

Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: 'Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di bumi.

Ayat ini menjadi pondasi kepemimpinan publik dan pengelolaan sumber daya. Manusia mengemban amanah sebagai khalifah/perwakilan Allah Swt di bumi. Dalam menafsirkan QS. Al-Baqarah [2]:30 di atas, al-Ṭabarī menjelaskan istilah *khalīfah* dipahami sebagai manusia yang diberi mandat ilahiah untuk menggantikan (*istikhlāf*) dalam mengelola bumi dengan hukum Allah, keadilan, dan amanah. Khalifah bukan sekadar penghuni bumi, melainkan pelaku kebijakan dan pengelola sistem

---

[312]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 50–65.

[313]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 50–65.

[314]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri خ ل ف.

[315]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ...,* entri أ م ن

kehidupan,[316] berbeda dengan Ibn Kathīr menekankan bahwa kekhalifahan mencakup seluruh generasi manusia yang saling menggantikan dari awal manusia diciptakan sampai hari akhir. Nabi Adam dan keturunannya yang menegakkan keadilan—diposisikan sebagai wakil Allah dalam memutuskan, mengatur, dan menjaga keseimbangan kehidupan, sementara kerusakan dan penumpahan darah dinisbatkan kepada penyimpangan dari amanah kekhalifahan, bukan kepada mandat itu sendiri.[317] Al-Qurṭubī memandang kekhalifahan sebagai dasar kepemimpinan publik dan kewajiban institusional,[318] Al-Rāzī menyoroti dimensi perencanaan, musyawarah, dan pertimbangan dampak kebijakan,[319]dan *Tafsīr al-Wasīṭ* merangkum bahwa tujuan kekhalifahan adalah memakmurkan bumi dan menegakkan keteraturan kehidupan.[320]

Ayat di atas bisa dipahami sebagai sumber inspirasi peran manusia dalam tata kelola sumber daya energi, khususnya sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS, sehingga ayat tidak dibaca sebagai teori kosmologi, melainkan sebagai kerangka etika dan kepemimpinan kebijakan energi.

Sintesis tafsir menunjukkan bahwa pengelolaan energi merupakan bagian dari amanah kekhalifahan manusia. Energi listrik sebagai sumber daya strategis harus dikelola secara bertanggung jawab, transparan, dan berorientasi pada kemaslahatan jangka panjang, bukan semata keuntungan jangka pendek. Dalam arsitektur sinkronisasi PLN–PLTS, nilai khalifah dan amanah menuntut akuntabilitas institusional, perencanaan berkelanjutan, serta kepemimpinan yang berorientasi pada keadilan sosial dan keberlanjutan ekologis menuju NZE 2060.[321]

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa Al-Qur'an memberikan landasan normatif bagi sinkronisasi pengelolaan energi antara PLN dan PLTS dalam kerangka transisi menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060. Dalam disertasi ini, Al-Qur'an tidak diposisikan sebagai sumber teori teknis ketenagalistrikan, melainkan sebagai sumber nilai etis dan prinsip tata kelola yang dapat diintegrasikan secara rasional dengan ilmu dan kebijakan energi modern.

---

[316]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān...*, vol. 1, hal. 451.

[317]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 1, hal. 268.

[318]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li-Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 1, hal. 268.

[319]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 2, hal. 390.

[320]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qurʾān al-Karīm...*, vol. 1, hal. 93.

[321]Abdul Ḥayy al-Farmawī, *al-Bidāyah fī al-Tafsīr al-Mawḍūʻī...*, hal. 41–45.

Pendekatan *Tafsir Ilmi Maudhū'ī Muqayyad* memastikan bahwa penafsiran dibatasi secara metodologis pada konteks sinkronisasi pengelolaan energi, sehingga tidak terjadi reduksi wahyu menjadi teori teknis.

Penjelasan dari 4 (empat) prinsip normatif berhasil disarikan. Pertama, keserasian sistem dari QS. Al-Mulk/67:3–4 menegaskan bahwa ciptaan Allah berlangsung tanpa *tafāwut* (ketimpangan destruktif), sehingga sistem energi nasional harus dibangun secara terintegrasi dan tidak terfragmentasi. Kedua, keberpasangan dalam transisi dari QS. Yāsīn/36:36 menunjukkan bahwa perubahan sistem idealnya bersifat saling melengkapi, sehingga PLTS diposisikan sebagai pasangan transisi yang memperkuat, bukan meniadakan, sistem eksisting. Ketiga, keadilan distribusi dari QS. An-Naḥl/16: 90 menempatkan keadilan sebagai prinsip dasar tata kelola publik, yang dalam konteks energi berarti pemerataan akses, koreksi ketimpangan wilayah 3T, dan orientasi pada kemaslahatan sosial. Keempat, amanah kepemimpinan dari QS. Al-Baqarah/2:30 menegaskan mandat kekhalifahan manusia, yang dalam konteks negara modern diterjemahkan sebagai tanggung jawab institusional dalam mengelola energi secara berkelanjutan dan akuntabel.[322]

Keempat prinsip tersebut membentuk satu kerangka normatif terpadu—keserasian, harmoni transisi, keadilan, dan amanah—yang memiliki korespondensi argumentatif dengan teori-teori tata kelola energi modern seperti *Governing the Commons*, *Polycentric Governance*, dan *Co-Creation*[323] Integrasi antara wahyu dan ilmu dalam disertasi ini bersifat metodologis dan argumentatif, bukan apologetik, karena nilai Qur'ani berfungsi sebagai orientasi etik, sementara desain kebijakan dan model operasional tetap dirumuskan melalui analisis ilmiah.

Dengan demikian, Bab IV.C menjadi fondasi konseptual langsung bagi Bab V. Jika Bab IV mengekstraksi nilai normatif dari wahyu, maka Bab V menerjemahkannya ke dalam model operasional sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060.

---

[322]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*,...vol. 1, hal. 451; Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li-Aḥkām al-Qur'ān*..., vol. 10, hal. 169.

[323]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentricity and Local Public Economies*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999, Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014.

D. Isyarat Dimensi Pengelolaan Sumber Daya Alam dalam *Asma' al-Husna*

Pada sub ini dikaji pengelolaan sumber daya alam (SDA), khususnya energi, dalam perspektif *Asma' al-Husna* sebagai kerangka etik-transendental yang bersumber dari Al-Qur'an. Pada sub ini secara khusus menempatkan sifat-sifat Allah sebagai nilai normatif inti (*core ethical values*) yang menuntun manusia dalam menjalankan mandat kekhalifahan. Dengan demikian, Asmaul Husna tidak dipahami semata dalam dimensi teologis-ritual, tetapi sebagai sumber orientasi etik bagi kebijakan dan tata kelola energi nasional.

Dari 99 (Sembilan puluh Sembilan) Asmaul Husna, penelitian ini mengidentifikasi tujuh Asmaul Husna inti yang paling relevan dengan isu pengelolaan energi dan sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060. Pemilihan dilakukan berdasarkan empat kriteria: (1) keterkaitan langsung dengan prinsip pengelolaan SDA; (2) relevansi struktural dengan tata kelola dan kebijakan energi; (3) keterhubungan dengan isu sinkronisasi PLN–PLTS; dan (4) minimalisasi tumpang tindih konseptual.[324]

Dari 99 nama allah, dipilih 7 (tujuh) nama yang menjadi isyarat kerangka etik yang utuh dan berlapis: dimensi keadilan dan keseimbangan (Al-'Adl, Al-Muqsiṭ), dimensi pemeliharaan dan keberlanjutan (Al-Ḥafīẓ, Al-Qayyūm), dimensi amanah tata kelola (Al-Wakīl), dimensi kebijaksanaan kebijakan (Al-Ḥakīm), serta dimensi pengawasan dan akuntabilitas (Ar-Raqīb). Kerangka ini menunjukkan bahwa pengelolaan energi tidak boleh direduksi pada efisiensi teknis atau kalkulasi ekonomi semata, melainkan harus mencakup perlindungan hak alam, hak sosial masyarakat, dan hak generasi mendatang.[325]

Sebagai peta awal, Tabel VI berikut merangkum tujuh *Asma' al-Husna* tersebut dalam relasi empat lapis: makna teologis, teladan etik bagi manusia, isyarat hak dalam pengelolaan SDA, dan implementasi dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060.

Tabel 4.6. Isyarat Asma al-Husna sebagai Teladan Ilahi dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam.

No	*Asma al-Husna*	Inti Makna	Teladan Etik dalam Pengelolaan SDA	Isyarat Hak alam dan manusia	Implementasi PLN–PLTS
1	ٱلْعَدْلُ (Al-'Adl – Maha Adil)	Keadilan proporsional	Menghindari monopoli	Hak alam & masyarakat	Pemerataan akses listrik

[324]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbāḥ*..., vol. 1, hal. 34–36.
[325]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 72–75.

No	*Asma al-Husna*	Inti Makna	Teladan Etik dalam Pengelolaan SDA	Isyarat Hak alam dan manusia	Implementasi PLN–PLTS
			dan eksploitasi	atas distribusi adil	& bauran energi
2	ٱلْحَفِيظُ (Al-Ḥafīẓ – Maha Memelihara)	Pemeliharaan berkelanjutan	Menjaga kelestarian SDA lintas generasi	Hak alam untuk dipelihara	Standar lingkungan & mitigasi dampak PLTS
3	ٱلْوَكِيلُ (Al-Wakīl – Maha Mengatur/Amanah)	Pengelola terpercaya	Bertindak sebagai steward, bukan pemilik	Hak publik atas tata kelola bertanggung jawab	Co-creation & kemitraan PLN–PLTS
4	ٱلْقَيُّومُ (Al-Qayyūm – Maha Menopang)	Penopang sistem	Menjaga daya dukung ekologis	Hak alam atas kapasitas seimbang	Ketahanan & kesinambungan sistem energi
5	ٱلْمُقْسِطُ (Al-Muqsiṭ – Maha Penyeimbang)	Penegak keseimbangan	Menjaga stabilitas ekologis & sosial	Hak atas mīzān (keseimbangan)	Sinkronisasi PLTU–PLTS dalam bauran
6	ٱلْحَكِيمُ (Al-Ḥakīm – Maha Bijaksana)	Kebijakan berbasis hikmah	Keputusan berbasis ilmu & maslahat	Hak generasi mendatang	Kebijakan transisi menuju NZE 2060
7	ٱلرَّقِيبُ (Ar-Raqīb – Maha Mengawasi)	Pengawasan menyeluruh	Pengawasan etis & akuntabel	Hak publik atas transparansi	Audit emisi, monitoring kinerja energi

Sumber: penulis

Dari tabel di atas dan penjelasan sebelumnya, dapat dipahami inti pengelolaan SDA dalam perspektif Al-Qur'an bersifat *value-bound*, terikat pada prinsip Ilahi tentang keadilan, amanah, keseimbangan, kebijaksanaan, dan pengawasan. Nilai-nilai ini menjadi pondasi etik bagi sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS dan sekaligus jembatan menuju Bab V, di mana nilai normatif tersebut akan ditransformasikan menjadi model operasional dan strategis menuju Net Zero Emissions 2060.

1. ٱلْعَدْلُ (Yang Maha Adil)

Term ٱلْعَدْلُ (*al-'Adl*) berasal dari akar kata ع–د–ل yang secara leksikal bermakna lurus, seimbang, tidak menyimpang, dan menempatkan sesuatu pada posisi yang semestinya. Dalam *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm* karya Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, derivasi akar kata ini muncul sekitar 28 kali dalam Al-Qur'an dalam berbagai bentuk, menunjukkan bahwa keadilan merupakan prinsip normatif yang mendasar dalam struktur nilai Qur'ani.[326]

Secara konseptual, *al-'adl* dalam Al-Qur'an tidak terbatas pada keadilan hukum formal, tetapi mencakup prinsip menempatkan sesuatu sesuai hak dan kedudukannya, menggunakan standar yang sama bagi semua pihak, serta menghindari keberpihakan dan manipulasi kepentingan. Al-'adl menjadi fondasi normatif bagi seluruh kebijakan dan relasi sosial, termasuk dalam pengelolaan sumber daya alam.[327]

Ayat utama yang merepresentasikan prinsip ini adalah QS. an-Naḥl/16: 90, karena secara eksplisit memerintahkan keadilan sebagai norma dasar kehidupan sosial:

اِنَّ اللّٰهَ يَأْمُرُ بِالْعَدْلِ وَالْاِحْسَانِ وَاِيْتَآئِ ذِى الْقُرْبٰى وَيَنْهٰى عَنِ الْفَحْشَآءِ وَالْمُنْكَرِ وَالْبَغْيِ يَعِظُكُمْ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُوْنَ

Sesungguhnya Allah menyuruh (kamu) berlaku adil dan berbuat kebajikan, memberi kepada kaum kerabat, dan Dia melarang dari perbuatan keji, kemungkaran, dan permusuhan.

Sebagai sifat Allah, *al-'Adl* menegaskan bahwa keadilan Ilahi bersifat absolut, tidak dipengaruhi kepentingan, dan menjadi ukuran normatif bagi hukum sosial maupun hukum alam (sunnatullāh).[328]

Dalam menafsirkan QS. an-Naḥl/16: 90, al-Ṭabarī menafsirkan perintah keadilan sebagai kewajiban menegakkan kebenaran tanpa diskriminasi, karena keadilan merupakan *mīzān Allāh fī al-arḍ* (timbangan Allah di bumi) yang melindungi pihak lemah dari dominasi pihak kuat.[329] Ibn Kathīr menekankan keberanian moral dalam menegakkan keadilan meskipun merugikan diri sendiri atau kelompoknya.[330] Adapun Fakhr al-Dīn

---

[326]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., Entri: ع-د-ل

[327]Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, *al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., Entri: ع-د-ل

[328]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 6, 491–492.

[329]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 16, hal. 161.

[330]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 4, hal. 341.

al-Rāzī menegaskan bahwa keadilan Qur'ani bersifat rasional dan universal, menuntut pengendalian hawa nafsu dalam pengambilan keputusan public,[331] sedangkan al-Qurṭubī memaknai keadilan sebagai kewajiban yang berkelanjutan (*qiwām*), tidak boleh dikompromikan oleh relasi sosial maupun kepentingan ekonomi.[332] Sayyid Quṭb melihat *al-'adl* sebagai fondasi pembebasan sosial dari dominasi kekuasaan dan kepentingan material,[333] dan Ibn 'Āshūr menjelaskan bahwa keadilan Qur'ani berfungsi sebagai norma induk bagi seluruh kebijakan publik dan pengelolaan urusan kolektif.[334]

Dalam tafsinya, M. Quraish Shihab menegaskan bahwa *al-'adl* tidak selalu bermakna "persamaan matematis", tetapi menempatkan sesuatu secara tepat sesuai hak dan proporsinya. Keadilan Ilahi tercermin dalam keseimbangan penciptaan (QS. al-Infiṭār/82:7) dan dalam perintah sosial-politik agar manusia menjadi penegak keadilan meskipun berhadapan dengan kepentingan diri, keluarga, atau kelompok (QS. an-Nisā'/4:135; QS. al-Mā'idah/5:8). Pelanggaran terhadap keadilan melahirkan *ẓulm* yang merusak tatanan sosial dan ekologis.[335]

Pandangan para mufasir bisa dikaitkan dalam konteks pengelolaan sumber daya alam dan energi. Dalam konteks ini, *al-'adl* menuntut kebijakan SDA yang bebas dari eksploitasi berlebihan, monopoli, dan ketimpangan struktural, serta menjamin distribusi manfaat yang adil bagi manusia dan alam.

Implikasi etik dalam tata kelola energi (PLN–PLTS) dari meneladani sifat *Al-'Adl* berarti menjadikan keadilan sebagai standar kebijakan energi nasional. Dalam relasi PLN–PLTS, prinsip ini menuntut: (1) keadilan akses listrik lintas wilayah; (2) distribusi manfaat transisi energi yang proporsional; (3) koreksi terhadap ketimpangan struktural; dan (4) penghindaran monopoli sumber daya. Dengan demikian, nilai *al-'Adl* menjadi fondasi normatif Model Sinkronisasi Bab V, yang kemudian dioperasionalisasikan melalui prinsip keseimbangan (*al-Muqsiṭ*) dan keberlanjutan sistem (*al-Qayyūm*) menuju NZE 2060.[336]

---

[331]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 18, hal. 480.

[332]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 9, hal. 224.

[333]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān...*, vol. 4, hal. 216

[334]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr...*, vol. 13, hal. 16.

[335]Muhammad Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*..., vol. 6, hal. 491–492.

[336]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*..., hal. 72–75.

2. ٱلْحَفِيظُ (Yang Maha Pemelihara)

Term ٱلْحَفِيظُ (al-Ḥafīẓ) berasal dari akar kata ح-ف-ظ yang bermakna menjaga, memelihara, dan melindungi dari kerusakan atau kehilangan. Dalam *Al-Mu'jam al-Mufahras* karya Muḥammad Fu'ād 'Abd al-Bāqī, seluruh derivasi akar ini tercatat sekitar 44 kali dalam Al-Qur'an.[337] Frekuensi tersebut menunjukkan bahwa konsep pemeliharaan (*ḥifẓ*) merupakan nilai mendasar dalam pandangan Qur'ani tentang keberlangsungan kehidupan dan keteraturan ciptaan.

Kata *ḥifẓ* tidak hanya berarti penjagaan fisik, tetapi juga perlindungan fungsi, kesinambungan sistem, dan pencegahan penyimpangan. Makna ini relevan dengan pengelolaan sumber daya alam yang menuntut keberlanjutan lintas generasi.[338]

Ayat yang menjelaskan tentang sifat Allah sebagai *al-Hafiz* di antaranya dapat ditemukan dalam QS. Yūsuf/12: 64:

فَاللَّهُ خَيْرٌ حَافِظًا ۖ وَهُوَ أَرْحَمُ الرَّاحِمِينَ

Maka Allah adalah sebaik-baik Penjaga dan Dia Maha Penyayang di antara para penyayang.

Ayat ini menegaskan bahwa penjagaan Allah bersifat absolut, melampaui keterbatasan sistem penjagaan manusia, dan berlandaskan Rahmah. Dalam konteks kisah Nabi Ya'qub, terjadi pergeseran dari ketergantungan pada mekanisme manusia menuju pengakuan atas supremasi pemeliharaan Ilahi.

Pendapat para Mufasir diantranya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa perbedaan qirā'āt antara *ḥifẓan* dan *ḥāfiẓan* tidak mengubah makna, karena keduanya sama-sama menegaskan superioritas penjagaan Allah dibanding manusia. Penjagaan Ilahi bersifat menyeluruh dan tidak terikat sebab-sebab lahiriah.[339] Menurut Fakhr al-Dīn al-Rāzī menafsirkan ayat ini sebagai transformasi kepercayaan dari penjagaan manusia menuju tawakkal kepada Allah. Pemeliharaan Ilahi tidak meniadakan peran manusia, tetapi menuntut kesesuaian tindakan manusia dengan hukum pemeliharaan yang Allah tetapkan dalam alam.[340] Begitu pula Al-Qurṭubī menekankan bahwa frasa *khayrun ḥifẓan* menunjukkan tingkat kepercayaan tertinggi terhadap sistem

---

[337]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*,... entri: ح-ف-ظ

[338]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri: ح-ف-ظ

[339]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 16, hal.161

[340]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 18, hal.479

penjagaan Ilahi, serta mencakup keberlangsungan dan keteraturan ciptaan.[341] Ibn Kathīr menyoroti dimensi amanah dan kasih sayang dalam penjagaan Allah. Penyerahan Nabi Ya'qub mencerminkan pengakuan atas keterbatasan manusia dan kesempurnaan pemeliharaan Ilahi.[342] Sayyid Quṭb memandang ayat ini sebagai kritik terhadap klaim manusia sebagai penjaga mutlak. Penjagaan manusia rentan terhadap kepentingan dan hawa nafsu, sedangkan penjagaan Allah bersifat adil dan penuh Rahmah.[343]

Ibn 'Āshūr menegaskan bahwa keunggulan sistem Ilahi atas sistem sosial manusia terletak pada kesempurnaan prinsip dan konsistensinya. Keselamatan terjamin ketika manusia tunduk pada hukum pemeliharaan Allah.[344]sedangkan pendapat M. Quraish Shihab menekankan bahwa sifat Al-Ḥafīẓ mengandung pesan etik agar manusia meneladani penjagaan Ilahi dalam menjaga amanah kehidupan dan lingkungan secara konsisten serta bertanggung jawab.[345] Makna pemeliharaan dari kata *al-hafiz* dapat dikaitkan dengan konteks tata kelola SDA dan energi, sehingga ayat berfungsi sebagai prinsip normatif keberlanjutan sistem, bukan teori teknis.

Meneladani *al-Ḥafīẓ* menuntut manusia bertindak sebagai penjaga (*guardian*) sumber daya alam, bukan pemilik absolut. Prinsip ini mengandung isyarat hak: hak alam untuk dipelihara, hak masyarakat atas lingkungan sehat, dan hak generasi mendatang atas keberlanjutan sumber daya.[346]

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS, nilai Al-Ḥafīẓ menuntut perlindungan lingkungan, pengendalian emisi, serta keberlanjutan sistem energi jangka panjang. Orientasi ini selaras dengan agenda Net Zero Emissions (NZE) 2060 dan prinsip keberlanjutan transisi energi modern.[347]

Dengan demikian, *al-Ḥafīẓ* menjadi fondasi etik-teologis bagi pengamanan sistem energi nasional agar tidak terjebak dalam eksploitasi jangka pendek yang merusak keseimbangan ekologis.

3. ٱلْوَكِيلُ (Yang Maha Mengatur)

Term ٱلْوَكِيلُ (*al-Wakīl*) berasal dari akar kata وـكـل yang bermakna menyerahkan urusan, mempercayakan pengelolaan, dan mewakilkan tanggung jawab. Dalam *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-*

---

[341]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qur'ān*..., vol. 9, hal.224

[342]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qur'ān al-ʿAẓīm*..., vol. 4, hal. 398

[343]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qur'ān*..., vol. 4, hal. 2016

[344]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 13, hal.16

[345]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*..., vol. 6, hal. 112–114.

[346]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*

[347]International Energy Agency, *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021.

Karīm, derivasi akar kata ini seperti *wakīl* dan *tawakkal* muncul sekitar 44 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa konsep delegasi dan kepercayaan kepada pengelola tertinggi merupakan tema normatif yang kuat dalam tata nilai Qur'ani.[348]

Frekuensi ini menegaskan bahwa wakālah bukan sekadar konsep spiritual individual, tetapi prinsip pengelolaan amanah yang berdimensi sosial dan institusional. Makna *wakālah* dalam Al-Qur'an mencakup pengaturan, pengawasan, dan penjaminan hasil atas suatu urusan yang dikelola secara amanah. Prinsip ini ditegaskan dalam QS. al-Aḥzāb/33: 3:

وَّتَوَكَّلْ عَلَى اللّٰهِ ۗوَكَفٰى بِاللّٰهِ وَكِيْلًا

Dan bertawakkallah kepada Allah. Cukuplah Allah sebagai Wakil.

Ayat ini menegaskan bahwa setelah ikhtiar rasional dilakukan, hasil akhir seluruh pengelolaan termasuk urusan publik dan sumber daya dikembalikan kepada Allah sebagai Pengelola Tertinggi.[349] Dalam konteks muqayyad pengelolaan SDA, kekuasaan manusia atas sumber daya bersifat mandat, bukan absolut.

Diantara pendapat para mufasir, Al-Ṭabarī memahami tawakkal sebagai penyerahan sadar dan penuh kepercayaan kepada Allah yang mencukupi, menjaga, dan mengatur seluruh urusan tanpa perantara; wakālah Ilahi bersifat total dan berkelanjutan.[350] Fakhr al-Dīn al-Rāzī menegaskan secara rasional bahwa wakil manusia diperlukan karena keterbatasan pengetahuan dan kapasitas, sedangkan Allah Mahatahu dan Mahakuasa; karena itu hanya Allah yang layak menjadi Wakil tunggal dalam pengelolaan urusan.[351] Menurut Al-Qurṭubī menekankan bahwa perintah tawakkal disertai jaminan normatif: Allah sebagai al-Wakīl adalah penjaga dan pengatur yang adil, sekaligus pemberi perlindungan dan keberlangsungan bagi pihak yang bersandar kepada-Nya.[352] Pendapat Ibn Kathīr menegaskan tawakkal sebagai sikap aktif: ikhtiar dilakukan secara maksimal, sementara hasilnya diserahkan kepada Allah yang mencukupi dan melindungi dari ketergantungan kepada selain-Nya.[353] Dan menurut Sayyid Quṭb memandang

---

[348]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri: و-ك-ل

[349]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri: و-ك-ل

[350]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*,... vol. 20, hal. 282.

[351]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*, vol. 25..., hal. 174.

[352]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 410.

[353]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 6, hal. 389.

ayat ini sebagai fondasi pembebasan dari ketergantungan sosial-politik dan kompromi nilai, dengan Allah sebagai satu-satunya Wakil yang membangun kemandirian moral dan sistemik.[354] Sedangkan pendapat Ibn ʻĀshūr menekankan bahwa frasa *"cukup Allah sebagai Wakil"* merupakan penegasan efektivitas dan keadilan tata kelola Ilahi setelah ikhtiar rasional dilakukan; penyerahan diri kepada Allah tidak meniadakan tanggung jawab manusia, melainkan menyempurnakannya.[355]

Dengan demikian, seluruh mufasir sepakat bahwa Al-Wakīl merepresentasikan kesempurnaan tata kelola Ilahi, sementara manusia dituntut mengelola amanah secara rasional, etis, dan bertanggung jawab.

Implikasi etik dan tata kelola energi PLN–PLTS dari meneladani sifat *al-Wakīl* menuntut pengelolaan SDA sebagai amanah publik, bukan kepemilikan absolut. Prinsip ini mengharuskan transparansi, akuntabilitas, dan penghindaran monopoli dalam kebijakan sumber daya.[356]

Dalam konteks sinkronisasi PLN–PLTS, nilai *al-Wakīl* menegaskan bahwa negara, korporasi, dan masyarakat bertindak sebagai pengelola mandat publik dalam transisi energi. Delegasi kewenangan harus disertai pertanggungjawaban dan orientasi kemaslahatan jangka panjang menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.[357]

Nilai ini menjadi fondasi normatif bagi prinsip delegasi kewenangan dan akuntabilitas kebijakan energi sebagaimana dimodelkan pada Bab V.

4. ٱلْقَيُّومُ (Yang Menopang Segala)

Term ٱلْقَيُّومُ (al-Qayyūm) berasal dari akar kata ق–و–م yang bermakna berdiri, menegakkan, menopang, dan menjaga keberlangsungan. Dari akar ini lahir konsep *qiyām* (tegak), *iqāmah* (menegakkan), dan *qiwām* (penopang eksistensi). Dalam *Al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʼān al-Karīm*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 660 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa prinsip penopangan dan keteraturan merupakan struktur dasar kosmologi Qur'ani.[358]

Kata *al-Qayyūm* berarti Zat yang berdiri sendiri dan menopang seluruh selain-Nya. Seluruh sistem kehidupan—alam, manusia, dan hukum kosmik—bergantung pada penopangan Ilahi yang berkesinambungan.[359]

Ayat yang menyebutkan sifat *al-Qayyūm* dapat dilihat dalam QS. al-Baqarah/2:255

---

[354]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 2873.

[355]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 22, hal. 59.

[356]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*,

[357]International Energy Agency, *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021.

[358]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʼān al-Karīm*..., entri: ق – و - م

[359]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri "q-w-m."

اَللّٰهُ لَآ اِلٰهَ اِلَّا هُوَۚ اَلْحَيُّ الْقَيُّوْمُ

Allah, tidak ada Tuhan selain Dia, Yang Maha Hidup, Yang terus-menerus mengurus (makhluk-Nya).

Para mufasir memandang ayat ini sebagai ringkasan teologis tentang Allah sebagai Tuhan yang menopang segala dan menjamin keberlangsungan dan pengelolaan seluruh ciptaan. Al-Ṭabarī misalnya, menafsirkan Al-Qayyūm sebagai Allah yang menegakkan, memelihara, memberi rezeki, dan menjaga seluruh ciptaan (*al-qāʾim bi rizqi mā khalaqa wa ḥifẓihi*). Tafsir ini menegaskan bahwa keberlangsungan alam dan sumber daya bergantung pada pemeliharaan yang terus-menerus.[360] Fakhr al-Dīn al-Rāzī memaknai Al-Qayyūm sebagai Zat yang berdiri sendiri dan menopang seluruh selain-Nya dalam esensi dan keberadaan (*muqawwim li ghayrihi fī al-māhiyyah wa al-wujūd*). SDA dan energi tidak bersifat otonom, melainkan bergantung pada tatanan penopang Ilahi.[361]

Al-Qurṭubī menafsirkan Al-Qayyūm sebagai pengelola urusan makhluk secara terus-menerus, termasuk perhitungan dan balasan. Hal ini menegaskan keharusan menjaga fungsi keberlanjutan alam, bukan mengeksploitasinya hingga runtuh.[362] Adapun Ibn Kathīr menjelaskan bahwa Allah adalah Maha Hidup dan penopang seluruh makhluk, sedangkan semua makhluk bergantung sepenuhnya kepada-Nya. Manusia tidak berhak mengklaim diri sebagai penopang mutlak sistem alam.[363]Sedangkan Sayyid Quṭb memandang Al-Qayyūm sebagai penegasan hubungan aktif Allah dengan seluruh sistem kehidupan melalui *tadbīr* yang berkesinambungan. Sistem kehidupan harus terikat nilai dan etika, bukan sekadar mekanisme teknokratis.[364]Pendapat lain, Ibn ‘Āshūr mengatakan bahwa Al-Qayyūm adalah prinsip *tadbīr* universal yang meniscayakan keteraturan dan kesinambungan ciptaan; keberlanjutan merupakan hukum Ilahi yang tidak boleh dilanggar oleh kebijakan manusia.[365]

Sintesis Muqayyad: Seluruh mufasir sepakat bahwa Al-Qayyūm adalah prinsip penopang sistem kehidupan; keberlangsungan SDA dan energi

---

[360]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 5. hal. 389.

[361]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 7, hal. 6.

[362]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 410.

[363]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 1, hal. 517.

[364]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 287.

[365]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 3, hal. 17.

menuntut tata kelola yang stabil, terpelihara, dan tidak merusak daya dukung.

Implikasi etik dan tata kelola energi PLN–PLTS dari meneladani sifat *al-Qayyūm* menuntut manusia menjaga keberlangsungan sistem alam dan daya dukung ekologis sebagai amanah. Kebijakan SDA harus berorientasi pada stabilitas, kesinambungan fungsi, dan pencegahan kerusakan sistemik.[366]

Dalam konteks energi nasional, prinsip ini mengharuskan sinkronisasi PLN–PLTS yang menjaga keandalan sistem, integrasi jaringan, serta keberlanjutan lingkungan sebagai prasyarat NZE 2060.[367] Nilai al-Qayyūm menjadi fondasi normatif bagi ketahanan sistem energi dan perlindungan lintas generasi sebagaimana dimodelkan pada Bab V.

5. ٱلْمُقْسِط (Yang Maha Menyeimbangkan dan Keadilan Proporsional)

Term ٱلْمُقْسِطُ (*al-Muqsiṭ*) berasal dari akar kata ق–س–ط yang bermakna menegakkan keadilan secara proporsional, membagi secara seimbang, dan menempatkan sesuatu sesuai ukurannya. Dalam *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*, derivasi akar kata ini muncul sekitar 25 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa keadilan operasional dan keseimbangan distribusi merupakan tema penting dalam struktur nilai Qur'ani.[368]

Secara konseptual, al-qisṭ berbeda dari *al-'adl*: jika *al-'adl* bersifat normatif-prinsipil, maka *al-qisṭ* bersifat operasional dan terukur—keadilan yang mempertimbangkan proporsi, kapasitas, dan konteks nyata.[369] Prinsip ini relevan dalam pengelolaan SDA yang menuntut keseimbangan antara pemanfaatan dan pelestarian.

Ayat yang merepresentasikan sifat *al-Muqsiṭ* adalah QS. Al-Mumtaḥanah/60:8:

اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ الْمُقْسِطِيْنَ

Sesungguhnya Allah mencintai orang-orang yang berlaku adil.

Ayat ini dipilih karena menempatkan *al-qisṭ* sebagai nilai yang dicintai Allah, sehingga keadilan proporsional bukan sekadar kewajiban hukum, tetapi standar etik yang fundamental.

Al-Ṭabarī memaknai *al-muqsiṭīn* sebagai orang-orang yang menegakkan keadilan, memberikan hak secara proporsional, dan bersikap

---

[366]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, Washington, DC: Island Press, 1991.

[367]International Energy Agency, *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021.

[368]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri: ق – س - ط

[369]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri ق – س - ط

adil tanpa diskriminasi.[370] Fakhr al-Dīn al-Rāzī menegaskan bahwa *al-qisṭ* mencakup keadilan kontekstual dalam relasi sosial dan perjanjian, bukan sekadar kesetaraan formal.[371] Adapun Al-Qurṭubī memaknai keadilan proporsional sebagai sarana mencegah konflik dan kerusakan sosial.[372] Sedangkan Ibn Kathīr menekankan bahwa Allah mencintai mereka yang adil dalam keputusan, kepemimpinan, dan tanggung jawab public.[373] Dan Ibn ʻĀshūr menjelaskan *al-qisṭ* sebagai keadilan operasional yang tampak dalam kebijakan dan praktik nyata.[374]

Sintesis Muqayyad: Seluruh mufasir sepakat bahwa Al-Muqsiṭ merepresentasikan keadilan operasional dan sistemik keadilan yang bekerja pada level kebijakan, distribusi, dan tata kelola teknis. Dalam konteks SDA dan energi, Al-Muqsiṭ menuntut keseimbangan nyata antara pemanfaatan dan pelestarian, antara kepentingan negara, korporasi, dan masyarakat, serta antara generasi kini dan mendatang.

implikasi etik dan tata kelola energi PLN–PLTS dalam meneladani sifat *al-Muqsiṭ* menuntut pengelolaan SDA yang menjaga keseimbangan antara eksploitasi dan daya dukung ekologis, serta mencegah dominasi sepihak dalam distribusi manfaat.[375]

Dalam tata kelola energi nasional, prinsip ini mengharuskan keseimbangan peran antara PLN dan PLTS, distribusi manfaat transisi energi secara proporsional, serta stabilitas bauran energi menuju NZE 2060.[376] Nilai Al-Muqsiṭ menjadi jembatan antara keadilan normatif (Al-ʻAdl) dan implementasi kebijakan teknis dalam Model Sinkronisasi Bab V.

6. ٱلْحَكِيمُ, Yang Maha Bijaksana

Term ٱلْحَكِيمُ (*al-Ḥakīm*) berasal dari akar kata ح–ك–م yang bermakna menetapkan hukum, mengendalikan, dan menempatkan sesuatu secara tepat serta proporsional. Derivasi akar kata ini—seperti *ḥukm*, *ḥikmah*, dan *taḥkīm* muncul sekitar 210 kali dalam Al-Qur'an, menunjukkan bahwa

[370]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 23, hal. 323.

[371]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 29 , hal. 521.

[372]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 16, hal. 316.

[373]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 7, hal. 350.

[374]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 28, hal. 153.

[375]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*,

[376]International Energy Agency, *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021.

kebijaksanaan dan ketepatan penetapan merupakan prinsip sentral dalam struktur normatif Qur'ani.[377]

Pemaknaan dari kata *ḥikmah* berarti kesesuaian antara ilmu, tujuan, sarana, dan dampak suatu keputusan. Dalam perspektif Qur'ani, kebijaksanaan bukan sekadar kecerdasan intelektual, tetapi ketepatan kebijakan yang berorientasi pada kemaslahatan jangka panjang.[378]

Prinsip ini relevan dalam pengelolaan SDA dan energi yang menuntut keputusan berbasis ilmu dan analisis dampak sistemik. Ayat yang menyebut sifat *al-Hakim* dapat merujuk QS. an-Nisā'/4: 26:

يُرِيْدُ اللّٰهُ لِيُبَيِّنَ لَكُمْ وَيَهْدِيَكُمْ سُنَنَ الَّذِيْنَ مِنْ قَبْلِكُمْ وَيَتُوْبَ عَلَيْكُمْۗ وَاللّٰهُ عَلِيْمٌ حَكِيْمٌ

Allah hendak menerangkan (hukum-Nya) kepadamu dan menunjukkan kepadamu jalan-jalan orang yang sebelum kamu, dan hendak menerima tobatmu. Dan Allah Maha

Ayat ini dipilih karena secara eksplisit mengaitkan penetapan hukum dan pedoman hidup dengan ilmu (*'ilm*) dan kebijaksanaan (*ḥikmah*). Penyandingan sifat *'alīm* dan *ḥakīm* menegaskan bahwa kebijakan yang benar harus berbasis pengetahuan sekaligus diarahkan pada kemaslahatan.[379]

Fakhr al-Dīn al-Rāzī menegaskan bahwa sifat *ḥakīm* menunjukkan kesesuaian antara perbuatan dan tujuan; kebijakan yang benar harus lahir dari rasionalitas dan terbebas dari dorongan hawa nafsu.[380] Dalam konteks SDA, keputusan harus berbasis ilmu dan pertimbangan maslahat. Al-Qurṭubī memaknai *ḥakīm* sebagai kebijaksanaan Allah dalam menyesuaikan hukum dengan kondisi manusia; hukum Ilahi tidak lepas dari tujuan perlindungan dan kebaikan.[381] Secara muqayyad, kebijakan SDA harus adaptif terhadap konteks sosial dan ekologis tanpa kehilangan orientasi keberlanjutan. Adapun Ibn Kathīr menegaskan bahwa seluruh ketetapan Allah disusun dengan hikmah dan tidak ada yang sia-sia; setiap perintah dan larangan memiliki tujuan maslahat.[382] Kebijakan yang merusak daya dukung alam bertentangan dengan prinsip hikmah Ilahi. Disisi lain, Sayyid Quṭb memandang Al-Ḥakīm sebagai fondasi metodologis sistem kehidupan;

---

[377]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Muʻjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*..., entri: م - ك – ح

[378]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri: م - ك – ح

[379]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*…, vol.10, hal. 54.

[380]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 10, hal. 54.

[381]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal.148.

[382]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, hal. 233.

kebijakan harus terikat nilai moral dan visi jangka panjang, bukan sekadar pendekatan teknokratis.[383] Sedangkan Ibn ‘Āshūr menjelaskan bahwa penyandingan *‘alīm* dan *ḥakīm* menunjukkan bahwa kebijakan Ilahi selalu rasional, bermakna, dan berorientasi peradaban.[384] Kebijakan SDA yang mengabaikan keberlanjutan berarti menyimpang dari struktur hikmah Ilahi.

Pendapat para mufasir di atas dapat dipahami bahwa bahwa Al-Ḥakīm merupakan prinsip kebijakan berbasis ilmu, ketepatan tujuan, dan pertimbangan dampak jangka panjang. Dalam konteks energi, kebijakan harus rasional, bertahap, serta menjaga keberlanjutan ekologis dan sosial.

Implikasi etik dan Tata Kelola Energi PLN–PLTS dari meneladani al-Ḥakīm menuntut pengelolaan SDA berbasis ilmu, kehati-hatian, dan evaluasi dampak ekologis–sosial. Kebijakan yang hanya mengejar pertumbuhan jangka pendek tanpa memperhitungkan keberlanjutan merupakan bentuk ketidak-hikmahan struktural.[385]

Dalam tata kelola energi nasional, prinsip ini mengharuskan perencanaan berbasis proyeksi ilmiah, transisi energi bertahap, dan sinkronisasi regulasi–teknologi antara PLN dan PLTS menuju NZE 2060.[386] Nilai Al-Ḥakīm menjadi fondasi normatif Model Sinkronisasi Bab V, khususnya pada aspek kebijakan berbasis ilmu dan keseimbangan kepentingan publik lintas generasi.

7. ٱلرَّقِيبُ, Yang Maha Mengawasi

Term ٱلرَّقِيبُ (Ar-Raqīb) berasal dari akar kata ر–ق–ب yang bermakna mengawasi dengan kewaspadaan, menjaga secara terus-menerus, dan memperhatikan dengan kesiapsiagaan penuh. Derivasi akar kata ini muncul sekitar 24 kali dalam Al-Qur’an dan seluruhnya menunjuk pada makna pengawasan aktif dan berkelanjutan, bukan sekadar pemantauan pasif.[387]

Makna kata *raqābah* dalam Al-Qur’an melampaui pengawasan administratif; ia mencakup dimensi moral, niat, proses, dan konsekuensi tindakan manusia. Prinsip ini menegaskan bahwa setiap aktivitas berada dalam pengawasan Ilahi dan tidak bebas dari pertanggungjawaban nilai.[388]

Ayat yang menjelaskan sifat Allah *al-Raqib* dapat dilihat dalam QS. An-Nisā’/4: 1:

اِنَّ اللّٰهَ كَانَ عَلَيْكُمْ رَقِيْبًا

---

[383]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 2, hal. 631.

[384]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 5, hal. 20.

[385]Herman E. Daly, *Steady-State Economics*, Washington, DC: Island Press, 1991.

[386]International Energy Agency, *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021

[387]Muḥammad Fu’ād ʿAbd al-Bāqī, *Al-Mu‘jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur’ān al-Karīm*..., entri: ب - ق – ر

[388]Ibn Manẓūr, *Lisān al-ʿArab*..., entri ب - ق – ر

Sesungguhnya Allah selalu menjaga dan mengawasi kamu.

Ayat ini dipilih karena secara eksplisit menautkan pengawasan Ilahi dengan relasi sosial dan tanggung jawab etis manusia, sehingga relevan sebagai fondasi normatif dalam pengelolaan SDA dan energi.

Al-Ṭabarī memaknai *raqīban* sebagai *ḥafīẓan*, yakni Allah yang menjaga, menghitung, dan mengawasi seluruh amal manusia tanpa terputus.[389] Pengawasan Ilahi meniscayakan pertanggungjawaban penuh atas amanah publik, termasuk pengelolaan sumber daya alam. Adapun Fakhr al-Dīn al-Rāzī menegaskan bahwa sifat Ar-Raqīb menghadirkan dimensi *targhīb* dan *tarhīb*, karena Allah mengetahui yang lahir dan batin,[390] Kesadaran ini menuntut kehati-hatian dalam setiap kebijakan dan tindakan, termasuk dalam pengelolaan energi dan sumber daya. Sedangkan Al-Qurṭubī menjelaskan bahwa *raqīban* menunjukkan pengawasan yang disertai penjagaan dan penantian balasan.[391] Pengawasan Ilahi bukan sekadar melihat, tetapi menilai dan memberi konsekuensi atas ketaatan atau penyimpangan.

Dalam tafsirnya Ibn Kathīr mengaitkan Ar-Raqīb dengan konsep *murāqabah*, yakni kesadaran batin bahwa manusia bertindak di hadapan Allah.[392] Dalam konteks SDA, tafsir ini menuntut integritas internal pengelola, bukan hanya kontrol eksternal. Adapun Sayyid Quṭb menekankan bahwa pengawasan Ilahi membangun kesadaran etis kolektif; sistem sosial dan kebijakan publik harus dibangun atas rasa tanggung jawab di hadapan Allah, bukan sekadar kepatuhan formal.[393] Sedangkan Ibn ʻĀshūr menafsirkan Ar-Raqīb sebagai Allah yang mengetahui apakah sesuatu berjalan sesuai ketetapan-Nya atau menyimpang darinya, lalu memberikan balasan setimpal.[394] Dalam perspektif muqayyad, pengawasan Ilahi menjadi dasar evaluasi keberhasilan atau kegagalan tata kelola SDA dan energi.

Sintesis inti: seluruh mufasir sepakat bahwa Ar-Raqīb adalah prinsip pengawasan aktif, menyeluruh, dan berkelanjutan yang meniscayakan akuntabilitas etis dalam setiap pengelolaan amanah, termasuk sumber daya alam dan sistem energi.

---

[389]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 7, hal. 523.

[390]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., vol. 9, hal. 482.

[391]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li-Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 7.

[392]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī, *Tafsīr al-Qurʾān al-ʿAẓīm*..., vol. 2, hal. 181.

[393]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 576.

[394]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 22, hal. 80.

Implikasi etik dan tata kelola energi PLN–PLTS dapat diambil dari meneladani Ar-Raqīb menuntut terbentuknya etos transparansi, kejujuran, dan evaluasi berkelanjutan dalam pengelolaan SDA. Manipulasi data, penyembunyian dampak ekologis, atau eksploitasi tanpa kontrol bertentangan dengan prinsip pengawasan Ilahi yang menyeluruh.[395]

Dalam tata kelola energi nasional, nilai ini menuntut sistem monitoring dan audit yang transparan terhadap relasi PLN–PLTS: keterbukaan data emisi, evaluasi kebijakan transisi energi, serta mekanisme koreksi institusional demi menjaga integritas menuju NZE 2060.[396]

Dengan demikian, al-Raqīb menjadi penguat dimensi pengawasan dalam Model Sinkronisasi Bab V, memastikan bahwa keadilan (*al-ʿAdl*), keseimbangan (*al-Muqsiṭ*), dan kebijaksanaan (*al-Ḥakīm*) berjalan dalam kerangka akuntabilitas berkelanjutan.

Bab IV Sub D menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya alam dan energi menurut Al-Qur'an tidak bersifat netral nilai. Energi bukan sekadar persoalan teknis dan ekonomi, tetapi juga persoalan moral dan tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi.[397]

Melalui tujuh Asmaul Husna yaitu: *al-ʿAdl* (Maha Adil), *al-Ḥafīẓ* (Maha Memelihara), *al-Wakīl* (Maha Mengatur/Amanah), *al-Qayyūm* (Maha Menopang), *al-Muqsiṭ* (Maha Menyeimbangkan), *al-Ḥakīm* (Maha Bijaksana), dan *Ar-Raqīb* (Maha Mengawasi) membangun satu kerangka nilai yang menjadi pedoman dalam mengelola energi.[398]

Artinya, pengelolaan energi harus adil, menjaga lingkungan, dilaksanakan sebagai amanah, menopang keberlanjutan sistem, seimbang, berbasis kebijaksanaan, dan diawasi secara bertanggung jawab[399].Nilai-nilai ini menjadi fondasi etik bagi tata kelola energi nasional, termasuk dalam sinkronisasi PLN dan PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060.[400]

---

[395]Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good*,

[396]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal.

[397]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr*..., vol. 1, hal. 38–40.

[398]M. Quraish Shihab, *Menyingkap Tabir Ilahi: Asmaul Husna dalam Perspektif Al-Qur'an*..., hal. 25–32.

[399]al-Ghazālī, *Al-Maqṣad al-Asnā fī Sharḥ Maʿānī Asmāʾ Allāh al-Ḥusnā*..., hal. 15–18.

[400]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

E. Isyarat Al-Qur'an Tentang Sinkronisasi, Pengelolaan SDM, dan Sumber Daya Alam (Energi)

1. Sintesis Isyarat Al-Qur'an Tentang Sinkronisasi, Pengelolaan SDM, dan Sumber Daya Energi Alam

Bab IV secara keseluruhan membangun fondasi normatif Qur'ani bagi pengelolaan energi nasional. Melalui analisis pada IV pada Sub A sampai D dalam disertasi ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya alam dan energi dalam perspektif Al-Qur'an bukan sekadar persoalan teknis, melainkan bagian dari keteraturan sistem kehidupan yang bersifat kosmik, sosial, ekologis, dan manajerial.

Pada Bab IV sub A ditegaskan bahwa sinkronisasi (التوافق) merupakan prinsip dasar keteraturan sistemik yang mencakup keserentakan, kesesuaian, kebersamaan, keselarasan, keseimbangan (mīzān), dan keharmonisan. Prinsip ini berlaku pada empat level: kosmik (keteraturan alam semesta), sosial (relasi antar manusia), ekologis (relasi manusia dan alam), dan manajerial (pengelolaan sistem serta sumber daya manusia). Dengan demikian, ketidaksinkronan dalam kebijakan energi tidak hanya dipahami sebagai inefisiensi administratif, tetapi sebagai penyimpangan dari prinsip keteraturan yang menjadi bagian dari sunnatullāh.[401]

Pada Bab IV sub B memperluas prinsip tersebut ke dalam relasi manusia dengan sumber daya alam. Al-Qur'an menegaskan bahwa alam—termasuk energi—adalah amanah Ilahi yang harus dikelola secara adil, proporsional, dan berkelanjutan. Larangan fasād dan penegasan mīzān menunjukkan bahwa eksploitasi yang melampaui daya dukung ekologis bertentangan dengan struktur nilai Qur'ani.[402]

Bab IV Sub C kemudian mengkonkretkan prinsip sinkronisasi pada level kelembagaan, khususnya dalam relasi antara PLN dan PLTS. Relasi keduanya seharusnya bersifat komplementer dan integratif, bukan kompetitif. Ketidaksinkronan regulasi, perencanaan, dan implementasi antara keduanya dipahami sebagai disharmoni struktural yang berpotensi menimbulkan ketidakadilan energi dan inefisiensi sistemik.

Pendalaman etik pada Bab IV Sub D melalui tujuh Asmaul Husna, yaitu: *al-'Adl, Al-Ḥafīẓ, al-Wakīl, Al-Qayyūm, Al-Muqsiṭ, Al-Ḥakīm,* dan *Ar-Raqīb* yang menegaskan bahwa sinkronisasi tidak hanya bersifat sistemik, tetapi juga harus berlandaskan keadilan distribusi, pemeliharaan keberlanjutan, amanah pengelolaan, penopangan sistem, keseimbangan proporsional, kebijaksanaan kebijakan, serta pengawasan dan akuntabilitas.

---

[401]Konsep mīzān dan keseimbangan sebagai prinsip normatif dapat dirujuk pada QS. Ar-Raḥmān/55: 7–9 dan analisis sinkronisasi pada Bab IV.A.

[402]Prinsip amanah dan larangan fasād dalam pengelolaan alam antara lain ditegaskan dalam QS. Al-A'rāf/7: 56 dan QS. Al-Baqarah/2: 30.

Dengan demikian, pengelolaan energi diposisikan sebagai ruang praksis etika kekhalifahan, bukan sekadar arena teknokratis.[403]

Berdasarkan keseluruhan analisis tersebut, Bab IV menghasilkan satu kerangka normatif terpadu: pengelolaan energi dalam perspektif Al-Qur'an harus bersifat sinkron secara sistemik, adil secara distribusional, berkelanjutan secara ekologis, amanah secara kelembagaan, dan akuntabel secara moral. Kerangka inilah yang menjadi landasan epistemologis bagi tahap berikutnya, yaitu transformasi nilai-nilai normatif tersebut ke dalam model operasional sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 pada Bab V.

2. Transisi Normatif dari Bab IV ke Bab V Dari Sintesis Nilai Qur'ani Menuju Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS

Jika Bab IV Sub E.1 menegaskan bahwa Al-Qur'an memberikan kerangka normatif terpadu bagi pengelolaan energi melalui prinsip sinkronisasi sistemik, relasi manusia–alam, integrasi kelembagaan, dan fondasi etik Asmaul Husna maka Bab IV Sub E.2 berfungsi sebagai jembatan metodologis menuju Bab V. Pada titik ini terjadi pergeseran fokus: dari sintesis nilai menuju perumusan model operasional.

Secara epistemologis, transisi ini menegaskan bahwa nilai Qur'ani tidak berhenti pada tataran ideal-etik, tetapi menuntut artikulasi struktural dalam bentuk desain kebijakan, mekanisme kelembagaan, pembagian peran, serta sistem pengawasan, Prinsip sinkronisasi yang telah dirumuskan pada IV sub A harus diterjemahkan menjadi pola relasi yang nyata dalam perencanaan, regulasi, operasi, dan pembiayaan energi nasional. Dengan demikian, Bab V tidak dimulai dari ruang kosong, melainkan bertolak dari fondasi normatif yang telah disusun secara sistematis dalam Bab IV.

Dalam konteks relasi PLN–PLTS, transisi ini memiliki makna strategis. Jika IV sub C menegaskan bahwa hubungan keduanya seharusnya komplementer dan bukan kompetitif, maka Bab V akan merumuskan bagaimana relasi komplementer tersebut diinstitusionalisasikan. Artinya, sinkronisasi tidak lagi dipahami sebagai konsep nilai, tetapi sebagai arsitektur tata kelola yang mencakup koordinasi kebijakan, integrasi jaringan, pembagian kewenangan, serta mekanisme evaluasi berkelanjutan.[404]

Lebih lanjut, nilai-nilai etik dari IV.D keadilan (*al-'Adl*), pemeliharaan (*al-Ḥafīẓ*), amanah (*al-Wakīl*), penopangan sistem (Al-Qayyūm),

---

[403]Sintesis nilai etik melalui *Asma al-Husna* dirumuskan secara tematik pada Bab IV.D, khususnya dalam analisis *Al-'Adl* hingga *Ar-Raqīb* sebagai fondasi tata kelola energi berkeadilan dan berkelanjutan.

[404]Konsep relasi komplementer dan integrasi sistem energi dibahas dalam Bab IV.C sebagai dasar normatif kelembagaan PLN–PLTS

keseimbangan proporsional (Al-Muqsiṭ), kebijaksanaan (Al-Ḥakīm), dan pengawasan (*Ar-Raqīb*) menjadi parameter normatif bagi desain model pada Bab V. Model sinkronisasi yang akan dirumuskan tidak boleh bertentangan dengan prinsip keadilan distribusi, keberlanjutan ekologis, rasionalitas kebijakan, serta akuntabilitas publik,[405] Dengan demikian, model tersebut bersifat normatif–operasional: berbasis nilai, tetapi dapat diimplementasikan dalam struktur kelembagaan konkret.

Transisi ini juga menegaskan integrasi antara nilai Qur'ani dan teori tata kelola modern. Bab V akan menggunakan teori *Co-Creation* sebagai teori utama, serta *Governing the Commons dan Polycentric Governance* sebagai teori pendukung utama, karena memiliki kesesuaian struktural dengan prinsip partisipasi, pembagian peran, dan pengelolaan sumber daya bersama yang telah dianalisis dalam Bab IV Integrasi ini memastikan bahwa model yang dirumuskan tidak bersifat apologetik, melainkan argumentatif dan akademik—menghubungkan wahyu dan ilmu dalam kerangka yang rasional.[406]

Dengan demikian, Bab IV Sub E.2 menegaskan bahwa peralihan dari Bab IV ke Bab V adalah pergeseran paradigmatik: dari tafsir ke desain, dari norma ke arsitektur kebijakan, dan dari prinsip etik ke model tata kelola energi. Transisi inilah yang memastikan bahwa disertasi ini tidak berhenti pada elaborasi nilai, tetapi berkontribusi pada perumusan Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN–PLTS menuju Net Zero Emissions (NZE) 2060 yang etis, sistemik, dan aplikatif.

Upaya pergeseran paradigmatik kepada perumusan kebijakan dan prinsip praktis etik model tata kelola energi, membutuhkan usaha bersama semua pihak, dari para saintis/ulama, pemerintah dan pelaku ekonomi baik dari pengusaha dan Masyarakat secara umum. Upaya ini harus terintegrasi dan komitmen dilakukan sebagai bentuk jihad lingkungan. Dalam kajian teoretis upaya ini disebut dengan ecojihad, istilah ini mengandung arti upaya sungguh-sungguh dalam melestarikan lingkungan, baik dalam segi pemeliharaan maupun dalam upaya penegakkan hukum terkait pelanggaran perlindungan bagi lingkungan.[407]

Deskripsi ecojihad dalam al-Qur'an dapat dilihat dari QS. al-A'raf/7: 56 yang berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوْا فِى الْاَرْضِ بَعْدَ اِصْلَاحِهَا وَادْعُوْهُ خَوْفًا وَّطَمَعًاۗ اِنَّ رَحْمَتَ اللّٰهِ قَرِيْبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِيْنَ

[405]Sintesis nilai Asmaul Husna sebagai parameter etik tata kelola energi dirumuskan dalam Bab IV sub D.

[406]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014; Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., Michael D. McGinnis and Elinor Ostrom, "Reflections on Polycentric Governance," *Public Administration Review* 72 (2012).

[407]Badru Tamam, *Ekoteologi dalam Tafsir Kkontemporer*..., hal. 72-74.

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah perbaikannya dan berdoalah kepada-Nya dalam keadaan takut dan harapan. Sesungguhnya rahmat Allah dekat kepada al-Muh}sini>n. (QS. al-A'raf/7: 56)

Menurut Badru Tamam, ayat ini melarang perusakan di bumi. Perusakan adalah salah satu bentuk pelampauan batas, karena itu, ayat ini melanjutkan tuntunan ayat yang lalu dengan menyatakan: *dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah perbaikannya yang dilakukan oleh Allah dan atau siapa pun dan berdoalah* serta beribadahlah *kepada-Nya dalam keadaan takut* sehingga kamu lebih khusyuk, dan lebih terdorong untuk menaati-Nya *dan* dalam keadaan penuh *harapan* terhadap anugerah-Nya, termasuk pengabulan doa kamu. *Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada al-muhsinin,* yakni orang-orang yang berbuat baik.

Alam raya diciptakan dengan cara yang sangat rapih sempurna dan sesuai untuk memenuhi kebutuhan manusia. Semuanya diciptakan sesuai dengan peran dan fungus masing-masing, dan Allah meminta hamba-Nya untuk menjaga kelestariannya dan memperbaikinya jika manusia merusaknya. Dengan mengutus para nabi, Allah telah memperbaiki kehidupan masyarakat yang tidak teratur. Jika seseorang menolak untuk menyambut kedatangan rasul atau menghalangi upaya mereka, mereka telah melakukan perusakan. Merusak setelah diperbaiki jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum atau saat dia rusak. Karena itu, meskipun memperparah kerusakan atau kerusakan yang baik juga sangat mencela, ayat ini secara tegas menggaris bawahi larangan tersebut.[408]

Kata "muhsinin" adalah bentuk jamak dari kata "muhsin". Bagi seorang individu, sifat ini menunjukkan puncak kebaikan yang dapat dicapai, yaitu ketika ia melihat dirinya pada orang lain dan memberi orang lain apa yang seharusnya ia berikan kepada dirinya sendiri. Karena ihsan terhadap Allah adalah meleburnya diri manusia sehingga ia hanya "melihat" Allah, ihsan seseorang terhadap orang lain juga berarti bahwa mereka hanya melihat orang lain daripada diri mereka sendiri. Orang yang tidak menganggap dirinya lebih penting daripada orang lain, bahkan berusaha memenuhi kebutuhan orang lain sebagaimana ia memenuhi kebutuhannya sendiri, disebut sebagai *muhsin*. Ketika ia mencapai puncak ihsan dalam seluruh tindakannya, ia telah mencapai tingkat tertinggi dalam amal kebajikan..[409]

Ajaran berbuat adil dan menegakkan keadilan bagi setiap elemen dalam lingkungan masyarakat juga dapat dilihat dalam QS. Hud/11: 85, Allah berfirman:

---

[408]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah*..., vol: 5, hal. 123-124.
[409]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah*..., vol. 5, hal. 124.

وَيٰقَوْمِ اَوْفُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيْزَانَ بِالْقِسْطِ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ اَشْيَآءَهُمْ وَلَا تَعْثَوْا فِى الْاَرْضِ مُفْسِدِيْنَ

Dan, "Wahai kaumku, sempurnakanlah takaran dan timbangan dengan adil, dan janganlah kamu merugikan manusia menyangkut hak-hak mereka, dan janganlah kamu membuat kejahatan di bumi dengan menjadi perusak-perusak (QS. Hud/11: 85).

Dalam menafsirkan frasa *wa lā ta'thaw fī al-arḍ mufsidīn*, Muhammad Quraish Shihab menjelaskan bahwa ungkapan tersebut merupakan larangan menyeluruh terhadap segala bentuk kerusakan dan tindak kejahatan tanpa terkecuali. Larangan itu mencakup berbagai perbuatan seperti pembunuhan, perampokan, perzinaan, serta pelanggaran hak asasi manusia, baik yang bersifat material maupun nonmaterial.

Dalam konteks ini, Nabi Syu'aib a.s. membimbing kaumnya agar menjauhi beragam bentuk pelanggaran. Bimbingan tersebut dimulai dari praktik yang telah menjadi kebiasaan mereka, yakni mengurangi takaran dan timbangan, kemudian diperluas kepada larangan yang lebih komprehensif, termasuk mengambil atau mengurangi hak orang lain dalam bentuk apa pun—baik melalui kecurangan dalam timbangan, pencurian harta, penipuan, perampasan, maupun tindakan merendahkan martabat seseorang.

Dengan demikian, larangan tersebut bersifat universal dan integral, mencakup seluruh bentuk kejahatan, baik yang berdampak pada diri sendiri, sesama manusia, hewan, maupun lingkungan hidup.[410]

Menurut Hamka, ayat tersebut merupakan peringatan Nabi Syu'aib kepada kaumnya agar kembali kepada tuntunan Allah. Ia menegaskan bahwa aturan yang semata-mata dirumuskan oleh manusia cenderung mudah dilanggar apabila tidak dilandasi kesadaran spiritual. Karena itu, yang paling utama adalah menundukkan hati kepada Allah terlebih dahulu. Prinsip keadilan dan larangan merugikan orang lain tidak akan terwujud secara konsisten tanpa kesadaran bahwa manusia senantiasa berada dalam pengawasan Tuhan.

Lebih lanjut, Hamka menjelaskan bahwa kecurangan dalam timbangan hanyalah pintu masuk bagi berbagai bentuk pelanggaran lain. Ketika integritas runtuh, manusia tidak lagi membedakan secara tegas antara cara yang halal dan haram dalam memperoleh keuntungan ekonomi. Ayat ini, menurutnya, menegaskan bahwa rezeki yang diperoleh secara halal jauh lebih bernilai. Rezeki yang halal menghadirkan ketenteraman batin, mendorong kreativitas, serta memurnikan cinta dan relasi antarsesama. Dengan demikian, keuntungan material tidak hanya berdimensi ekonomi, tetapi juga memperkuat silaturahmi dan menggerakkan manusia untuk saling mengajak kepada amal saleh. Pada akhirnya, sikap tersebut akan

[410]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah*..., vol: 5, hal. 323.

meninggalkan jejak kebaikan di dunia sekaligus menghadirkan ganjaran kebahagiaan di akhirat.[411]

Menurut Hasbi ash-Shiddieqy, larangan untuk tidak melakukan kerusakan di muka bumi dalam ayat tersebut memiliki cakupan yang bersifat umum dan komprehensif, meliputi seluruh aktivitas yang berpotensi menimbulkan dampak destruktif. Ia menegaskan bahwa keuntungan yang diperoleh melalui cara yang halal jauh lebih baik dan bermakna bagi manusia dibandingkan dengan keuntungan yang diraih melalui praktik-praktik yang dilarang atau diharamkan.

Selain itu, ungkapan Nabi Syu'aib pada penutup ayat 86 dipahami sebagai penegasan atas batas otoritas seorang nabi atau pemimpin, yakni sebatas menyampaikan peringatan dan nasihat. Adapun penerimaan dan pelaksanaannya merupakan tanggung jawab masing-masing individu dalam masyarakat.[412]

Menurut Wahbah al-Zuhaili, konsistensi dalam menegakkan keadilan terhadap seluruh golongan masyarakat merupakan fondasi utama kehidupan sosial. Keadilan menjadi titik tolak terciptanya ketenteraman dan kebahagiaan manusia, karena darinya lahir keteraturan dan keseimbangan dalam relasi antarsesama.

Lebih lanjut, Ia menegaskan bahwa prinsip keadilan tersebut sejalan dengan peringatan al-Qur'an agar manusia menjauhi segala bentuk tindakan yang dapat menimbulkan kerusakan di muka bumi. Dengan demikian, keadilan dan larangan berbuat kerusakan merupakan dua prinsip yang saling berkaitan dalam menjaga keberlangsungan dan keharmonisan kehidupan.[413]

Ayat ini senada dengan pandangan Nelson Bock tentang berbuat adil pula terhadap lingkungan yang ia sebut dengan istilah *eco-justice.* Llewellyn Leonard menyatakan hal serupa bahwa keadilan bukan hanya untuk manusia dan kebutuhannya terhadap sumber daya alam, namun keadilan juga bagi alam itu sendiri dengan mempertimbangkan segala risiko bentuk kerusakan dan upaya preservasinya. Gerakan sosial yang mendukung keadilan sosial dapat membantu perjuangan memformulasikan bentuk keadilan lingkungan dan aplikasinya.[414] Ini sesuai dengan makna dari keadilan lingkungan yang menekankan hak atas lingkungan yang aman dan sehat bagi semua orang. [415]

Penulis sependapat dengan Badru Tamam yang menjelaskan bahwa

---

[411]Hamka, *Tafsir al-Azhar*..., juz. XI-XII, hal. 106-1-8.

[412]Teungku Muhammad Hasbi ash-Shiddieqy*, Tafsir al-Qur'anul Majid An-Nur*..., vol. 3, hal. 1935-1936

[413]Wahbah al-Zuhaili, *Tafsir al-Munir...,* vol. XI-XII, hal. 122-123.

[414] Llewellyn Leonard, "Bridging Social and Environmental Risks: the Potential for an Emerging Environmental Justice framework in South Africa", dalam *Journal of Contemporary African Studies*, 2018, Vol. 36, No. 1, hal. 23–38.

[415]Llewellyn Leonard, "Bridging Social and Environmental Risks..., hal. 25.

diperlukan gerakan kolektif yang luas dan berkelanjutan dari seluruh elemen masyarakat global, yang dapat dimulai dari peran dan fungsi masing-masing individu maupun kelompok. Setiap upaya ekologis yang dilakukan secara konsisten akan menghasilkan capaian yang proporsional dan berkeadilan. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa alam memiliki daya respons terhadap perlakuan manusia; pengelolaan yang bijak dan bertanggung jawab akan berbuah pada kebaikan, sedangkan eksploitasi yang destruktif akan melahirkan dampak sebaliknya.

Produk hukum baik yang bersumber dari ajaran agama, nilai budaya, maupun regulasi negara sebagaimana berkembang dalam konteks masyarakat Indonesia tidak semestinya berhenti pada tataran normatif. Ia perlu diinternalisasi dan diimplementasikan secara nyata guna menjaga stabilitas kehidupan sosial sekaligus keberlanjutan aksi praktis pelestarian lingkungan.

Penegakan hukum terhadap berbagai bentuk pelanggaran lingkungan juga merupakan bagian dari perjuangan etis-ekologis. Tanpa konsistensi dalam penegakan hukum, keadilan lingkungan sulit terwujud dan justru akan menyisakan konsekuensi negatif yang nyata dalam kehidupan sosial dan ekologis.[416]

[416] Badru Tamam, *Ekoteologi dalam Tafsir Kkontemporer*..., hal. 74.

BAB V
MODEL SINKRONISASI PENGELOLAAN PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DAN PUSAT LISTRIK TENAGA SURYA MENUJU NET ZERO EMISSION 2060 DALAM PERSPEKTIF AL-QUR'AN

A. Landasan Teoretis dan Normatif Model Sinkronisasi Energi PLN–PLTS

Bab V merupakan bagian inti dalam disertasi ini yang berfungsi sebagai tahap perumusan model sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Berbeda dengan bab-bab sebelumnya yang berfokus pada pembahasan konseptual, teoritis, normatif, dan empiris, Bab V menandai pergeseran metodologis menuju tahap konstruktif dan operasional, yaitu pembentukan model pengelolaan energi yang aplikatif, terukur, dan implementatif dalam sistem energi nasional.[1]

Model yang dirumuskan dalam penelitian ini dibangun berdasarkan tiga landasan utama, yaitu:

1. Landasan teoretis sebagaimana dibahas pada Bab II,
2. Temuan empiris pengelolaan energi nasional pada Bab III, dan
3. Prinsip-prinsip normatif Al-Qur'an pada Bab IV.

Ketiga landasan tersebut diintegrasikan ke dalam suatu kerangka analitis yang menjelaskan hubungan antara teori, realitas empiris, dan nilai-nilai normatif dalam pengelolaan energi. Dengan demikian, model

[1]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed., Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018, hal. 3–25; John W. Creswell, *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, 4th ed..., hal. 51–76.

sinkronisasi yang dihasilkan tidak hanya berorientasi pada aspek teknis sistem energi, tetapi juga mencakup dimensi kelembagaan, ekonomi, sosial, lingkungan, dan etik secara terpadu.[2]

Dalam perspektif teoretis, penelitian ini menggunakan pendekatan *Co-Creation* sebagai teori utama yang menempatkan pengelolaan energi sebagai proses kolaboratif multiaktor dalam menciptakan nilai bersama (*value co-creation*). Pendekatan tersebut diperkuat oleh teori *Governing the Commons* dan *Polycentric Governance* yang menekankan pentingnya distribusi peran, koordinasi antaraktor, dan pengelolaan sumber daya secara kolektif dalam sistem yang kompleks.[3] Melalui pendekatan tersebut, pengembangan PLTS tidak dipahami sebagai sistem yang berdiri sendiri, tetapi sebagai bagian dari ekosistem energi nasional yang memerlukan keterhubungan antara pemerintah, PLN, sektor swasta, komunitas, dan masyarakat.

Sementara itu, dari perspektif normatif, penelitian ini menempatkan prinsip-prinsip Qur'ani seperti keadilan (*al-'adl*), amanah, keseimbangan (*mīzān*), musyawarah, dan keberlanjutan sebagai landasan etik dalam pengelolaan energi nasional. Nilai-nilai tersebut tidak hanya berfungsi sebagai norma moral, tetapi juga sebagai kerangka pengendali dalam proses pengambilan keputusan, distribusi energi, pengelolaan sumber daya, dan pengembangan kebijakan energi berkelanjutan. Dengan demikian, model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini tidak hanya diarahkan pada efisiensi sistem energi, tetapi juga pada keadilan distribusi, tanggung jawab sosial, dan keberlanjutan lingkungan.

Berdasarkan landasan teoretis, empiris, dan normatif tersebut, penelitian ini selanjutnya merumuskan kerangka konseptual sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS sebagai dasar pembentukan model operasional menuju *Net Zero Emission* 2060. Oleh karena itu, Bab V tidak hanya berfungsi sebagai ruang pembahasan model, tetapi juga sebagai tahap transformasi konsep dan nilai menjadi sistem pengelolaan energi yang

---

[2]C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*, Boston: Harvard Business School Press, 2004, hal. 3–21; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* ,Cambridge: Cambridge University Press, 1990, hal. 88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis* ,Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999, hal. 1–18; Arthur P. J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate," dalam *The Ecological Modernisation Reader: Environmental Reform in Theory and Practice*, ed. Arthur P. J. Mol, David A. Sonnenfeld, dan Gert Spaargaren, London: Routledge, 2009, hal. 17–49.

[3]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014, hal.25–31; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

implementatif, terukur, dan relevan dengan kebutuhan transisi energi nasional.

B. Analisis Kesenjangan dan Tantangan Sinkronisasi Pengelolaan Energi PLN–PLTS (Perubahan)

Subbab ini bertujuan mengidentifikasi kesenjangan (*gap*) antara kondisi empiris pengelolaan energi PLN–PLTS saat ini dengan kondisi ideal yang diharapkan dalam transisi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Analisis ini menjadi dasar dalam perumusan model sinkronisasi pengelolaan energi, karena menunjukkan ruang intervensi yang perlu dijawab melalui pendekatan sistemik, integratif, dan multidimensional.[4]

Kesenjangan pengelolaan energi PLN–PLTS tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup dimensi kelembagaan, pembiayaan, SDM, distribusi energi, lingkungan, dan tata kelola. Oleh karena itu, analisis dalam subbab ini dilakukan dengan membandingkan kondisi aktual sistem energi nasional pada Bab III dengan kerangka teoritis dan normatif yang telah dibahas pada Bab II dan Bab IV.

1. Kesenjangan Sistem Energi

   Sistem kelistrikan nasional masih didominasi pembangkit berbasis *baseload* yang bersifat rigid sehingga belum sepenuhnya mampu mengakomodasi karakteristik PLTS yang intermiten. Kondisi ini menyebabkan tingginya tingkat *curtailment*, rendahnya *hosting capacity*, dan meningkatnya risiko ketidakstabilan sistem. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem energi nasional masih berada pada paradigma konvensional, sementara integrasi PLTS membutuhkan sistem yang lebih fleksibel, adaptif, dan berbasis digital.[5]

2. Kesenjangan Kelembagaan dan Governance

   Dari sisi kelembagaan, pengelolaan energi masih didominasi struktur yang bersifat sentralistik dengan peran dominan PLN, sedangkan keterlibatan sektor swasta dan masyarakat belum optimal. Kondisi ini menyebabkan rendahnya koordinasi dan kolaborasi antaraktor dalam pengembangan energi terbarukan. Situasi tersebut belum sepenuhnya

---

[4]William N. Dunn, *Public Policy Analysis: An Integrated Approach*, 6th ed. ,New York: Routledge, 2018, hal. 155–183; John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed., ..., hal.3–25; Peter Checkland, *Systems Thinking, Systems Practice*, Chichester: John Wiley & Sons, 1981, hal. 162–187.

[5]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems* ,Berlin: Springer, 2017, hal. 3–15.

sejalan dengan pendekatan *polycentric governance* yang menekankan distribusi kewenangan dan pengelolaan kolaboratif dalam sistem energy.[6]

3. Kesenjangan Investasi dan Pembiayaan

   Keterbatasan kapasitas pendanaan PLN menjadi salah satu hambatan utama dalam percepatan pengembangan PLTS. Di sisi lain, skema pembiayaan energi masih menghadapi berbagai kendala seperti rendahnya *bankability*, ketidakpastian regulasi, dan tingginya risiko investasi. Kondisi ini menunjukkan perlunya transformasi pembiayaan energi menuju model yang lebih terbuka, kolaboratif, dan berbasis *co-creation.*[7]

4. Kesenjangan SDM, Teknologi, dan Integritas

   Kapasitas SDM dan penguasaan teknologi energi masih belum merata, terutama dalam mendukung integrasi *smart grid*, digitalisasi sistem energi, dan teknologi energi terbarukan. Selain itu, aspek integritas dalam pengelolaan proyek energi juga masih menjadi tantangan, khususnya terkait transparansi dan akuntabilitas. Hal ini menunjukkan bahwa transformasi energi tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kualitas SDM dan tata kelola yang berintegritas.[8]

5. Kesenjangan Keadilan Distribusi Energi

   Distribusi energi di Indonesia masih menunjukkan ketimpangan, terutama antara wilayah perkotaan dan daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T). Akses terhadap energi yang merata dan terjangkau masih menjadi tantangan dalam sistem energi nasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan energi belum sepenuhnya mencerminkan prinsip keadilan distribusi dan keberlanjutan social.

6. Kesenjangan Dekarbonisasi dan Keberlanjutan

   Meskipun terdapat komitmen nasional menuju NZE 2060, implementasi dekarbonisasi masih menghadapi berbagai kendala, seperti ketergantungan terhadap energi fosil, keterbatasan teknologi, dan belum optimalnya integrasi energi terbarukan dalam sistem nasional. Situasi ini menunjukkan adanya jarak antara target kebijakan dan realitas implementasi di lapangan.[9]

---

[6]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change," dalam *Global Environmental Change* 20, no. 4 (2010): hal. 550–557.

[7]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.78–85.

[8]David J. Teece, Gary Pisano, dan Amy Shuen, "Dynamic Capabilities and Strategic Management," *Strategic Management Journal* vol.18, no. 7, hal. 509–533.

[9]Kementerian ESDM RI, *Roadmap Net Zero Emission Indonesia 2060*, Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2023, hal.45–52.

7. Kesenjangan Etika dan Tata Kelola

   Dari perspektif normatif, pengelolaan energi masih menghadapi tantangan dalam penerapan prinsip etika seperti keadilan, amanah, transparansi, dan akuntabilitas. Praktik pengelolaan yang kurang transparan serta lemahnya integritas kelembagaan menjadi hambatan dalam mewujudkan sistem energi yang berkeadilan dan berkelanjutan. Dengan demikian, dimensi etik tidak dapat dipisahkan dari sistem pengelolaan energi, tetapi harus menjadi bagian integral dalam setiap proses pengambilan keputusan.

Selain kesenjangan tersebut, sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS juga menghadapi tantangan struktural berupa keterbatasan teknologi dan digitalisasi sistem, lambatnya reformasi regulasi, tingginya risiko investasi, serta lemahnya integrasi antar sektor energi. Tantangan tersebut menunjukkan bahwa sinkronisasi energi tidak hanya menghadapi hambatan teknis, tetapi juga hambatan sistemik yang memerlukan pendekatan komprehensif dan kolaboratif.

Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan energi PLN–PLTS tidak dapat diselesaikan melalui pendekatan parsial, melainkan membutuhkan model sinkronisasi yang bersifat sistemik, integratif, dan multidimensional. Kesenjangan antara kondisi aktual dan kondisi ideal inilah yang menjadi dasar dalam pembentukan kerangka konseptual dan model operasional sinkronisasi pengelolaan energi pada subbab berikutnya.

C. Kerangka Konseptual Model Sinkronisasi Pengelolaan Energi PLN–PLTS

1. Pengantar Kerangka Konseptual

   Kerangka konseptual dalam penelitian ini disusun sebagai tahap transisi metodologis menuju pembentukan model operasional sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS. Kerangka ini berfungsi sebagai struktur analitis yang mengintegrasikan teori, temuan empiris, dan nilai-nilai Qur'ani ke dalam suatu sistem pengelolaan energi yang operasional dan berkelanjutan.[10]

   Dengan demikian, kerangka konseptual ini tidak hanya menjelaskan komponen sistem energi, tetapi juga hubungan antar komponen dalam proses sinkronisasi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060.

---

[10]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed...., hal.44–52; Joseph A. Maxwell, *Qualitative Research Design: An Interactive Approach*, 3rd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2013, hal. 39–52.

2. Sistem Multiaktor dan Relasi Energi

Dalam perspektif sistem, pengelolaan energi merupakan sistem kompleks yang melibatkan banyak aktor (*multi-actor system*) sehingga tidak dapat dikelola secara sentralistik oleh satu institusi. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *polycentric governance* yang menekankan distribusi peran dan koordinasi antaraktor dalam sistem yang saling bergantung[11]

Kerangka konseptual model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini melibatkan lima aktor utama, yaitu pemerintah sebagai regulator, PLN sebagai operator sistem, sektor swasta sebagai penyedia investasi dan teknologi, masyarakat sebagai pengguna sekaligus *prosumer*, serta PLTS sebagai sumber energi terbarukan. Interaksi antaraktor tersebut membentuk sistem energi yang dinamis, di mana keberhasilan transisi energi sangat ditentukan oleh koordinasi, kolaborasi, dan keterpaduan antar komponen sistem.[12]

Relasi antaraktor tersebut membentuk sistem kolaboratif berbasis *co-creation*, di mana penciptaan nilai dalam sistem energi tidak dihasilkan oleh satu aktor saja, tetapi melalui interaksi seluruh komponen sistem. Pemerintah berfungsi sebagai pembuat kebijakan, PLN menjaga stabilitas jaringan dan sistem kelistrikan nasional, sektor swasta mendukung investasi dan pengembangan teknologi, PLTS menyediakan energi terbarukan, sedangkan masyarakat berperan dalam konsumsi sekaligus produksi energi.[13]

3. Dimensi Sinkronisasi dan Pembentukan Submodel

Berdasarkan landasan teoritis, normatif, dan empiris, sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS dalam penelitian ini dikonstruksikan ke dalam tujuh dimensi utama, yaitu:[14]

a. Sinkronisasi sistem energi melalui integrasi PLTS ke jaringan PLN guna meningkatkan fleksibilitas sistem, mengurangi *curtailment*, dan menjaga stabilitas grid.
b. Sinkronisasi kelembagaan dan *governance* melalui tata kelola kolaboratif antaraktor dalam sistem energi.

---

[11]Elinor Ostrom, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change" ..., vol. 20, no. 4, hal. 550–557.

[12]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31

[13]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

[14]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed...., hal.44–52; William N. Dunn, *Public Policy Analysis: An Integrated Approach*, 6th ed..., hal.155–183.

c. Sinkronisasi investasi dan pembiayaan melalui penguatan pembiayaan kolaboratif untuk mendukung pengembangan energi terbarukan.
d. Sinkronisasi SDM, teknologi, dan integritas melalui penguatan kapasitas SDM, pengembangan teknologi, dan tata kelola yang berintegritas.
e. Sinkronisasi keadilan distribusi energi melalui pemerataan akses energi yang adil dan berkelanjutan.
f. Sinkronisasi dekarbonisasi dan keberlanjutan energi melalui pengurangan emisi karbon dan pengembangan energi bersih menuju NZE 2060.
g. Sinkronisasi etika dan tata kelola energi melalui penerapan nilai-nilai Qur'ani seperti keadilan (*al-'adl*), amanah, dan keseimbangan (*mīzān*) sebagai pengendali sistem energi.

Ketujuh dimensi tersebut membentuk sistem yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan dalam proses sinkronisasi pengelolaan energi nasional. Dimensi-dimensi tersebut selanjutnya diterjemahkan ke dalam submodel operasional pada Subbab V.D yang mencakup sistem energi, kelembagaan dan *governance*, investasi dan pembiayaan, SDM dan teknologi, keadilan distribusi energi, dekarbonisasi dan keberlanjutan, serta etika dan tata kelola energi.

4. Penegasan dan Transisi ke Model Operasional

Kerangka konseptual ini menunjukkan bahwa sinkronisasi pengelolaan energi PLN–PLTS tidak dapat dilakukan melalui pendekatan parsial yang hanya berfokus pada aspek teknis pembangkitan listrik semata. Pengembangan PLTS dalam sistem energi nasional berkaitan secara langsung dengan kesiapan infrastruktur jaringan, tata kelola kelembagaan, regulasi investasi, kapasitas SDM, distribusi energi, keberlanjutan lingkungan, serta pengendalian etik dalam pengelolaan sumber daya energi. Oleh karena itu, setiap dimensi dalam sistem energi memiliki hubungan yang saling mempengaruhi dan membentuk satu kesatuan sistem yang terintegrasi.

Dalam konteks tersebut, kerangka konseptual ini berfungsi sebagai dasar analitis dalam membangun model sinkronisasi pengelolaan energi yang tidak hanya menempatkan PLN sebagai operator sistem tenaga listrik nasional, tetapi juga mengintegrasikan peran pemerintah, sektor swasta, masyarakat, dan pengembangan PLTS dalam satu ekosistem energi kolaboratif berbasis *co-creation*. Dengan pendekatan tersebut, transformasi energi menuju NZE 2060 tidak hanya dipahami sebagai

proses penambahan kapasitas energi terbarukan, tetapi sebagai transformasi sistem energi nasional secara menyeluruh.[15]

Kerangka konseptual ini juga menegaskan bahwa keberhasilan sinkronisasi energi sangat dipengaruhi oleh kemampuan integrasi antar dimensi sistem, mulai dari integrasi teknologi dan jaringan, harmonisasi kebijakan, penguatan pembiayaan, pengembangan SDM, hingga penerapan prinsip keadilan dan keberlanjutan lingkungan dalam pengelolaan energi nasional. Dengan demikian, seluruh dimensi dalam kerangka ini selanjutnya diterjemahkan ke dalam submodel operasional pada Subbab V.D sebagai dasar implementasi sistem energi yang aplikatif, terukur, dan berkelanjutan menuju *Net Zero Emission* 2060.[16]

D. Enam Model dan Satu Layer Etik dalam Sinkronisasi Energi

Bab V.D merupakan inti konstruktif disertasi yang mentransformasikan nilai-nilai Al-Qur'an ke dalam model sistemik-operasional pengelolaan energi nasional. Berbeda dengan Bab IV yang bersifat normatif, pada bagian ini ayat dipilih secara kontekstual sebagai dasar operasional untuk menjawab problem empiris (Bab III), sehingga menghindari redundansi antar bab.

Pendekatan yang digunakan adalah tafsir ilmi maudhū'i muqayyad,[17] yaitu mengaitkan ayat dengan konteks masalah, lalu menurunkannya menjadi prinsip sistem, desain kebijakan, dan indikator kinerja (KPI) yang terukur. Struktur Bab ini terdiri atas enam submodel utama dan satu layer etik yang mencerminkan dimensi sistem energi: sistem teknis, kelembagaan, pembiayaan, SDM, distribusi, lingkungan, serta kontrol etik. Setiap submodel berbasis ayat yang berfungsi sebagai instrumen analisis sistem (bukan sekadar legitimasi normatif).

Dengan demikian, model sinkronisasi PLN–PLTS pada Bab ini bersifat operasional berbasis KPI,[18] yang selanjutnya dievaluasi pada Bab

---

[15]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.78–85.

[16]C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*..., hal. 3–21; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal.88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*,.., hal.1–18; David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management*..., hal.87–113; Arthur P. J. Mol and Gert Spaargaren, "Ecological Modernisation Theory in Debate"..., *: Environmental Reform in Theory and Practice*, ed. Arthur P. J. Mol, David A. Sonnenfeld, dan Gert Spaargaren..., hal.17–49

[17]Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, *Tafsir Ilmi: Energi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains* ,Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia, 2015, hal.40–55..

[18]Ramaswamy & Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–30

V.E dan diarahkan dalam roadmap implementasi pada Bab V.G menuju Net Zero Emissions 2060.

1. Sinkronisasi Sistem Energi

Subbab ini membahas fondasi teknis sistem energi (*engineering system layer*) yang mencakup keteraturan, transformasi, keandalan, dan perencanaan jangka panjang. QS Yāsīn (36):40 menunjukkan sistem yang berjalan sesuai fungsi dan koordinasi yang harmonis, yang menjadi dasar integrasi PLN–PLTS dalam sistem jaringan listrik dan akan dioperasionalkan pada submodel sinkronisasi sistem (V.D.1.a). QS Ar-Ra'd/13:11 menegaskan bahwa perubahan sistem harus dimulai dari internal, yang relevan dengan digitalisasi dan reformasi jaringan PLN sebagai bagian dari penguatan integrasi sistem (V.D.1.a). QS Fāṭir/35: 41 mencerminkan stabilitas dan keberlanjutan sistem melalui mekanisme penjagaan berkelanjutan, yang menjadi dasar keandalan jaringan dan penguatan sistem kontrol (V.D.1.b). Sementara QS Al-Ḥasyr (59):24 menunjukkan pentingnya perencanaan sistemik jangka panjang dalam pengelolaan energi, yang dioperasionalkan dalam perencanaan RUPTL berbasis NZE (V.D.1.c).

Secara operasional, prinsip ini diterjemahkan dalam KPI seperti penurunan *curtailment* (<5%), peningkatan *hosting capacity*, penurunan SAIDI/SAIFI, peningkatan digitalisasi grid, serta konsistensi perencanaan energi dalam RUPTL berbasis NZE 2060.

a. Sinkronisasi Sistem PLN–PLTS QS Yāsīn/36: 40; QS Ar-Ra'd/13: 11

Submodel ini dibangun atas QS Yāsīn/36: 40 dan QS Ar-Ra'd/13: 11 yang menegaskan dua prinsip utama, yaitu keteraturan sistem dan transformasi internal. QS Yāsīn menunjukkan bahwa sistem berjalan harmonis melalui diferensiasi fungsi dan koordinasi tanpa konflik, sedangkan QS Ar-Ra'd menegaskan bahwa perubahan hanya terjadi melalui perubahan internal.

Pada subbab ini, fokus analisis terletak pada integrasi dan keteraturan sistem energi secara struktural, yaitu bagaimana subsistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi dapat beroperasi secara sinkron dalam satu kesatuan sistem.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi krusial karena sistem PLN–PLTS merupakan sistem kompleks yang menuntut integrasi teknis dan adaptasi kelembagaan. Namun, temuan Bab III menunjukkan masih lemahnya integrasi PLTS ke dalam sistem PLN,

tingginya curtailment, keterbatasan kapasitas jaringan, serta rigiditas sistem yang belum adaptif terhadap energi terbarukan.[19]

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara desain sistem yang ideal dan implementasi di lapangan, sehingga diperlukan model sinkronisasi yang mengintegrasikan keteraturan sistem dan transformasi internal. Dalam hal ini, QS Yāsīn/36: 40 memberikan dasar integrasi sistem, sedangkan QS Ar-Ra'd/13: 11 memberikan dasar reformasi kelembagaan.

Firman Allah swt dalam Al-Qur'an:

QS Yāsīn/36: 40

لَا ٱلشَّمْسُ يَنبَغِى لَهَآ أَن تُدْرِكَ ٱلْقَمَرَ وَلَا ٱلَّيْلُ سَابِقُ ٱلنَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِى فَلَكٍ يَسْبَحُونَ

Matahari tidak mungkin mengejar bulan dan malam tidak mendahului siang. Masing-masing beredar pada orbitnya. (QS Yāsīn/36: 40)

إِنَّ ٱللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا۟ مَا بِأَنفُسِهِمْ

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sampai mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (QS Ar-Ra'd/13: 11)

Dalam anlisa Tafsir QS Yāsīn/36: 40, Para mufasir klasik seperti al-Ṭabarī menjelaskan bahwa matahari dan bulan tidak saling melampaui karena masing-masing memiliki fungsi yang telah ditentukan dalam sistem kosmik.[20] Hal ini menunjukkan bahwa keteraturan sistem bergantung pada kepatuhan setiap elemen terhadap perannya. Sedangkan Al-Qurṭubī menegaskan bahwa setiap unsur memiliki batas (*ḥadd*) dan wilayah kekuasaan (*sulṭān*) yang tidak boleh dilanggar,[21] sehingga keseimbangan sistem terjaga melalui pembagian fungsi yang jelas dan Al-Hararī menambahkan bahwa keteraturan tersebut bersifat presisi dan terukur melalui sistem orbit yang dapat dianalisis secara ilmiah,[22] sehingga sistem kosmik tidak hanya harmonis tetapi juga rasional dan terprediksi. Begitu

[19]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2025–2060* ,Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2025,,Bab II, hal.. II-24–II-25 (strategi fleksibilitas sistem, *Battery Energy Storage System* (BESS), *Smart Grid*, dan integrasi *Variable Renewable Energy* (VRE)); hal. II-42 (pengembangan sistem distribusi, peningkatan kapasitas jaringan, *Smart Grid*, SAIDI/SAIFI, dan integrasi energi terbarukan); serta hal.. II-58 (kuota PLTS Atap berdasarkan kemampuan sistem menerima penetrasi VRE dan evaluasi kapasitas sistem).

[20]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 20, hal. 518–521.

[21]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 15, hal. 32–33.

[22]Muhammad al-Amīn bin 'Abdullāh al-Aramī al-Hararī al-Syāfi'ī, *Tafsīr Ḥadā'iq al-Rūḥ wa al-Rayḥān...*, vol. 24, hal. 29

juga Quraish Shihab menekankan bahwa ayat ini menunjukkan keserasian sistem alam yang berjalan secara harmonis tanpa konflik antar elemen,[23] sedangkan Hamka memberikan penegasan empiris bahwa matahari, bulan, dan seluruh benda langit bergerak pada garis edarnya masing-masing secara teratur dan tidak saling bertabrakan, bahkan dapat dihitung secara presisi hingga masa yang sangat panjang.[24] Dengan demikian, QS Yāsīn/36: 40 menunjukkan prinsip keteraturan sistem yang meliputi diferensiasi fungsi, batas operasional, serta integrasi yang harmonis dalam suatu sistem

Para mufasir dalam tafsir ayat QS Ar-Ra'd/13: 11, Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa perubahan kondisi suatu kaum bergantung pada perubahan yang mereka lakukan sendiri.[25] Hal ini menunjukkan bahwa perubahan eksternal tidak terjadi tanpa perubahan internal. Sedangkan Al-Qurṭubī menegaskan bahwa perubahan dapat terjadi melalui tindakan individu maupun kolektif dalam suatu sistem sosial,[26] sehingga perubahan bersifat struktural dan Ibn 'Āsyūr menekankan bahwa ayat ini berkaitan dengan perubahan sosial (*qaum*), yaitu perubahan nilai dan pola pikir masyarakat,[27] Sedangkan dalam tafsir Quraish Shihab menambahkan bahwa perubahan mencakup nilai, kehendak, dan kemampuan sebagai unsur utama transformasi[28] dan tafsir Hamka menegaskan bahwa manusia wajib berikhtiar secara aktif dalam mengubah keadaan, dan perubahan tidak akan terjadi tanpa usaha nyata dari manusia itu sendiri.[29] Dengan demikian, QS Ar-Ra'd/13: 11 menunjukkan prinsip transformasi internal, perubahan kolektif, dan reformasi sistemik sebagai dasar perubahan sistem energi.

Berdasarkan analisa kedua ayat tersebut, dapat disimpulkan bahwa Al-Qur'an membangun sistem yang tidak hanya stabil secara struktural, tetapi juga adaptif terhadap perubahan. QS Yāsīn/36: 40 menekankan keteraturan dan integrasi sistem, sedangkan QS Ar-Ra'd/13: 11 menekankan transformasi internal sebagai prasyarat perubahan.

Dengan demikian, sinkronisasi sistem energi dalam perspektif Al-Qur'an merupakan integrasi antara stabilitas sistem dan kemampuan adaptasi. Fokus ini berada pada level arsitektur sistem (system architecture), bukan pada aspek pemerataan hasil distribusi energi, sehingga

---

[23]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 11, hal. 452–544.

[24]Hamka, *Tafsir Al-Azhar...*, vol. 5, hal. 601.

[25]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 16, hal. 379–385.

[26]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān..*, vol. 9, hal. 291–295.

[27]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 13, hal. 100–102.

[28]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 6, hal. 565–572.

[29]Hamka, *Tafsir Al-Azhar...*, vol. 5, hal. 3741–3742.

menitikberatkan pada bagaimana sistem bekerja secara optimal sebelum energi didistribusikan kepada masyarakat.

Dalam konteks pengelolaan PLN–PLTS, prinsip tersebut menunjukkan bahwa sistem energi harus dibangun secara terintegrasi antara pembangkit, transmisi, dan distribusi. Kegagalan integrasi akan menyebabkan curtailment, ketidakseimbangan sistem, serta rendahnya efisiensi energi

Prinsip sinkronisasi ini sejalan dengan teori Co-Creation yang menekankan kolaborasi multi-aktor dalam sistem energi.[30] Selain itu, konsep smart grid menunjukkan pentingnya integrasi berbasis data, sedangkan teori Dynamic Capabilities menekankan kemampuan adaptasi sistem terhadap perubahan.[31]

Berdasarkan QS Yāsīn/36: 40 dan QS Ar-Ra‘d/13: 11, dirumuskan:

Model Sinkronisasi Sistem Energi Berbasis Integrasi dan Transformasi. Hal ini menjawab Temuan Bab III yang menunjukkan bahwa integrasi PLN–PLTS masih lemah dan sistem PLN belum adaptif terhadap energi terbarukan menggunakan ayat tersebut.[32] Dengan demikian, dirumuskan Model Sinkronisasi Sistem Energi Berbasis Integrasi Sistem dan Transformasi Internal, yang menekankan keselarasan fungsi antar komponen sistem energi serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan

Dalam implementasi kebijakan Model ini diterapkan melalui smart grid, digitalisasi PLN, integrasi PLTS dengan storage, serta reformasi kebijakan dan tata kelola energi.[33]

---

[30]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford, 2014.

[31]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., hal. 3–15, hal. 25–32; David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., hal. 87–113.

[32]Kementerian Sekretariat Negara RI, Keputusan Menteri ESDSM No.188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentng Pengesahan RUPTL PT PLN (2025-2034), Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2025)..., Bab II, hlal. II-24–II-25 mengenai fleksibilitas sistem, *Battery Energy Storage System* (BESS), dan integrasi *Variable Renewable Energy* (VRE); hlal. II-42 mengenai pengembangan *Smart Grid* dan peningkatan kapasitas jaringan distribusi; serta hal.. II-58 mengenai kapasitas sistem (*hosting capacity*) dalam menerima penetrasi PLTS Atap

[33]Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., hal.3–32; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*..., hal. 1–18; Kementerian Sekretariat Negara RI, Keputusan Menteri ESDSM No.188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentng Pengesahan RUPTL PT PLN (2025-2034)..., Bab II, hal. II-24–II-25 (Smart Grid, Battery Energy Storage System, dan fleksibilitas sistem), hlm. II-42 (digitalisasi jaringan distribusi), serta Bab VII .

Model ini selanjutnya dioperasionalkan dalam bentuk indikator kinerja (KPI) untuk memastikan implementasi yang terukur dan berkelanjutan. Keberhasilan model ini diukur melalui Indikator Keberhasilan (KPI & KSI antara lain penurunan curtailment (<5%), peningkatan digitalisasi grid, peningkatan hosting capacity, serta peningkatan fleksibilitas sistem.[34]

Dengan demikian QS Yāsīn/36: 40 dan QS Ar-Ra'd/13: 11 menegaskan bahwa sinkronisasi sistem energi harus dibangun atas keteraturan sistem dan transformasi internal. Dengan demikian, sistem PLN–PLTS yang berkelanjutan harus mampu mengintegrasikan teknologi, kelembagaan, dan nilai dalam satu sistem yang harmonis dan adaptif menuju *Net Zero Emission* 2060. Dengan demikian, submodel ini menempatkan sinkronisasi sebagai fondasi utama dalam memastikan sistem energi nasional berjalan secara stabil, terintegrasi, dan adaptif.

b. Keandalan Sistem Kelistrikan (*Grid Reliability*) QS Fāṭir/35: 41

Submodel ini dibangun atas QS Fāṭir/35: 41 yang menegaskan prinsip fundamental dalam sistem, yaitu stabilitas dan keberlanjutan *(continuity).* Ayat ini menunjukkan bahwa keberlangsungan suatu sistem bergantung pada adanya mekanisme penjagaan (*holding system*) yang mencegah keruntuhan atau disrupsi.

Jika pada subbab sebelumnya (V.D.1.a) dibahas integrasi dan keteraturan struktur sistem, maka subbab ini menitikberatkan pada aspek keandalan operasional (operational reliability), yaitu kemampuan sistem dalam mempertahankan stabilitas secara berkelanjutan

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi sangat krusial karena sistem kelistrikan PLN menghadapi risiko blackout, intermittency PLTS, dan ketidakstabilan jaringan. Hal ini sejalan dengan temuan Bab III yang menunjukkan masih adanya keterbatasan fleksibilitas grid dan ketergantungan pada sistem rigid.[35]

Dengan demikian, diperlukan model keandalan sistem yang mampu menjaga stabilitas jaringan secara berkelanjutan. Fokus analisis berada pada

---

[34]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*.., hal. 2–24; Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*,hal. 3–32; Kementerian Sekretariat Negara RI, Keputusan Menteri ESDSM No.188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentng Pengesahan RUPTL PT PLN (2025-2034)..., Bab II, hal.. II-24–25, II-42, dan hal.II-58.

[35]Kementerian Sekretariat Negara RI, Keputusan Menteri ESDSM No.188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentng Pengesahan RUPTL PT PLN (2025-2034), Jakarta, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral..., Bab II, hal. II-24–II-25 mengenai fleksibilitas sistem, *Battery Energy Storage System* (BESS), dan integrasi *Variable Renewable Energy* (VRE); hal. II-42 mengenai pengembangan *Smart Grid*; serta hal.. II-58 mengenai kemampuan sistem (*hosting capacity*) dalam menerima penetrasi PLTS Atap.

level kontrol sistem (system control layer), yaitu mekanisme yang memastikan sistem tetap stabil dalam kondisi dinamis dan fluktuatif.
Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Fāṭir/35: 41:

إِنَّ اللَّهَ يُمْسِكُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ أَن تَزُولَا ۚ وَلَئِن زَالَتَا إِنْ أَمْسَكَهُمَا مِنْ أَحَدٍ مِّن بَعْدِهِ ۚ

*Sesungguhnya Allah menahan langit dan bumi agar tidak lenyap; dan jika keduanya lenyap, tidak ada seorang pun yang dapat menahannya selain Dia (*QS Fāṭir/35: 41.)

Analisa Tafsir para mufasir dari ayat tersebut diatas Tafsir klasik Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa Allah menjaga langit dan bumi agar tidak keluar dari tempatnya atau mengalami kehancuran. Jika sistem tersebut terganggu, tidak ada kekuatan lain yang mampu mengembalikannya selain Allah.[36] Ayat ini menunjukkan bahwa keberlangsungan sistem bergantung pada mekanisme penjagaan yang kontinu. Dalam sistem energi, hal ini analog dengan kebutuhan akan system control dan grid balancing.Sedangkan Qurṭubī menjelaskan bahwa keberadaan dan keberlanjutan alam semesta sepenuhnya bergantung pada Allah sebagai pencipta dan pemelihara. Tidak ada sistem yang dapat bertahan tanpa mekanisme penjagaan tersebut[37]. Makna ini menegaskan bahwa reliability bukan kondisi statis, tetapi hasil dari proses pemeliharaan berkelanjutan. Dan Ibn 'Āsyūr menjelaskan bahwa "menahan" (يُمْسِكُ) menggambarkan sistem yang dijaga agar tidak mengalami gangguan, termasuk melalui hukum alam seperti keseimbangan dan keteraturan sistem (analog dengan gravitasi).[38] Ini menunjukkan bahwa stabilitas sistem terjadi karena adanya hukum sistemik yang terjaga, bukan kebetulan. Dalam energi, ini sejalan dengan konsep grid stability dan system engineering. Dalam Tafsir nya Quraish Shihab menjelaskan bahwa ayat ini menegaskan Allah sebagai *al-Qayyūm*, yaitu pemelihara keberlanjutan alam semesta. Sistem alam berjalan stabil karena adanya pengaturan dan pemeliharaan terus-menerus.[39] Keandalan sistem merupakan hasil dari continuous control, bukan hanya desain awal. Dalam sistem listrik, ini berkaitan dengan real-time monitoring dan smart grid.

Berdasarkan analasi para mufasir tersebut, QS Fāṭir/35: 41 menegaskan bahwa sistem yang stabil memerlukan mekanisme penjagaan berkelanjutan (continuous sustaining system).

---

[36]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 20, hal. 481.

[37]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 14, hal. 356–357

[38]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 22, hal 327–329.

[39]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 11, hal. 487–490.

Dengan demikian, keandalan sistem energi tidak hanya bergantung pada desain awal, tetapi pada kemampuan sistem dalam menjaga stabilitas secara terus-menerus.

Dalam konteks tata Kelola Energi PLN–PLTS, ayat ini menunjukkan bahwa sistem kelistrikan harus memiliki:

1) Kemampuan menjaga keseimbangan beban
2) Sistem kontrol frekuensi dan tegangan
3) Mekanisme mitigasi gangguan

Tanpa mekanisme ini, sistem berisiko mengalami blackout dan instabilitas.

Prinsip ini sejalan dengan teori ilmiah Smart Grid Theory dimana sistem berbasis kontrol real-time, dalam Energy Transition integrasi energi variabel antara system Konvensional dan terbarukan dan Dynamic Capabilities harus memperhatikan kemampuan adaptasi sistem

Ketiganya menegaskan bahwa reliability adalah fungsi dari kontrol, adaptasi, dan integrasi sistem.[40]

Temuan Bab III menunjukkan adanya risiko *blackout*, intermittency PLTS, dan ketidakstabilan sistem akibat belum optimalnya pengendalian jaringan. QS Fāṭir (35): 41 menegaskan prinsip penjagaan kontinu, bahwa sistem hanya dapat bertahan jika memiliki mekanisme pengendalian yang berkelanjutan. Berdasarkan hal tersebut, dirumuskan Model Keandalan Sistem Energi Berbasis *Continuous Control* yang menekankan pengendalian real-time untuk menjaga stabilitas dan keandalan sistem. Model ini menempatkan keandalan sebagai fungsi dari pengendalian sistem secara kontinu, bukan sekadar hasil dari desain awal sistem.

Implementasi model ini dilakukan melalui penerapan *smart grid*, *energy storage system*, *demand response*, dan *grid automation*, sehingga sistem menjadi lebih adaptif terhadap fluktuasi energi terbarukan.

Untuk memastikan implementasi model berjalan secara terukur, keandalan sistem ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) .Keberhasilannya diukur melalui penurunan SAIDI (System Average Interruption Duration Index yaitu durasi pemadaman per tahun) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index frekuensi berapa kali terjadi pemadaman), serta meningkatnya stabilitas jaringan dan berkurangnya gangguan sistem

Dengan demikian QS Fāṭir/35: 41 menegaskan bahwa sistem yang berkelanjutan harus memiliki mekanisme penjagaan yang terus-menerus.[41]

---

[40]rzemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, *Smart Power Grids and Renewable Energy Systems*..., hal. 3–15, 25–32; Bent Sørensen, *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*, 5th ed. ,London: Academic Press, 2017, hal. 873–901; David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., hal.87–113..

Dalam konteks energi, hal ini berarti bahwa keandalan sistem PLN–PLTS bergantung pada kemampuan sistem dalam menjaga stabilitas secara real-time. Dengan demikian, keandalan sistem tidak hanya menjadi aspek teknis, tetapi merupakan prasyarat utama dalam menjaga keberlanjutan sistem energi nasional.

c. Desain Sistem Jangka Panjang Berbasis Hikmah (*Al-Ḥakīm*), QS Al-Ḥasyr/59: 24

Sub-bab ini membahas desain sistem jangka panjang dalam pengelolaan energi sebagai bagian dari model sinkronisasi PLN–PLTS menuju Net Zero Emissions 2060. Ayat QS Al-Ḥasyr/59: 24 dipilih karena mengandung konsep desain sistemik yang tidak bersifat acak, melainkan berbasis tahapan, presisi, dan tujuan yang jelas. Jika subbab sebelumnya menitikberatkan pada integrasi sistem (V.D.1.a) dan keandalan operasional (V.D.1.b), maka subbab ini berfokus pada desain sistem jangka panjang (long-term system design), yaitu bagaimana arah pengembangan sistem energi dirancang secara strategis dan berkelanjutan

Dalam konteks Bab III, ditemukan adanya kecenderungan kebijakan energi yang bersifat jangka pendek, seperti dominasi pembangkit rigid, keterlambatan investasi fleksibilitas, serta risiko *lock-in system* yang berpotensi menimbulkan *stranded asset*. Oleh karena itu, ayat ini dijadikan dasar untuk membangun model perencanaan strategis berbasis hikmah (*al-Ḥakīm*), yang menekankan orientasi jangka panjang dan keberlanjutan sistem.

Fokus analisis berada pada level perencanaan strategis (strategic planning layer), yaitu tahap penentuan arah, struktur, dan konfigurasi sistem energi dalam jangka panjang
Allah Swt berfirman:

هُوَ ٱللَّهُ ٱلۡخَٰلِقُ ٱلۡبَارِئُ ٱلۡمُصَوِّرُ لَهُ ٱلۡأَسۡمَآءُ ٱلۡحُسۡنَىٰ

Dialah Allah, Yang Menciptakan, Yang Mengadakan, Yang Membentuk rupa; milik-Nya nama-nama yang terbaik. (QS Al-Ḥasyr/59: 24)

Analisa tafsir menunjukkan bahwa ayat ini membangun konsep desain sistem yang bersifat bertahap, terstruktur, dan berorientasi tujuan. Dalam tafsir klasik awal, Al-Tabari menjelaskan bahwa Allah sebagai *al-Khāliq*, *al-*

---

[41]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action* ,Boston: Harvard Business School Press, 1996, hal.2–24; IEEE Power & Energy Society, *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, IEEE Std 1366-2022, New York: IEEE, 2022, hal.1–18; Kementerian Sekretariat Negara RI, Keputusan Menteri ESDSM No.188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentng Pengesahan RUPTL PT PLN (2025-2034)..., Bab II, hal. II-42, mengenai peningkatan keandalan jaringan, digitalisasi sistem, dan indikator SAIDI–SAIFI..

Bāriʾ, dan *al-Muṣawwir* menunjukkan tiga fungsi utama dalam penciptaan, yaitu menciptakan, mengadakan, dan membentuk sesuai kehendak-Nya. Ia menegaskan bahwa seluruh proses tersebut berada dalam pengaturan Ilahi yang mengarah pada kemaslahatan makhluk, yang ditutup dengan sifat *al-Ḥakīm*, yaitu kebijaksanaan dalam pengelolaan sistem.[42]

Pada periode klasik pertengahan, Al-Qurtubi menjelaskan bahwa *al-Khāliq* adalah penentu ukuran (*taqdīr*), *al-Bāriʾ* adalah pencipta dari ketiadaan, dan *al-Muṣawwir* adalah pemberi bentuk yang sesuai fungsi. Ia menekankan bahwa proses ini menunjukkan urutan desain yang sistematis: dari perencanaan, penciptaan, hingga pembentukan akhir. Tidak ada penciptaan yang sia-sia atau tidak proporsional, sehingga sistem yang dihasilkan bersifat presisi dan bebas dari cacat.[43]

Pendalaman lebih lanjut terlihat dalam tafsir Ibn Ashur yang menegaskan bahwa ketiga istilah tersebut menggambarkan tahapan desain yang saling melengkapi, bukan sinonim. Ia menjelaskan bahwa *al-Khāliq* berkaitan dengan pengukuran dan perencanaan, *al-Bāriʾ* dengan realisasi eksistensi, dan *al-Muṣawwir* dengan pembentukan struktur dan fungsi. Lebih jauh, ia menekankan bahwa sifat *al-Ḥakīm* menunjukkan bahwa seluruh proses tersebut dilakukan dengan tujuan yang jelas, keseimbangan sistem, dan keteraturan yang presisi. Bahkan keteraturan alam semesta itu sendiri merupakan bentuk "tasbih sistemik" yang menunjukkan kesempurnaan desain Ilahi.[44] Tahapan al-Khāliq, al-Bāriʾ, dan al-Muṣawwir dalam ayat ini menunjukkan bahwa suatu sistem tidak dibangun secara instan, tetapi melalui proses perencanaan, realisasi, dan penyempurnaan yang terstruktur, yang dalam konteks energi modern diterjemahkan sebagai siklus perencanaan–pembangunan–optimalisasi sistem energi

Dalam tafsir kontemporer, Quraish Shihab menjelaskan bahwa ketiga istilah tersebut dapat dipahami sebagai tahapan desain: perencanaan (*khalaqa*), pengadaan (*baraʾa*), dan pembentukan (*ṣawwara*). Ia memberikan ilustrasi melalui proses pembangunan: arsitek merancang, pelaksana membangun, dan penyempurna memperindah. Analisa ini menunjukkan bahwa sistem yang baik harus melalui proses desain yang lengkap, tidak parsial. Ia juga menegaskan bahwa sifat *al-Ḥakīm* berarti setiap keputusan

[42]Abū Jaʿfar Muḥammad ibn Jarīr ibn Yazīd ibn Kathīr ibn Ghālib al-Āmulī al-Ṭabarī, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 23, hal. 305.

[43]Abū Jaʿfar Muḥammad ibn Jarīr ibn Yazīd ibn Kathīr ibn Ghālib al-Āmulī al-Ṭabarī, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 23, hal. 305.

[44]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 28, hal. 152–160.

didasarkan pada pengetahuan yang tepat, tujuan yang jelas, dan implementasi yang presisi.[45]

Dalam kerangka tafsir ilmi maudhū'i muqayyad, ayat ini ditransformasikan menjadi model perencanaan energi jangka panjang. Konsep *al-Khāliq–al-Bāriʾ–al-Muṣawwir* diterjemahkan sebagai tahapan desain sistem energi: perencanaan strategis *(policy design),* pembangunan infrastruktur *(implementation),* dan optimasi sistem *(system configuration).* Sementara itu, konsep *al-Ḥakīm* menjadi prinsip utama bahwa seluruh perencanaan harus berbasis hikmah, yaitu mempertimbangkan keberlanjutan, efisiensi, dan keseimbangan sistem dalam jangka panjang. Dengan demikian, dirumuskan Model Desain Sistem Energi Jangka Panjang Berbasis Hikmah, yang menekankan perencanaan strategis, implementasi bertahap, dan optimalisasi sistem secara berkelanjutan.

Dalam perspektif teori ilmiah, model ini sejalan dengan teori Ecological Modernization yang menekankan pentingnya perencanaan jangka system dalam transisi energi menuju system yang lebih bersih dan efisien, serta teori Dynamic Capabilities yang menekankan kemampuan organisasi untuk merancang masa depan secara adaptif. Selain itu, dalam kerangka Energy Transition Planning, perencanaan energi harus mempertimbangkan horizon jangka system (20–30 tahun), termasuk aspek biaya system (LCOE), emisi karbon, ketahanan energi, dan keberlanjutan sistem.

Sebagai jawaban model terhadap problem empiris Bab III, desain sistem jangka panjang harus menghindari kebijakan yang bersifat reaktif dan jangka pendek, serta mencegah *lock-in system* akibat dominasi pembangkit konvensional. Integrasi PLTS harus dirancang sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi jangka panjang, bukan sebagai solusi tambahan yang bersifat marginal.

Untuk memastikan implementasi perencanaan strategis tersebut berjalan secara terukur, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut; Indikator keberhasilan model ini meliputi kesesuaian RUPTL dengan target NZE 2060, peningkatan investasi energi terbarukan, penurunan emisi karbon jangka panjang, peningkatan ketahanan energi nasional, serta stabilitas biaya sistem energi.

Dengan demikian, QS Al-Ḥasyr/59: 24 menegaskan bahwa desain sistem yang ideal adalah desain yang berbasis hikmah, presisi, dan tujuan jangka panjang. Ayat ini menjadi dasar model bahwa perencanaan energi nasional harus bersifat strategis, terstruktur, dan berkelanjutan, sehingga mampu mendukung sinkronisasi PLN–PLTS menuju Net Zero Emissions 2060. Dengan demikian, perencanaan jangka panjang menjadi fondasi utama

[45]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an...*, vol. 15, hal. 147–150.

dalam memastikan keberlanjutan dan arah transformasi sistem energi nasional.

2. Sinkronisasi Kelembagaan dan *Governance Energi*

Subbab ini membahas fondasi tata kelola (*governance layer*) dalam sistem energi yang mencakup legitimasi otoritas, kepemimpinan, akuntabilitas, dan partisipasi dalam pengelolaan PLN–PLTS. Fokusnya adalah membangun sistem kelembagaan yang adaptif, transparan, dan kolaboratif sebagai prasyarat sinkronisasi energi nasional. Berbeda dari pendekatan normatif, ayat-ayat Al-Qur'an difungsikan sebagai kerangka operasional untuk menjawab permasalahan empiris, seperti dominasi PLN, disharmoni kebijakan, lemahnya transparansi, dan rendahnya partisipasi publik.

Model governance ini berlandaskan prinsip legitimasi otoritas (QS Āli 'Imrān 3:26) yang dioperasionalkan pada submodel otoritas dan kebijakan (V.D.2.a), kepemimpinan adil (QS Ṣād 38:26) pada submodel kepemimpinan dan meritokrasi (V.D.2.b), amanah dan akuntabilitas (QS Al-Anfāl 8:27) pada submodel tata kelola dan pengawasan (V.D.2.c), serta musyawarah partisipatif (QS Asy-Syūrā 42:38) pada submodel partisipasi multi-aktor (V.D.2.d), yang secara terpadu membentuk tata kelola energi berbasis kolaborasi.

Secara operasional, prinsip tersebut diterjemahkan melalui reformasi governance, digitalisasi perizinan dan tender, keterbukaan informasi, serta peningkatan partisipasi pemangku kepentingan. Keberhasilan model diukur melalui indikator transparansi tender, percepatan perizinan, peningkatan partisipasi, penurunan konflik kepentingan, serta meningkatnya kepercayaan investor menuju *Net Zero Emission* 2060.

a. Otoritas dan Legitimasi Tata Kelola Energi

Submodel ini dibangun atas QS Āli 'Imrān/3: 26 yang menegaskan bahwa kekuasaan merupakan amanah yang bersifat dinamis dan tidak absolut. Ayat ini menjadi landasan penting dalam memahami bahwa setiap otoritas dalam sistem, termasuk governance energi, tidak berdiri secara mandiri, melainkan merupakan mandat yang dapat diberikan dan dicabut[46].

Berbeda dengan V.D.1 yang berfokus pada aspek teknis sistem energi, subbab ini menitikberatkan pada aspek kelembagaan dan tata kelola (governance layer), yaitu bagaimana sistem energi diatur, dikoordinasikan, dan dikendalikan oleh aktor-aktor yang terlibat.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi sangat relevan karena temuan Bab III menunjukkan adanya disharmoni kebijakan, dominasi peran PLN, serta keterbatasan partisipasi energi terbarukan seperti

[46]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, QS Āli 'Imrān/3: 26

PLTS.[47] Kondisi ini menunjukkan bahwa tata Kelola energi belum sepenuhnya mencerminkan keseimbangan otoritas yang adil dan adaptif.

Oleh karena itu, diperlukan model tata kelola yang tidak berbasis kekuasaan absolut, tetapi berbasis legitimasi, transparansi, dan akuntabilitas. Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Āli 'Imrān/3: 26:

قُلِ اللَّهُمَّ مَالِكَ الْمُلْكِ تُؤْتِي الْمُلْكَ مَن تَشَاءُ وَتَنزِعُ الْمُلْكَ مِمَّن تَشَاءُ وَتُعِزُّ مَن تَشَاءُ وَتُذِلُّ مَن تَشَاءُ ۖ بِيَدِكَ الْخَيْرُ ۖ إِنَّكَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ۳

Wahai Tuhan Pemilik kekuasaan, Engkau memberikan kekuasaan kepada siapa yang Engkau kehendaki dan mencabut kekuasaan dari siapa yang Engkau kehendaki, Engkau memuliakan siapa yang Engkau kehendaki, dan Engkau menghinakan siapa yang Engkau kehendaki.Di tangan Engkaulah segala kebajikan. Sungguh, Engkau Mahakuasa atas segala sesuatu [48]

Pendapat para Mufasir diantaranya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa seluruh kekuasaan hakikatnya milik Allah, sehingga tidak ada otoritas yang berdiri secara independen tanpa kehendak-Nya. Kekuasaan manusia bersifat relatif dan dapat dicabut kapan saja.[49] Sedangkan Al-Qurṭubī menambahkan bahwa pemberian dan pencabutan kekuasaan tidak terjadi secara acak, melainkan mengikuti prinsip keadilan dan tata kelola. Kekuasaan yang tidak dijalankan secara adil akan kehilangan legitimasi dan pada akhirnya akan dicabut[50] Rashīd Riḍā dalam Tafsir al-Manār menekankan bahwa kekuasaan berjalan sesuai sunnatullah sosial, yaitu hukum sistemik yang mengaitkan kekuasaan dengan kemampuan, keadilan, dan kekuatan institusi.[51] Sementara itu, Quraish Shihab menjelaskan bahwa kekuasaan manusia hanyalah titipan (amanah), sehingga tidak boleh dipahami sebagai hak mutlak, melainkan sebagai tanggung jawab yang harus dipertanggungjawabkan.[52] Dengan demikian, ayat ini menegaskan bahwa kekuasaan bersifat relatif, dinamis, dan bergantung pada legitimasi moral dan sistemik.

Berdasarkan tafsir tersebut, QS Āli 'Imrān/3: 26 menunjukkan bahwa sistem tata kelola yang sehat harus dibangun atas prinsip delegated authority (amanah), bukan absolute authority (monopoli).[53] Kekuasaan yang tidak disertai legitimasi dan keadilan akan kehilangan keberlanjutan, sehingga tata kelola harus selalu berada dalam mekanisme kontrol dan evaluasi.

---

[47]Temuan Bab III terkait disharmoni kebijakan dan dominasi PLN

[48]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, QS Āli 'Imrān/3: 26.

[49]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 6, hal. 395–401.

[50]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 4, hal. 51–56.

[51]Rashīd Riḍā, *Tafsīr al-Manār...*, vol. 3, hal. 222–225.

[52]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 2, hal. 52–57.

[53]Sintesis tafsir QS Āli 'Imrān/3: 26.

Dalam konteks ayat ini tata Kelola energi bahwa PLN–PLTS menunjukkan bahwa:

1) PLN bukan pemilik energi nasional, tetapi pengelola mandat negara
2) Otoritas harus dibagi secara proporsional
3) Sistem harus membuka ruang partisipasi

Tanpa keseimbangan tersebut, tata kelola energi berisiko menjadi tertutup, tidak adaptif, dan menghambat integrasi energi terbarukan.[54]

Prinsip ini sejalan dengan Integrasi Teori Ilmiah

1) *Co-Creation Theory* membutuhkan kolaborasi multi-aktor
2) Polycentric Governancemengatur distribusi otoritas
3) *Governing the Commons* (Ostrom) melakukan bagaimana pengelolaan kolektif

Ketiga teori ini menegaskan bahwa sistem yang kompleks tidak dapat dikelola secara tunggal, melainkan membutuhkan distribusi peran dan koordinasi yang seimbang.[55]

Temuan dalam Bab III menunjukkan adanya berbagai permasalahan struktural dalam tata kelola energi nasional, antara lain disharmoni kebijakan antar lembaga, dominasi peran PLN yang belum sepenuhnya membuka ruang kolaborasi, serta berbagai hambatan dalam pengembangan PLTS, baik dari sisi regulasi, teknis, maupun investasi. Kondisi ini mengindikasikan belum optimalnya sistem tata kelola energi yang inklusif, adaptif, dan berkeadilan.

Dalam perspektif Al-Qur'an, QS Āli 'Imrān/3: 26 menegaskan bahwa kekuasaan bukanlah sesuatu yang absolut dan permanen, melainkan berada dalam ketetapan Allah yang dapat diberikan dan dicabut sesuai kehendak-Nya. Prinsip ini mengandung makna bahwa setiap bentuk kekuasaan harus dijalankan secara terbuka, adil, dan tidak monopolistik, karena pada hakikatnya kekuasaan tersebut bersifat amanah dan dinamis.

Berdasarkan hal tersebut, dirumuskan Model Tata Kelola Energi Berbasis Amanah dan Legitimasi Dinamis, yaitu model yang menempatkan kekuasaan sebagai amanah yang dijalankan secara transparan, partisipatif, dan adaptif. Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui penguatan koordinasi kelembagaan, penyelarasan regulasi, serta peningkatan transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan energi.

Model ini mendorong redistribusi peran antar aktor, memperkuat penerimaan kebijakan melalui keterlibatan pemangku kepentingan, serta membuka kolaborasi antara negara, swasta, dan masyarakat dalam pengembangan PLTS. Implementasinya didukung oleh kerangka kebijakan nasional, khususnya UU No. 30 Tahun 2009 dan Perpres No. 112 Tahun

---

[54]Analisis sistem PLN–PLTS berbasis Bab III.

[55]Ostrom, *Governing the Commons*; Ramaswamy & Ozcan, *Co-Creation Paradigm*.

2022, namun masih memerlukan penguatan melalui regulasi turunan yang secara eksplisit mengakui peran masyarakat sebagai prosumen, pelaksana proyek, dan pelaku UMKM energi. Reformasi ini mencakup penguatan skema IPP, kemitraan multipihak, serta pengembangan model partisipatif berbasis co-creation, sehingga masyarakat tidak hanya menjadi konsumen, tetapi juga aktor dalam sistem ketenagalistrikan. Dengan demikian, model ini diharapkan mampu mewujudkan tata kelola energi yang lebih adil, terbuka, dan berkelanjutan dalam mendukung transisi menuju *Net Zero Emission* 2060.

Keberhasilan model ini diukur melalui KPI (kuantitatif) dan KSI (kualitatif) yang mengacu pada standar internasional dan kebijakan nasional.[56][57] KPI meliputi transparansi tender, percepatan perizinan, partisipasi stakeholder, dan investasi PLTS, sedangkan KSI mencerminkan menurunnya konflik kepentingan, meningkatnya kepercayaan investor, dan penerimaan kebijakan energi.

Dengan demikian arti ayat QS Āli ‘Imrān/3: 26 menegaskan bahwa kekuasaan dalam sistem energi merupakan amanah yang harus dijalankan secara adil dan transparan.Dalam konteks PLN–PLTS, hal ini berarti bahwa tata Kelola energi harus bergerak dari sistem monopoli menuju sistem kolaboratif yang adaptif, sehingga mampu mempercepat transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060. Dengan demikian, tata kelola yang terintegrasi menjadi prasyarat utama dalam memastikan sinkronisasi sistem energi berjalan secara efektif dan berkelanjutan.

b. Kepemimpinan dan Meritokrasi dalam Tata Kelola Energi

Submodel ini dibangun atas QS Ṣād/38: 26 yang menegaskan bahwa kepemimpinan adalah amanah yang harus dijalankan secara adil dan bebas dari hawa nafsu. Subbab ini secara khusus menitikberatkan pada dimensi kepemimpinan (leadership dimension) dalam tata kelola energi, yaitu peran aktor pengambil keputusan dalam menjaga objektivitas dan integritas sistem.Prinsip ini menjadi krusial karena temuan Bab III menunjukkan ketidak transparanan tender, potensi konflik kepentingan, serta kebijakan

---

[56]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*,Paris: IEA, 2021, hal. 95–110; World Bank, *Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies*, Washington, DC: World Bank, 2020, hal.. 24–30; International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs in 2022*..., hal 15–25

[57]Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Government at a Glance 2021*/Paris: OECD Publishing, 2021, hal. 120–135; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*/Jakarta: ESDM, 2017; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*.

yang belum sepenuhnya objektif. Kondisi tersebut menghambat efisiensi sistem dan integrasi PLTS, sehingga diperlukan model kepemimpinan berbasis meritokrasi dan integritas. Fokus analisis berada pada level kepemimpinan (leadership level), yaitu bagaimana keputusan strategis ditentukan oleh kualitas integritas dan kompetensi pemimpin dalam sistem energi.

Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Ṣād/38: 26:

يَا دَاوُودُ إِنَّا جَعَلْنَاكَ خَلِيفَةً فِي الْأَرْضِ فَاحْكُم بَيْنَ النَّاسِ بِالْحَقِّ وَلَا تَتَّبِعِ الْهَوَىٰ فَيُضِلَّكَ عَن سَبِيلِ اللَّهِ

*Hai Daud, sesungguhnya Kami menjadikanmu khalifah di bumi, maka berilah keputusan di antara manusia dengan benar dan janganlah mengikuti hawa nafsu(*QS Ṣād/38: 26)

Para mufasir menegaskan bahwa inti ayat ini adalah keadilan dalam keputusan dan larangan bias dalam kepemimpinan. Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa khalifah adalah mandat untuk menegakkan hukum secara adil, dan penyimpangan merupakan kesesatan sistemik.[58] Al-Qurṭubī dan al-Rāzī menegaskan bahwa mengikuti hawa nafsu—baik karena kepentingan pribadi maupun relasi—akan merusak tatanan sosial dan legitimasi kepemimpinan.[59] Sedangkan Ibn Kathīr, Ibn 'Āshūr, dan Quraish Shihab memperkuat bahwa kepemimpinan adalah amanah yang menuntut integritas, objektivitas, dan akuntabilitas. Kepemimpinan yang adil menjaga stabilitas sistem, sedangkan kepemimpinan yang bias menimbulkan kerusakan dan kehilangan kepercayaan.[60] Larangan mengikuti hawa nafsu (*al-hawā*) dalam ayat ini menunjukkan pentingnya pengambilan keputusan berbasis objektivitas, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai keputusan berbasis data (data-driven decision making) dan bebas dari konflik kepentingan

QS Ṣād/38: 26 menegaskan bahwa tata Kelola yang sehat harus berbasis keadilan, objektivitas, dan pengendalian kepentingan. Dengan demikian, kepemimpinan berfungsi sebagai mekanisme penjaga keseimbangan sistem, bukan sekadar pemegang kekuasaan.[61]

Dalam konteks tata kelola Energi PLN–PLTS, prinsip ini menuntut bahwa tender harus transparan, kebijakan berbasis data, dan keputusan bebas

---

[58]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 21, hal 188–190.

[59]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 15, hal 188–190; Fakhr al-Dīn al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., hal.

[60]Abū al-Fidāʾ Ismāʿīl ibn ʿUmar ibn Kathīr al-Qurashī al-Baṣrī thumma al-Dimashqī; Ibn 'Āshūr, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 23; M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 12.

[61]Sintesis tafsir QS Ṣād/38: 26.

dari kepentingan kelompok. Tanpa prinsip ini, sistem berisiko mengalami inefisiensi, pemborosan, dan rendahnya kepercayaan investor.[62]

Prinsip ayat ini selaras dengan teori Co-Creation, Good Governance, dan Polycentric Governance, yang menekankan transparansi, akuntabilitas, dan distribusi otoritas. Dalam sistem energi, kepemimpinan harus bersifat kolaboratif dan berbasis meritokrasi, bukan dominatif.[63] QS Ṣād/38: 26 menegaskan bahwa keputusan harus berbasis kebenaran (*al-ḥaqq*), bukan kepentingan (*al-hawā*).hal ini dapat menjawab pertanyaan di bab III terkait tender tidak transparan dan kebijakan berpotensi bias

Dalam implementasinya model dilakukan melalui Model Tata Kelola Energi Berbasis Meritokrasi (berdasarkan kompetensi) dan Objektivitas (berdasarkan data dan fakta)[64] diantaranya kebijakan penguatan Perpres Pengadaan Barang/Jasa, digitalisasi tender PLN, serta reformasi perizinan berbasis sistem elektronik untuk memastikan transparansi dan meminimalkan bias.[65] Dengan demikian, dirumuskan Model Tata Kelola Energi Berbasis Meritokrasi dan Objektivitas, yang menekankan kepemimpinan berbasis kompetensi, integritas, dan keputusan yang transparan

Untuk memastikan implementasi tata kelola ini berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) yaitu Indikator Keberhasilan (KPI/Key Performance Indicator dan KSI/Key suceess Indicator) tata Kelola model ini tercermin dari meningkatnya transparansi dan objektivitas sistem, yang ditunjukkan melalui persentase tender terbuka, percepatan perizinan, serta transparansi pengadaan. Secara sistemik, hal ini ditandai oleh menurunnya konflik kepentingan, meningkatnya kepercayaan investor, dan membaiknya kualitas proyek energi.[66]

Dengan demikian QS Ṣād/38: 26 menegaskan bahwa kepemimpinan harus berbasis keadilan dan bebas dari kepentingan subjektif. Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini mendorong transformasi menuju governance yang transparan, objektif, dan kolaboratif, sebagai fondasi sistem energi yang efisien dan berkelanjutan menuju *Net Zero Emission* 206o. Dengan demikian, kualitas kepemimpinan menjadi faktor kunci dalam menentukan efektivitas tata kelola energi nasional

c. Akuntabilitas dan Amanah Pengelolaan Energi

Submodel ini dibangun atas QS Al-Anfāl/8: 27 yang menegaskan larangan pengkhianatan terhadap amanah sebagai prinsip fundamental dalam

---

[62]Analisis sistem PLN–PLTS berbasis Bab III.

[63]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*; Ramaswamy & Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*.

[64]Sintesis model governance energi berbasis Qur'ani.

[65]Perpres Pengadaan Barang/Jasa; reformasi kebijakan PLN.

[66]Indikator kinerja governance energi PLN, ESDM, praktik internasional

tata kelola. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi akuntabilitas (accountability dimension) dalam tata kelola energi, yaitu mekanisme pertanggungjawaban atas pengelolaan sumber daya energi kepada publik**.** Dalam konteks pengelolaan energi nasional, temuan Bab III menunjukkan lemahnya akuntabilitas, munculnya moral hazard, serta konflik kepentingan dalam proyek energi. Kondisi ini menurunkan efisiensi sistem dan kepercayaan publik, sehingga diperlukan model governance berbasis amanah dan akuntabilitas.

Sesuai Firman Allah dalam Al-Qur'an

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا لَا تَخُونُوا اللَّهَ وَالرَّسُولَ وَتَخُونُوا أَمَانَاتِكُمْ وَأَنتُمْ تَعْلَمُونَ ٣

*Wahai orang-orang yang beriman, janganlah kamu mengkhianati Allah dan Rasul serta janganlah kamu mengkhianati amanah-amanah yang dipercayakan kepadamu, sedangkan kamu mengetahui(*QS Al-Anfāl/8: 27).

Pendapat para mufasir diantaranya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa pengkhianatan amanah mencakup pelanggaran terhadap kewajiban yang telah diketahui, baik dalam urusan agama maupun sosial, termasuk penyalahgunaan kepercayaan publik.[67] Fakhr al-Dīn al-Rāzī memperluas bahwa amanah meliputi seluruh tanggung jawab manusia, dan pengkhianatan sering dipicu oleh kepentingan materi dan kekuasaan yang menggeser objektivitas.[68] Quraish Shihab menegaskan bahwa amanah mencakup seluruh aspek kehidupan, termasuk kekuasaan dan kebijakan publik, sehingga pengkhianatannya akan merusak kepercayaan dan tatanan sosial secara luas.[69] Larangan pengkhianatan amanah dalam ayat ini menunjukkan pentingnya konsistensi antara mandat dan pelaksanaan, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai transparansi, *auditability,* dan *traceability* (asal usul ditelusuri diperoleh tingkat kesalahan dan kebenarnya) dalam seluruh proses pengelolaan energi

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa amanah adalah fondasi integritas sistem.

Sintesis QS Al-Anfāl/8: 27 ini menegaskan bahwa amanah merupakan dasar keberlangsungan sistem, dan setiap bentuk pengkhianatan akan merusak legitimasi dan stabilitas governance[70]. Oleh karena itu, akuntabilitas tidak hanya bersifat administratif, tetapi merupakan prinsip moral dan sistemik.

---

[67]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 10, hal. 23–25.

[68]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*..., hal. 210–212.

[69]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*..., vol. 5,hal. 345–347

[70]Sintesis tafsir QS Al-Anfāl/8: 27.

Makna Sistemik dari Governance Energi dalam konteks PLN–PLTS, amanah menuntut seluruh proses perencanaan, pengadaan, hingga operasional dijalankan secara transparan dan akuntabel. Penyimpangan seperti manipulasi proyek, konflik kepentingan, atau penyalahgunaan kewenangan merupakan bentuk pengkhianatan amanah yang berdampak langsung pada efisiensi sistem dan kepercayaan investor.[71] Dengan demikian, akuntabilitas menjadi fondasi kredibilitas sistem energi.

Pendapat Integrasi Teori Ilmiah bahwa Prinsip amanah ini sejalan dengan konsep Good Governance dan ESG (Environmental, Social, Governance) yang menempatkan transparansi dan akuntabilitas sebagai pilar utama, serta teori Co-Creation yang menekankan kepercayaan sebagai dasar kolaborasi antar aktor dalam sistem energi.[72]

Sesuai Temuan Bab III menunjukkan lemahnya akuntabilitas, moral hazard, dan konflik kepentingan dalam governance energi.[73] QS Al-Anfāl/8: 27 memberikan jawaban melalui larangan pengkhianatan amanah sebagai prinsip perbaikan sistem.

Berdasarkan hal tersebut dirumuskan Model Governance Energi Berbasis Amanah dan Akuntabilitas, yaitu sistem yang menjamin konsistensi antara kebijakan, implementasi, dan tanggung jawab publik.[74] Dengan demikian, dirumuskan Model Governance Energi Berbasis Amanah dan Akuntabilitas, yang menekankan kesesuaian antara kebijakan, pelaksanaan, dan pertanggungjawaban public Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui instrumen kebijakan yang memastikan pengawasan dan pertanggungjawaban berjalan secara efektif Sehingga ditemukan Instrumen Kebijakan dimana Implementasi model dilakukan melalui penguatan audit energi berkala, optimalisasi peran BPK, penerapan standar ESG pada PLN, serta transparansi kontrak dan proyek energi guna memastikan akuntabilitas sistem.[75]

Untuk memastikan implementasi akuntabilitas berjalan secara terukur, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut Keberhasilan model tercermin dari meningkatnya transparansi dan kepatuhan sistem, yang diukur melalui Indikator Keberhasilan (KPI & KSI) diantaranya frekuensi audit energi, tingkat compliance, dan keterbukaan informasi proyek[76].Secara sistemik, hal ini ditandai oleh menurunnya moral hazard dan konflik kepentingan, serta meningkatnya kepercayaan investor terhadap sektor energi.

---

[71]Analisis sistem PLN–PLTS berbasis Bab III.
[72]ESG Framework; Ramaswamy & Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* (2014).
[73]Temuan Bab III terkait moral hazard dan konflik kepentingan.
[74]Sintesis model governance energi berbasis amanah
[75]Kebijakan audit energi dan standar akuntabilitas (BPK, PLN).
[76]Indikator governance energi (PLN, ESG, audit compliance).

Dapat disimpulkan QS Al-Anfāl/8: 27 menegaskan bahwa amanah adalah fondasi utama governance.[77] Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini menuntut sistem yang transparan, akuntabel, dan bebas dari penyalahgunaan kewenangan, sehingga mampu membangun sistem energi yang kredibel dan berkelanjutan. Menuju *Net Zero Emission* 2060. Dengan demikian, akuntabilitas menjadi fondasi utama dalam menjaga kredibilitas dan keberlanjutan sistem energi nasional.

d. Musyawarah dan *Governance* Partisipatif dalam Pengelolaan PLN–PLTS

Ayat ini dipilih karena merupakan fondasi utama konsep governance partisipatif dalam Islam, yaitu menjadikan musyawarah (*syūrā*) sebagai mekanisme pengambilan keputusan kolektif dalam urusan publik. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi partisipasi (participatory governance dimension), yaitu keterlibatan multi-aktor dalam proses pengambilan keputusan dalam sistem energi Dalam konteks pengelolaan energi nasional, khususnya hubungan antara PLN dan PLTS, ayat ini menegaskan bahwa kebijakan energi tidak boleh disusun secara eksklusif dan sentralistik, tetapi harus melibatkan berbagai pemangku kepentingan seperti pemerintah daerah, swasta, komunitas energi, akademisi, dan masyarakat. Hal ini relevan dengan temuan pada Bab III yang menunjukkan minimnya keterlibatan publik dalam penyusunan RUPTL dan kebijakan integrasi PLTS, sehingga kebijakan menjadi kurang legitimate, kurang adaptif, dan sering menghadapi resistensi dalam implementasinya.[78] Fokus analisis berada pada level partisipatif (participatory level), yaitu sejauh mana pemangku kepentingan dilibatkan dalam proses perumusan dan implementasi kebijakan energi.
Allah Swt berfirman dalam ayat QS Asy-Syūrā/42: 38:

وَأَمْرُهُمْ شُورَىٰ بَيْنَهُمْ

Dan urusan mereka diputuskan dengan musyawarah di antara mereka

Ayat ini menegaskan bahwa pengelolaan urusan publik harus dilakukan melalui proses deliberatif yang melibatkan berbagai pihak, bukan melalui dominasi satu aktor atau keputusan sepihak.

Dalam tafsir klasik, Al-Qurtubi menjelaskan bahwa musyawarah merupakan karakter utama kaum Anshar yang selalu berkumpul dan berdiskusi sebelum mengambil keputusan penting. Ia menegaskan bahwa *syūrā* adalah sarana untuk menyatukan pendapat, menguji kualitas akal, serta menemukan keputusan yang paling tepat. Tidak dibenarkan adanya dominasi satu pihak dalam pengambilan keputusan, karena musyawarah justru menjadi sarana kolektif untuk mencapai kebenaran. Ia bahkan menyatakan bahwa

[77]Sintesis akhir konsep amanah dalam governance energi.
[78]Analisis Bab III Disertasi

tidak ada suatu kaum yang bermusyawarah kecuali mereka akan ditunjukkan kepada keputusan yang paling benar.[79]

Lebih lanjut, ia menegaskan bahwa Rasulullah saw sendiri menerapkan prinsip musyawarah dalam berbagai urusan strategis seperti perang dan kebijakan sosial, meskipun tidak dalam perkara wahyu. Setelah wafatnya Nabi, para sahabat juga menjadikan musyawarah sebagai mekanisme utama dalam menentukan kebijakan, termasuk dalam penetapan khalifah dan keputusan-keputusan penting lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa musyawarah merupakan prinsip operasional dalam governance yang bersifat dinamis dan kontekstual.[80]

Fakhr al-Din al-Razi menjelaskan bahwa musyawarah merupakan ciri masyarakat beriman yang tidak bersifat individualistik dalam pengelolaan urusan publik. Ia menekankan bahwa keputusan yang dihasilkan melalui proses kolektif lebih dekat kepada kebenaran dibandingkan keputusan individual, karena melibatkan berbagai perspektif yang saling melengkapi. Dalam pandangannya, musyawarah bukan hanya mekanisme sosial, tetapi juga metode epistemologis untuk mencapai keputusan yang rasional dan adil.[81] Ia juga menegaskan bahwa masyarakat yang tidak bermusyawarah cenderung terjebak pada keputusan subjektif yang dipengaruhi kepentingan pribadi. Oleh karena itu, musyawarah menjadi instrumen penting untuk menjaga objektivitas dan mencegah penyimpangan dalam pengambilan keputusan publik.[82]

Ibn Ashur memperluas konsep musyawarah sebagai sistem pengambilan keputusan kolektif yang mencakup seluruh urusan publik yang berada dalam kewenangan manusia. Ia menegaskan bahwa musyawarah harus melibatkan pihak-pihak yang relevan dan memiliki kompetensi, sehingga menghasilkan keputusan yang berkualitas. Selain itu, ia menekankan bahwa musyawarah memiliki dimensi profesionalitas dan kerahasiaan, sehingga tidak semua orang harus terlibat, tetapi hanya mereka yang memiliki kepentingan dan kapasitas dalam persoalan tersebut[83] Ia juga menjelaskan bahwa musyawarah merupakan mekanisme yang menghasilkan konsensus kolektif yang kuat, karena didasarkan pada pertimbangan bersama yang matang. Dengan demikian, keputusan yang dihasilkan melalui

---

[79]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...,* vol 16, hal 36–38.

[80]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 16, hal. 36–38

[81]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol 27,hal.601-603.

[82]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol 27, hal. 601-603

[83]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 25, hal. 111–112

musyawarah memiliki legitimasi sosial yang lebih tinggi dibanding keputusan individual.[84]

Dalam tafsir kontemporer, M. Quraish Shihab dalam *Tafsir Al-Mishbah* menjelaskan bahwa kata *syūrā* berasal dari makna "mengeluarkan madu", yang menunjukkan bahwa musyawarah adalah proses untuk mengambil pendapat terbaik dari berbagai pandangan. Ia menegaskan bahwa kualitas musyawarah tidak ditentukan oleh siapa yang berbicara, tetapi oleh kualitas argumen yang disampaikan.[85] Ia juga menjelaskan bahwa Al-Qur'an tidak menetapkan bentuk baku musyawarah, sehingga setiap masyarakat dapat mengembangkan sistem partisipatif sesuai dengan konteks dan perkembangan zamannya. Turunnya ayat ini pada periode Mekah menunjukkan bahwa musyawarah merupakan prinsip universal yang berlaku dalam berbagai kondisi, baik dalam masyarakat sederhana maupun dalam sistem negara modern.[86] Diayat lain dalam firmaNya, QS Āli 'Imrān/3:159 وَشَاوِرْهُمْ فِي الْأَمْرِ, dan bermusyawarahlah dengan mereka dalam urusan itu.

Dalam konteks Bab III, minimnya keterlibatan pemangku kepentingan dalam kebijakan energi menunjukkan bahwa sistem tata Kelola energi masih bersifat sentralistik dan kurang partisipatif. Kondisi ini berdampak pada rendahnya legitimasi kebijakan, munculnya resistensi dari masyarakat dan pelaku usaha, serta lambatnya implementasi program PLTS dalam mencapai target *Net Zero Emission* 2060.

QS Asy-Syūrā/42: 38 dan QS Āli 'Imrān/3: 159 memberikan jawaban normatif dengan menegaskan bahwa urusan publik harus diputuskan melalui musyawarah yang melibatkan berbagai pihak yang berkepentingan. Prinsip ini menunjukkan bahwa keputusan yang dihasilkan secara kolektif memiliki legitimasi yang lebih kuat dan lebih mudah diimplementasikan, karena mempertimbangkan berbagai perspektif serta kebutuhan nyata di lapangan.

Berdasarkan prinsip tersebut, dirumuskan Model Governance Energi Berbasis Syura dan Co-Creation (Partisipasi Multi-Aktor), yang mengintegrasikan nilai normatif Al-Qur'an dengan teori ilmiah partisipasi modern. Dalam kerangka ini, musyawarah tidak hanya dipahami sebagai konsultasi formal, tetapi sebagai proses penciptaan nilai bersama (*co-creation of value*) melalui interaksi kolaboratif antar aktor. Konsep ini sejalan dengan teori Co-Creation yang dikembangkan oleh Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, yang menekankan bahwa nilai diciptakan melalui keterlibatan aktif berbagai pihak dalam suatu sistem.[87] Dengan demikian, dirumuskan Model Governance Energi Berbasis Syura dan Co-

---

[84]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī. *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 25, hal. 111–112

[85]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 12, hal. 511–512

[86]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 12, hal. 512–513.

[87]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* (2014).

Creation, yang menekankan kolaborasi multi-aktor dalam pengambilan keputusan energi.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui mekanisme partisipatif yang terstruktur dalam proses perencanaan dan kebijakan energi.Dalam implementasinya, model ini menempatkan pemerintah sebagai fasilitator kebijakan, PLN sebagai integrator sistem, swasta sebagai penyedia inovasi dan investasi, serta masyarakat sebagai ko-produsen energi. Proses perumusan RUPTL dan kebijakan PLTS dilakukan melalui forum musyawarah partisipatif yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan, sehingga menghasilkan kebijakan yang lebih dapat diterima, dan diakui secara sah oleh semua pihak, adaptif, dan mudah dilaksanakan.[88]

Untuk memastikan efektivitas partisipasi dalam tata kelola energi, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut: Indikator keberhasilan model ini diukur melalui indikator kinerja yang mencerminkan kualitas partisipasi dan tata kelola, meliputi tingkat keterlibatan pemangku kepentingan dalam perumusan kebijakan energi, kualitas forum konsultasi publik, tingkat penerimaan kebijakan oleh masyarakat, serta efektivitas implementasi PLTS. Indikator-indikator tersebut dapat diukur secara lebih konkret melalui indeks partisipasi pemangku kepentingan *(Stakeholder Participation Index),* kualitas musyawarah *(Deliberative Quality Score),* dan tingkat penerimaan kebijakan *(Policy Acceptance Rate)*.[89]

Dengan demikian, QS Asy-Syūrā/42: 38 melalui pendekatan tafsir muqayyad tidak hanya memberikan prinsip normatif musyawarah, tetapi juga menghasilkan model operasional tata Kelola energi yang mampu meningkatkan legitimasi kebijakan, memperkuat partisipasi publik, dan mempercepat transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 secara lebih inklusif dan berkelanjutan. Dengan demikian, partisipasi menjadi elemen kunci dalam meningkatkan legitimasi dan efektivitas kebijakan energi nasional.

3. Sinkronisasi Investasi dan Pembiayaan Energi

Subbab ini membahas fondasi ekonomi sistem energi yang menekankan keadilan, integritas, serta akuntabilitas dalam pembiayaan PLN–PLTS sebagai prasyarat transisi menuju *Net Zero Emission* 2060. Ayat-ayat Al-Qur'an difungsikan secara operasional untuk menjawab masalah empiris, seperti ketimpangan tarif, risiko proyek, praktik mark-up, dan lemahnya transparansi.

---

[88]Elinor Ostrom, *Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*..., hal. 1–18

[89]Kementerian ESDM & Bappenas, *Roadmap NZE 2060*

Model ini berlandaskan prinsip pembiayaan inklusif dan distribusi ekonomi (QS Al-Ḥasyr/59: 7) yang dioperasionalkan pada submodel pembiayaan terbuka (V.D.3.a), keadilan ekonomi berbasis *mīzān* (QS Al-Ḥadīd/57:25) pada submodel tarif energi (V.D.3.b), integritas pembiayaan (QS Al-Baqarah 2:188) pada submodel transparansi dan anti-korupsi (V.D.3.c), serta akurasi dan kepastian hukum (QS Al-Isrā'/17:35) pada submodel bankability dan kontrak energi (V.D.3.d), yang secara terpadu membentuk sistem pembiayaan yang transparan, berkeadilan, dan berkelanjutan.

Secara operasional diterapkan melalui tarif *cost-reflective*, transparansi LCOE, e-procurement, penguatan audit, serta stabilisasi regulasi energi. Keberhasilan diukur melalui transparansi keuangan, penurunan deviasi biaya, keseimbangan pembagian risiko, serta meningkatnya kepercayaan investor dalam sistem energi nasional.

a. Pemerataan Ekonomi dan Anti-Konsentrasi Kekayaan dalam Sistem Energi

Submodel ini dibangun atas QS Al-Ḥasyr/59: 7 yang menegaskan prinsip fundamental dalam pengelolaan sumber daya ekonomi, yaitu larangan konsentrasi kekayaan pada kelompok tertentu. Ayat ini menjadi dasar normatif bahwa sistem ekonomi tidak boleh menghasilkan eksklusivitas kepemilikan dan manfaat hanya pada kalangan tertentu, melainkan harus memastikan distribusi yang adil dan inklusif bagi seluruh masyarakat.

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi pembiayaan (financial layer) dalam sistem energi, yaitu bagaimana sumber pendanaan, struktur investasi, dan mekanisme pembiayaan disusun untuk mendukung pengembangan energi nasional.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, khususnya sistem PLN–PLTS, prinsip ini menjadi sangat relevan karena sektor energi tidak hanya berkaitan dengan penyediaan listrik, tetapi juga menyangkut distribusi akses modal, kepemilikan aset, dan manfaat ekonomi. Tanpa mekanisme distribusi yang adil, sistem energi berpotensi bersifat eksklusif dan kehilangan dimensi keadilan sosialnya.

Hal ini relevan dengan temuan pada Bab III yang menunjukkan adanya dominasi investasi energi oleh kelompok besar, keterbatasan akses pembiayaan bagi UMKM dan masyarakat, serta tingginya hambatan masuk (entry barrier) dalam proyek energi nasional.[90] Fokus analisis berada pada

[90]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...,* Bab VI, hal. VI-1–VI-3, mengenai struktur investasi PLN–

level sistem pembiayaan (financial system level), yaitu bagaimana aliran dana, struktur investasi, dan mekanisme pendanaan dirancang untuk menjamin keberlanjutan proyek energi

Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-Ḥasyr/59: 7

كَيْ لَا يَكُونَ دُولَةًۢ بَيْنَ ٱلْأَغْنِيَآءِ مِنكُمْ

Agar harta itu tidak hanya beredar di antara orang-orang kaya saja di antara kamu.

Para mufasir sepakat bahwa ayat ini mengandung prinsip dasar anti-konsentrasi kekayaan. Al-Tabari menjelaskan bahwa harta tidak boleh menjadi *dūlah*, yaitu beredar secara terbatas di kalangan orang kaya. Tanpa pengaturan distribusi, kekayaan akan terkonsentrasi pada elit dan digunakan sesuai kepentingan mereka, sehingga menciptakan ketimpangan struktural yang berpotensi merusak tatanan sosial.[91] Penafsiran ini diperkuat oleh Al-Qurtubi yang menyatakan bahwa ayat ini menghapus praktik ekonomi eksklusif pada masa jahiliyah dan menegaskan bahwa distribusi kekayaan harus mencakup seluruh lapisan masyarakat, termasuk kelompok lemah. Ia juga menekankan bahwa keadilan distribusi merupakan bagian dari tujuan syariat dalam menjaga keseimbangan sosial.[92] Dalam perspektif yang lebih sistemik, Ibn Ashur menjelaskan bahwa ayat ini tidak terbatas pada konteks *fay'*, tetapi merupakan prinsip umum dalam sistem ekonomi Islam yang menolak konsentrasi kekayaan pada kelompok tertentu. Ia menegaskan bahwa distribusi yang merata merupakan syarat bagi stabilitas dan keberlanjutan masyarakat.[93]Sementara itu, Quraish Shihab menegaskan bahwa seluruh harta pada hakikatnya milik Allah dan manusia hanya sebagai pengelola, sehingga distribusi harus dirancang agar manfaat ekonomi beredar secara luas dalam masyarakat. Ia menambahkan bahwa konsentrasi kekayaan akan melahirkan ketimpangan yang bertentangan dengan nilai keadilan dalam Al-Qur'an.[94]

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa sistem ekonomi harus bersifat inklusif, distributif, dan anti-monopoli sebagai bagian dari prinsip keadilan sosial dalam Islam.

IPP, kebutuhan investasi Rp2.780 triliun, dan sumber pendanaan; lihat juga pembahasan Bab III disertasi mengenai investasi dan pendanaan PLTS.

[91]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 28, hal. 45–47.

[92]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān*..., vol. 18, hal. 7–10.

[93]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 28, hal 101–104.

[94]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*..., vol. 14, hal. 329–331.

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-Ḥasyr/59: 7 menegaskan bahwa sumber daya strategis termasuk energi tidak boleh dikuasai oleh kelompok tertentu saja. Makna ayat ini menunjukkan pentingnya keadilan dan keseimbangan dalam pengelolaan sumber daya, yang dalam konteks energi modern diterjemahkan sebagai struktur pembiayaan yang adil, transparan, dan berkelanjutan.

Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini berarti bahwa sistem energi tidak boleh didominasi secara eksklusif, baik oleh negara maupun investor besar, tetapi harus membuka ruang partisipasi multi-aktor. Hal ini mencakup distribusi akses modal, pemerataan manfaat ekonomi, dan pencegahan konsentrasi kekayaan. Dengan demikian, ayat ini menjadi dasar konseptual bagi pembangunan sistem energi berbasis keadilan distribusi (*energy justice*).

Prinsip QS Al-Ḥasyr/59: 7 sejalan dengan teori Co-Creation sebagai teori utama, yang menekankan penciptaan nilai melalui keterlibatan multi-aktor, bukan secara eksklusif oleh satu pihak. Venkat Ramaswamy menegaskan bahwa nilai ekonomi berkelanjutan dibangun melalui interaksi kolaboratif dalam suatu ekosistem.

Sebagai penguat, Elinor Ostrom menekankan pengelolaan sumber daya secara partisipatif, sementara Herman Daly dan John Cobb menegaskan keseimbangan antara kepentingan individu dan kolektif.[95]

Dari anlisa empiris temuan Bab III menunjukkan adanya ketimpangan struktural dalam sistem energi nasional, terutama dominasi investasi oleh kelompok besar dan terbatasnya akses masyarakat terhadap pembiayaan energi. Kondisi ini mencerminkan adanya konsentrasi ekonomi yang bertentangan dengan prinsip keadilan., oleh karena itu QS Al-Ḥasyr/59: 7 memberikan dasar bahwa kekayaan tidak boleh beredar hanya di kalangan elit, sehingga diperlukan sistem distribusi yang inklusif.

Berdasarkan hal tersebut, dirumuskan: Model Pembiayaan Energi Berbasis Inklusivitas, Anti-Konsentrasi Kapital, dan Co-Creation.Model ini menempatkan distribusi akses sebagai prinsip utama dengan melibatkan berbagai aktor dalam sistem energi. Dalam implementasinya Model ini diterapkan melalui penguatan skema community solar berbasis koperasi, pembiayaan mikro untuk PLTS atap, keterlibatan komunitas dan pesantren, serta kemitraan antara PLN, swasta, dan masyarakat. Dengan demikian, dirumuskan Model Pembiayaan Energi Berbasis Keadilan dan Keberlanjutan, yang menekankan keseimbangan antara kelayakan finansial, keterjangkauan, dan keberlanjutan investasi. Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui mekanisme pembiayaan yang melibatkan

[95]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*,; Elinor Ostrom, *Governing the Commons*,; Herman E. Daly and John B. Cobb, *For the Common* .

berbagai skema seperti investasi swasta, skema IPP, serta pembiayaan berbasis kemitraan

Untuk memastikan efektivitas pembiayaan energi, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut: Indikator Keberhasilan model ini diukur melalui peningkatan partisipasi masyarakat dalam proyek PLTS, distribusi investasi energi yang lebih merata, penurunan dominasi investor besar, serta meningkatnya akses energi bersih secara adil.

Dapat disimpulkan QS Al-Ḥasyr/59: 7 menegaskan bahwa distribusi kekayaan harus inklusif dan berkeadilan. Dalam konteks energi, ayat ini menjadi dasar bagi pembangunan sistem pembiayaan energi yang partisipatif dan anti-monopoli.

Dengan demikian, keberhasilan transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 sangat bergantung pada kemampuan sistem dalam mendistribusikan manfaat ekonomi secara adil melalui pendekatan berbasis Co-Creation. Ini diartikan bahwa pembiayaan menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan transisi energi nasional menuju sistem yang berkelanjutan.

b. Keadilan Ekonomi & Standar Mīzān dalam Sistem Energi

Submodel ini dibangun atas QS Al-Ḥadīd/57: 25 yang menegaskan bahwa Allah menurunkan kitab dan mīzān (timbangan/ukuran) agar manusia menegakkan keadilan. Ayat ini menunjukkan bahwa keadilan dalam Islam tidak hanya bersifat normatif, tetapi harus diwujudkan melalui sistem yang memiliki ukuran yang jelas, proporsional, dan dapat diuji. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi keadilan ekonomi (economic justice dimension) dalam sistem pembiayaan energi, yaitu bagaimana nilai ekonomi, tarif, dan distribusi manfaat ditentukan secara adil dan terukur

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, khususnya sistem PLN–PLTS, prinsip ini menjadi sangat penting karena sektor energi melibatkan keputusan ekonomi strategis yang menyangkut penetapan tarif, distribusi manfaat, dan pembagian risiko proyek. Tanpa standar yang jelas, kebijakan energi berpotensi bias dan tidak adil.

Hal ini relevan dengan temuan pada Bab III yang menunjukkan belum optimalnya transparansi tarif listrik, ketidakseimbangan pembagian risiko antara PLN dan pengembang, serta belum meratanya distribusi manfaat ekonomi dari proyek energi.[96] *Fokus analisis berada pada level pengukuran*

[96]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...,*Bab V, mengenai rencana pengembangan ketenagalistrikan, skema *Power Purchase Agreement* (PPA), proyeksi biaya pokok penyediaan (BPP), dan bauran energi; Bab VI, hlm. VI-1–VI-4, mengenai kebutuhan investasi, struktur pendanaan, dan pembagian peran PLN–*Independent Power Producer* (IPP); serta Bab VII, mengenai risiko proyek dan strategi mitigasinya

ekonomi (economic measurement level), yaitu bagaimana kebijakan energi ditentukan berdasarkan standar ukur yang transparan dan dapat diuji.
Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-Ḥadīd/57: 25

وَأَنزَلۡنَا مَعَهُمُ ٱلۡكِتَٰبَ وَٱلۡمِيزَانَ لِيَقُومَ ٱلنَّاسُ بِٱلۡقِسۡطِ

Dan Kami turunkan bersama mereka Kitab dan mīzān (timbangan/ukuran) agar manusia menegakkan keadilan.

Para mufasir menjelaskan bahwa konsep *mīzān* dalam ayat ini merupakan simbol keseimbangan dan keadilan yang harus diwujudkan dalam kehidupan manusia. Al-Tabari menafsirkan bahwa mīzān mencakup keadilan sebagai prinsip sekaligus alat ukur dalam kehidupan sosial dan ekonomi, sehingga keadilan tidak hanya menjadi nilai, tetapi juga sistem yang dapat diterapkan secara nyata.[97]

Penafsiran ini diperluas oleh Al-Qurtubi yang menjelaskan bahwa mīzān mencakup dimensi fisik dan normatif, yaitu sebagai alat ukur dan sebagai prinsip keadilan. Ia menegaskan bahwa kejujuran dalam transaksi dan keseimbangan dalam distribusi merupakan bagian dari implementasi mīzāndalam kehidupan ekonomi.[98] Dalam perspektif sistemik, Ibn Ashur menjelaskan bahwa ayat ini membentuk struktur tata Kelola yang utuh: kitab sebagai sumber hukum, mīzān sebagai sistem keadilan, dan kekuatan sebagai sarana implementasi. Ia menekankan bahwa keadilan hanya dapat terwujud apabila memiliki standar yang jelas dan dapat diuji.[99] Sementara itu, Quraish Shihab menegaskan bahwa mīzān adalah standar ukur yang memungkinkan keadilan diterapkan secara nyata dalam kehidupan masyarakat. Ia menekankan bahwa keadilan harus bersifat terukur, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan.[100] Konsep mīzān dalam ayat ini menunjukkan bahwa keadilan tidak hanya bersifat normatif, tetapi harus diwujudkan melalui indikator yang terukur, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai parameter seperti tarif berbasis biaya (cost-reflective pricing), keseimbangan risiko proyek, dan transparansi nilai ekonomi.

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa keadilan tidak cukup sebagai prinsip normatif, tetapi harus diwujudkan dalam sistem yang memiliki ukuran yang jelas dan operasional.

---

[97]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 23,hal.200

[98]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān*..., vol. 17, hal.260.-262

[99]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol. 27, hal. 415-418.

[100]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*..., vol. 14, hal. 46-48.

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-Ḥadīd/57: 25 menegaskan bahwa sistem ekonomi termasuk energi harus dibangun di atas standar keadilan yang terukur.

Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip mīzān berarti bahwa seluruh kebijakan energi harus memiliki dasar ukur yang jelas, baik dalam penetapan tarif listrik, pemberian insentif, maupun pembagian risiko proyek. Tanpa standar tersebut, sistem akan cenderung tidak transparan dan berpotensi menciptakan ketidakadilan.

Dengan demikian, ayat ini menjadi dasar konseptual bagi pembangunan sistem energi berbasis keseimbangan, transparansi, dan akuntabilitas.

Prinsip mīzān dalam QS Al-Ḥadīd/57: 25 sejalan dengan teori Co-Creation sebagai teori utama, yang menekankan bahwa nilai ekonomi dibangun melalui interaksi multi-aktor dengan mekanisme yang transparan dan terukur. Venkat Ramaswamy menunjukkan bahwa kolaborasi hanya efektif jika didukung oleh sistem yang jelas dan akuntabel.

Sebagai penguat, Elinor Ostrom menekankan pentingnya aturan bersama yang terukur dalam pengelolaan sumber daya, sementara Herman Daly dan John Cobb menekankan keseimbangan dalam distribusi manfaat dan beban ekonomi.[101]

Temuan dalam Bab III menunjukkan bahwa sistem energi nasional masih menghadapi ketidakseimbangan dalam aspek ekonomi, terutama dalam penetapan tarif, distribusi manfaat, dan pembagian risiko proyek. Hal ini menunjukkan belum adanya standar keadilan yang terukur dalam sistem energi.

QS Al-Ḥadīd/57: 25 memberikan dasar bahwa keadilan harus ditegakkan melalui mīzān, yaitu standar ukur yang jelas.Berdasarkan hal tersebut, dirumuskan: Model Keadilan Ekonomi Energi Berbasis Mīzān (Measured Justice Model) Model ini menekankan bahwa seluruh kebijakan energi harus berbasis ukuran yang transparan, proporsional, dan dapat diuji.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui kebijakan yang memastikan keseimbangan antara biaya, manfaat, dan risiko dalam sistem energi. Model ini diterapkan melalui kebijakan penetapan tarif listrik berbasis cost-reflective, transparansi skema insentif energi terbarukan, pembagian risiko proyek yang proporsional, serta penggunaan indikator evaluasi yang terukur dalam setiap kebijakan energi.

Untuk memastikan penerapan prinsip mīzān berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut:

---

[101]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, 2014; Elinor Ostrom, *Governing the Commons*; Herman E. Daly and John B. Cobb, *For the Common Good*, 1989.

Keberhasilan model ini diukur melalui meningkatnya transparansi tarif, keseimbangan pembagian risiko proyek, fairness dalam distribusi manfaat ekonomi, akuntabilitas kebijakan, serta meningkatnya kepercayaan investor dan masyarakat terhadap sistem energi.

Disimpulkan sesuai ayat QS Al-Ḥadīd/57: 25 menegaskan bahwa keadilan harus ditegakkan melalui sistem yang memiliki ukuran yang jelas (mīzān). Dalam konteks energi, ayat ini menjadi dasar bagi pembangunan sistem ekonomi energi yang transparan, terukur, dan berkeadilan.

Dengan demikian, keberhasilan pengelolaan PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060 sangat bergantung pada kemampuan sistem dalam menerapkan prinsip mīzān sebagai standar keadilan ekonomi yang operasional. Dengan demikian, mīzān menjadi standar utama dalam memastikan keadilan ekonomi dalam sistem energi nasional.

c. Integritas dan Transparansi Pembiayaan Energi dalam Sistem PLN–PLTS

Submodel ini dibangun atas QS Al-Baqarah/2: 188 yang menegaskan larangan memperoleh harta melalui cara batil serta memanfaatkan kekuasaan atau sistem hukum untuk keuntungan tidak sah. Ayat ini menjadi dasar bahwa aktivitas ekonomi harus dijalankan secara jujur, transparan, dan akuntabel.

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi integritas pembiayaan *(financial integrity dimension),* yaitu pencegahan distorsi biaya dan penyalahgunaan sumber daya dalam sistem energi. Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini krusial karena sektor energi melibatkan investasi besar, kontrak jangka panjang, dan struktur biaya kompleks (CAPEX, OPEX, LCOE). Tanpa integritas, sistem berpotensi mengalami distorsi biaya dan inefisiensi.

Hal ini sejalan dengan temuan Bab III terkait mark-up proyek, kebocoran pembiayaan, ketidakterbukaan pengadaan, dan deviasi LCOE yang menghambat pengembangan PLTS dan merugikan publik.[102] Fokus analisis berada pada level pengendalian pembiayaan (financial governance control level), yaitu mekanisme yang memastikan kejujuran, transparansi, dan akuntabilitas dalam seluruh proses pembiayaan energi.

Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-Baqarah/2: 188:

---

[102]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034,*Bab V, mengenai struktur biaya pembangkitan, skema *Power Purchase Agreement* (PPA), dan pengembangan energi terbarukan; Bab VI, hlm. VI-1–VI-4, mengenai kebutuhan investasi dan pendanaan proyek ketenagalistrikan; serta Bab VII, mengenai risiko implementasi dan mitigasi proyek..

وَلَا تَأْكُلُوا أَمْوَالَكُم بَيْنَكُم بِالْبَاطِلِ وَتُدْلُوا بِهَا إِلَى الْحُكَّامِ لِتَأْكُلُوا فَرِيقًا مِّنْ أَمْوَالِ النَّاسِ بِالْإِثْمِ وَأَنتُمْ تَعْلَمُونَ

Janganlah kamu memakan harta di antara kamu dengan cara yang batil dan (janganlah) kamu membawa urusan itu kepada para hakim untuk memakan sebagian harta orang lain dengan jalan dosa, padahal kamu mengetahui.[103]

Para mufasir sepakat bahwa QS Al-Baqarah/2: 188 merupakan larangan menyeluruh terhadap segala bentuk pengambilan harta yang tidak sah, baik yang dilakukan secara langsung maupun melalui mekanisme yang tampak legal. Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa istilah بِالْبَاطِلِ mencakup penipuan, penggelapan, suap, serta berbagai bentuk rekayasa transaksi yang menyebabkan seseorang memperoleh harta bukan haknya. Ia juga menekankan bahwa frasa وَتُدْلُوا بِهَا إِلَى الْحُكَّامِ mengandung larangan menggunakan hakim, kekuasaan, atau sistem hukum sebagai alat untuk melegitimasi tindakan batil.

Dengan demikian, suatu keputusan yang sah secara hukum belum tentu sah secara syar'i apabila diperoleh melalui cara yang tidak benar.[104] Penafsiran ini diperkuat oleh Al-Qurṭubī yang memperluas makna ayat ini hingga mencakup praktik ekonomi yang tampak sah secara formal tetapi secara substansi tidak adil, seperti manipulasi kontrak, rekayasa administratif, dan penyalahgunaan kewenangan dalam distribusi harta. Ia menegaskan bahwa syariat tidak hanya menilai keabsahan transaksi secara lahiriah, tetapi juga keadilan proses dan niat yang melatarbelakanginya.[105]

Dalam perspektif yang lebih modern, Tafsir Al-Manār memandang ayat ini sebagai kritik terhadap sistem sosial-ekonomi yang memungkinkan kolusi antara kekuasaan dan kepentingan ekonomi. Rashid Rida menegaskan bahwa penyimpangan sering terjadi ketika hukum dimanfaatkan untuk melindungi kepentingan kelompok tertentu. Sejalan dengan itu, Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Mishbah menjelaskan bahwa ayat ini melarang praktik "legal namun manipulatif", yaitu tindakan yang secara administratif benar tetapi secara moral dan substansi tetap zalim.[106]

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa integritas ekonomi dalam Islam tidak cukup hanya dengan kepatuhan terhadap aturan formal, tetapi harus menjamin keadilan, transparansi, dan kejujuran dalam seluruh proses perolehan dan distribusi harta. Distorsi

---

[103]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya* (2019).

[104]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 3, hal. 548-552

[105]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 2, hal. 337-341.

[106]Rashid Rida, vol 2,hal. 157-161 Quraish Shihab. Vol.1 hal.413-415

ekonomi yang paling berbahaya justru terjadi ketika ketidakadilan disamarkan dalam bentuk legalitas formal.

QS Al-Baqarah/2: 188 menegaskan bahwa pembiayaan sektor energi harus bebas dari manipulasi dan penyalahgunaan kekuasaan. Dalam PLN–PLTS, prinsip ini menuntut transparansi dari perencanaan hingga penetapan biaya. Sistem energi tidak boleh menjadi ruang praktik rente, mark-up, dan kolusi yang menyebabkan distorsi biaya. Ayat ini menjadi dasar pembangunan sistem pembiayaan energi berbasis integritas, transparansi, dan akuntabilitas.

Konsep *"bāṭil"* dalam ayat ini menunjukkan bahwa penyimpangan ekonomi tidak hanya bersifat ilegal, tetapi juga mencakup praktik manipulatif yang merusak keadilan sistem, yang dalam konteks energi modern diterjemahkan sebagai mark-up proyek, deviasi LCOE, dan kolusi dalam pengadaan

Prinsip ini sejalan dengan teori Co-Creation, yang menekankan kepercayaan dan transparansi antar aktor. Tanpa integritas, sistem kolaboratif tidak dapat berjalan. Sebagai penguat, teori *Governing the Commons* oleh Elinor Ostrom menekankan pengawasan kolektif, sementara konsep Common Good oleh Herman E. Daly menegaskan keseimbangan kepentingan individu dan publik.[107]

Dalam Bab III menunjukkan temuan potensi penyimpangan seperti mark-up proyek dan deviasi LCOE.

QS Al-Baqarah/2: 188 menegaskan larangan memperoleh harta secara batil. Dirumuskan: Model Pembiayaan Energi Berbasis Integritas, Transparansi, dan Anti-Manipulasi, dengan kejujuran sebagai fondasi sistem.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui mekanisme pengendalian pembiayaan yang memastikan transparansi dan validitas data dalam setiap tahapan proyek energi. Model ini diterapkan melalui transparansi biaya, validasi LCOE berbasis benchmark internasional, serta e-procurement terbuka. Audit BPK dan pengawasan LKPP menjadi pengendali utama. Secara kuantitatif, praktik yang sehat menunjukkan deviasi biaya <10% dan transparansi tender >80% proyek terbuka.[108]

---

[107]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.21–46; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Herman E. Daly and John B. Cobb Jr., *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*, 2nd ed..., hal.35–68.

[108]International Energy Agency (IEA), *Projected Costs of Generating Electricity 2020* (Paris: IEA, 2020), hal.19–42; World Bank, *Benchmarking Infrastructure Development 2020: Assessing Regulatory Quality to Prepare, Procure, and Manage PPPs and Traditional Public Investment in Infrastructure Projects* ,Washington, DC: World Bank, 2020, hal.97–126; Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP),

Untuk memastikan integritas pembiayaan berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut:Indikator Keberhasilan (KPI) Keberhasilan ditandai oleh transparansi keuangan ≥80%, penurunan deviasi LCOE menjadi <10% (2030), <5% (2040), <3% (2050–2060), serta temuan audit <5% proyek dan kepatuhan tender >90% sesuai standar IEA, OECD, dan World Bank[109].

Dapat disimpulan QS Al-Baqarah (2): 188 menegaskan bahwa sistem ekonomi harus bebas dari praktik batil dan manipulasi kekuasaan. Dalam energi, ayat ini menjadi dasar pembiayaan yang transparan dan akuntabel. Keberhasilan NZE 2060 sangat bergantung pada integritas pembiayaan yang mampu mencegah distorsi biaya dan menjaga kepercayaan publik terhadap sistem PLN–PLTS. Dengan demikian, integritas pembiayaan menjadi prasyarat utama dalam menjaga efisiensi, keadilan, dan keberlanjutan sistem energi nasional

d. Akuntabilitas & Kepastian Hukum dalam Sistem Energi

Sub model ini dibangun atas QS Al-Isrā'/17: 35 dan QS Al-An'ām/6: 115 yang menegaskan dua prinsip utama, yaitu akurasi pengukuran dan kepastian hukum. QS Al-Isrā'/17: 35 menekankan penyempurnaan takaran dan timbangan sebagai dasar standar ukur yang akurat dan dapat dipercaya, sedangkan QS Al-An'ām/6: 115 menegaskan bahwa ketetapan Allah bersifat benar, adil, dan tidak dapat diubah sebagai dasar kepastian hukum.

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi akuntabilitas dan kepastian hukum (accountability and regulatory certainty dimension), yaitu integrasi antara keakuratan data dan stabilitas regulasi dalam sistem energi. Dalam pengelolaan energi PLN–PLTS, prinsip ini menjadi krusial karena sistem energi bertumpu pada data (biaya, kinerja, efisiensi, emisi) dan regulasi. Tanpa pengukuran akurat dan kebijakan stabil, sistem kehilangan akuntabilitas, meningkatkan ketidakpastian investasi, dan menghambat transisi menuju NZE 2060. Temuan Bab III juga menunjukkan lemahnya transparansi biaya, audit, dan stabilitas kebijakan yang berdampak pada rendahnya kepercayaan investor.[110] Fokus analisis berada pada level sistem data dan regulasi (data and regulatory system level), yaitu bagaimana

---

Peraturan LKPP Nomor 12 Tahun 2021 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah melalui Penyedia, Bab III.

[109]Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD)D (2021); International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022).

[110]Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action* ,Boston: Harvard Business School Press, 1996, hal. 2–24; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 21–46.

pengukuran yang akurat dan kebijakan yang konsisten membentuk kredibilitas sistem energi.

Firman Al-Qur'an QS Al-Isrā'/17: 35

وَأَوْفُوا ٱلْكَيْلَ إِذَا كِلْتُمْ وَزِنُوا بِٱلْقِسْطَاسِ ٱلْمُسْتَقِيمِ

Sempurnakanlah takaran apabila kamu menakar, dan timbanglah dengan timbangan yang benar.[111]

QS Al-An'ām/6: 115

وَتَمَّتْ كَلِمَتُ رَبِّكَ صِدْقًا وَعَدْلًا ۚ لَا مُبَدِّلَ لِكَلِمَاتِهِ

Telah sempurna kalimat Tuhanmu sebagai kalimat yang benar dan adil; tidak ada yang dapat mengubahnya.

Analisa Tafsir para mufasir QS Al-Isrā'/17: 35 dalam kitab tafsirnya Al-Tabari menafsirkan ayat ini sebagai perintah untuk menyempurnakan takaran dan timbangan secara adil, yaitu memberikan hak orang lain secara penuh tanpa pengurangan. Ia menjelaskan bahwa *al-qisṭās al-mustaqīm* adalah timbangan yang lurus dan tidak menyimpang, sehingga keadilan tidak hanya ditentukan oleh alat ukur, tetapi juga oleh kejujuran pelaksanaannya. Penutup ayat menunjukkan bahwa kejujuran dalam pengukuran akan membawa hasil yang lebih baik, baik dalam kehidupan sosial maupun dalam balasan di sisi Allah.[112]

Al-Qurtubi menegaskan bahwa ayat ini mencakup kewajiban menggunakan standar ukur yang benar sekaligus menegakkan keadilan dalam transaksi. Ia menekankan bahwa kejujuran dalam pengukuran bukan sekadar aspek teknis, tetapi bagian dari prinsip keadilan sosial yang membawa keberkahan dan stabilitas dalam kehidupan masyarakat.[113] Adapun Ibn Ashur menjelaskan bahwa frasa "إِذَا كِلْتُمْ" menunjukkan kewajiban yang berlaku terus-menerus setiap kali pengukuran dilakukan. Hal ini menegaskan bahwa keadilan tidak bersifat insidental, tetapi harus menjadi sistem yang konsisten dan terstandar, sehingga tidak ada ruang bagi penyimpangan sekecil apa pun dalam praktik ekonomi.[114] Sedangkan Quraish Shihab menafsirkan ayat ini sebagai tuntutan kejujuran dalam seluruh bentuk pengukuran, baik dalam perdagangan maupun dalam relasi sosial. Standar yang benar harus tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga

---

[111]Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2019, QS al-Isrā'/17: 35.

[112]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol.17, hal. 445.

[113]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān*..., vol.10, hal. 256–257.

[114]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr*..., vol 15, hal. 97–99.

bebas dari niat manipulasi, sehingga keadilan yang dihasilkan bersifat substantif, bukan sekadar formal.[115]Adapun Hamka dalam tafsinya menekankan dimensi praktis ayat ini dalam kehidupan ekonomi, bahwa kejujuran dalam takaran merupakan fondasi kepercayaan masyarakat. Ia menunjukkan bahwa kecurangan hanya memberikan keuntungan sementara, sedangkan kejujuran menciptakan stabilitas, ketenteraman sosial, dan keberkahan dalam sistem ekonomi.[116]

Sedangkan para mufasir dalam menafsirkan ayat QS Al-An‘ām/6: 115 diantaranya Al-Tabari menafsirkan bahwa kalimat Allah telah sempurna dalam kebenaran (*ṣidq*) dan keadilan (*‘adl*), di mana kebenaran mencakup seluruh berita dan janji, sedangkan keadilan mencakup seluruh hukum yang ditetapkan. Ia menegaskan bahwa ketetapan Allah tidak dapat diubah, sehingga menjadi dasar kepastian absolut dalam sistem hukum.[117] Al-Qurtubi menjelaskan bahwa ayat ini menunjukkan kesempurnaan hukum Allah yang tidak mengandung kesalahan dan tidak dapat dibatalkan. Hukum ilahi bersifat tetap dan tidak tunduk pada perubahan kepentingan manusia, sehingga menjadi fondasi stabilitas dalam kehidupan sosial.[118] Adapun Muhammad Rashid Rida memaknai ayat ini sebagai sunnatullah dalam kehidupan sosial dan sejarah, di mana ketetapan Allah bersifat pasti dan tidak dapat diubah oleh kekuatan manusia. Hal ini menunjukkan adanya hukum universal yang mengatur keteraturan sistem kehidupan.[119]

Semantara itu, Quraish Shihab menegaskan bahwa ayat ini menunjukkan kesempurnaan sistem nilai ilahi yang benar dan adil serta tidak dapat diubah, sehingga menjadi dasar kepastian hukum dan konsistensi sistem kehidupan manusia.[120] Adapun Hamka menekankan bahwa hanya hukum Allah yang bersifat tetap dan benar, sedangkan sistem manusia cenderung berubah-ubah. Oleh karena itu, ayat ini menjadi kritik terhadap ketidakstabilan sistem buatan manusia sekaligus penegasan pentingnya kepastian hukum.[121]

Prinsip keakuratan (*al-qisṭās al-mustaqīm*) dan kepastian hukum (lā mubaddila li kalimātih) dalam ayat ini menunjukkan bahwa sistem yang kredibel harus berbasis data yang dapat diverifikasi dan regulasi yang tidak

---

[115]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*..., vol. 7. hal

[116]Hamka, *Tafsir Al-Azhar...,*vol. 6, hal. 4056–4058

[117]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...,* vol. 12, hal. 62–63

[118]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ*..., vol. 7, hal. 70–71.

[119]Muḥammad Rashīd Riḍā, *Tafsīr al-Qur’ān al-Ḥakīm*..., vol. 8

[120]Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*,... vol. 4 , hal 261–262.

[121]Hamka, *Tafsir Al-Azhar*..., vol.3, hal. 2155–2156.

mudah berubah, yang dalam konteks energi modern diterjemahkan sebagai sistem MRV (Measurement, Reporting, Verification) dan stabilitas kebijaka

Kedua ayat ini menunjukkan bahwa Al-Qur'an membangun sistem keadilan berbasis dua pilar utama, yaitu akurasi pengukuran dan kepastian hukum. QS Al-Isrā'/17: 35 menekankan standar ukur yang akurat dan dapat diverifikasi, sedangkan QS Al-An'ām/6: 115 menegaskan hukum yang benar, adil, dan konsisten. Dengan demikian, keadilan dalam Al-Qur'an tidak hanya bersifat normatif, tetapi juga operasional dan sistemik.

Dalam sistem energi modern, prinsip ini menuntut akuntabilitas berbasis data yang akurat serta regulasi yang stabil. Tanpa keduanya, sistem kehilangan kredibilitas dan sulit menarik investasi jangka panjang. Prinsip ini sejalan dengan teori Co-Creation yang menempatkan transparansi dan trust sebagai fondasi kolaborasi multi-aktor.[122] Sebagai penguat, Ostrom menegaskan pentingnya aturan yang stabil dalam pengelolaan sumber daya bersama.[123]

Dalam Temuan Bab III menunjukkan lemahnya transparansi data, audit, dan stabilitas regulasi. QS Al-Isrā'/17: 35 memberikan prinsip akurasi pengukuran, sedangkan QS Al-An'ām/6: 115 memberikan prinsip kepastian hukum. Dari sini dirumuskan Model Akuntabilitas Energi Berbasis MRV dan Kepastian Regulasi, yang mengintegrasikan pengukuran akurat dan regulasi stabil sebagai fondasi kepercayaan sistem energi. Dengan demikian, dirumuskan Model Akuntabilitas Energi Berbasis MRV dan Kepastian Regulasi, yang menekankan integrasi antara keakuratan data dan konsistensi kebijakan sebagai fondasi kepercayaan sistem

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui sistem pengelolaan data dan regulasi yang terintegrasi dan transparan Implementasi dilakukan melalui kebijakan penguatan MRV nasional, digitalisasi data energi, audit independen, serta stabilisasi kebijakan energi.

Untuk memastikan efektivitas akuntabilitas dan kepastian hukum, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut:Indikator Keberhasilan (KPI) diukur melalui transparansi biaya, akurasi data energi, stabilitas kebijakan, kepercayaan investor, serta menurunnya sengketa proyek.

Hasil Analisa QS Al-Isrā'/17: 35 dan QS Al-An'ām/6: 115 menegaskan bahwa sistem yang adil harus berbasis ukuran yang akurat dan hukum yang pasti. Dalam konteks energi, prinsip ini menjadi fondasi sistem yang kredibel dan stabil untuk mencapai NZE 2060.

---

[122]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal 27

[123]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*,...hal..23.

Dengan demikian, akurasi data dan kepastian regulasi menjadi fondasi utama dalam membangun sistem energi yang kredibel, stabil, dan berkelanjutan

4. Sinkronisasi SDM, Teknologi, dan Integritas

Subbab ini membahas fondasi kapasitas sistem energi yang mencakup kualitas SDM, inovasi teknologi, dan integritas operasional dalam pengelolaan PLN–PLTS sebagai prasyarat transisi menuju *Net Zero Emission* 2060. Ayat-ayat Al-Qur'an difungsikan secara operasional untuk menjawab masalah empiris, seperti keterbatasan SDM tersertifikasi, keterlambatan teknologi, dan rendahnya integritas teknis.

Model ini berlandaskan profesionalisme SDM (QS Al-Qaṣaṣ/28: 26) yang dioperasionalkan pada submodel kompetensi dan sertifikasi SDM (V.D.4.a), inovasi berbasis ilmu (QS Al-'Alaq/96:1–5) pada submodel pengembangan teknologi dan smart grid (V.D.4.b), serta integritas dan akurasi operasional (QS Al-Muṭaffifīn/83:1–3) pada submodel etika dan tata kelola SDM (V.D.4.c), yang secara terpadu membentuk sistem energi yang kompeten, adaptif, dan terpercaya.

Secara operasional diterapkan melalui sertifikasi SDM, pengembangan smart grid dan R&D, serta penguatan SOP dan audit. Keberhasilan diukur melalui peningkatan SDM tersertifikasi,

a. Profesionalisme SDM Energi Terbarukan (PLTS).

Submodel ini dibangun atas QS Al-Qaṣaṣ (28): 26 yang menegaskan prinsip dasar dalam pemilihan dan pengelolaan sumber daya manusia, yaitu kekuatan (kompetensi) dan amanah (integritas). Ayat ini menjadi dasar bahwa kualitas SDM tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis, tetapi juga oleh kejujuran dan tanggung jawab. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi sumber daya manusia (human capital dimension), yaitu peran kompetensi dan integritas SDM dalam mendukung kinerja sistem energi

Dalam konteks pengembangan energi terbarukan, khususnya PLTS, prinsip ini menjadi sangat penting karena sistem energi modern menuntut SDM yang memiliki keahlian teknis spesifik, seperti desain sistem, instalasi, operasi, dan pemeliharaan. Tanpa SDM yang kompeten, sistem PLTS berisiko mengalami kegagalan teknis, penurunan efisiensi, dan gangguan keandalan.

Hal ini sejalan dengan temuan pada Bab III yang menunjukkan adanya keterbatasan SDM PLTS, rendahnya tingkat sertifikasi tenaga kerja, serta kesenjangan kompetensi teknis, yang menjadi salah satu hambatan utama dalam percepatan transisi energi.[124] Fokus analisis berada pada level

[124]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., hal.87–113; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang*

kapasitas SDM (human resource capability level), yaitu bagaimana kualitas kompetensi dan integritas tenaga kerja menentukan keandalan sistem energi. Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-Qaṣaṣ/28: 26:

قَالَتْ إِحْدَاهُمَا يَا أَبَتِ اسْتَأْجِرْهُ ۖ إِنَّ خَيْرَ مَنِ اسْتَأْجَرْتَ الْقَوِيُّ الْأَمِينُ

Salah seorang dari kedua perempuan itu berkata: 'Wahai ayahku, ambillah dia sebagai pekerja, karena sesungguhnya orang terbaik yang engkau ambil sebagai pekerja adalah yang kuat lagi terpercaya.[125]

Para mufasir menempatkan ayat ini sebagai prinsip universal dalam manajemen SDM. Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa kata الْقَوِيُّ (kuat) merujuk pada kemampuan dan kecakapan dalam menjalankan tugas, sedangkan الْأَمِينُ (amanah) merujuk pada kejujuran dan tanggung jawab dalam menjaga kepercayaan. Dengan demikian, kriteria SDM ideal adalah kombinasi antara kompetensi teknis dan integritas moral.[126] Adapun Ar-Rāzī memperdalam makna ini dengan menegaskan bahwa kekuatan tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga mencakup kecerdasan, keahlian, dan kapasitas profesional dalam menyelesaikan pekerjaan. Sementara amanah mencakup komitmen untuk tidak menyalahgunakan wewenang dan menjaga kualitas kerja. Ia menekankan bahwa tanpa amanah, kekuatan justru dapat menjadi sumber kerusakan.[127] Dalam Tafsir Al-Mishbah, Quraish Shihab menegaskan bahwa ayat inimemberikan standar profesionalisme yang seimbang antara kompetensi dan etika. Menurutnya, keberhasilan suatu sistem sangat ditentukan oleh kualitas SDM yang tidak hanya mampu bekerja, tetapi juga dapat dipercaya. Iajuga menekankan bahwa pemilihan SDM harus berbasis meritokrasi, bukan kedekatan atau kepentingan tertentu.[128]

Konsep al-qawiyy *(kompetensi)* dan al-amīn (amanah) dalam ayat ini menunjukkan bahwa kualitas SDM harus diukur tidak hanya dari kemampuan teknis, tetapi juga dari integritas, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai sertifikasi kompetensi, standar operasional, dan etika profesional.

---

*Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034,*Bab VIII, mengenai pengembangan sumber daya manusia, transformasi organisasi, dan peningkatan kompetensi untuk mendukung transisi energi; lihat juga pembahasan Bab III disertasi mengenai SDM, sertifikasi, dan kompetensi teknis..

[125]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya* (2019), QS Al-Qaṣaṣ/28: 26.

[126]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol.19, hal. 561-563.

[127]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb*...,vol. 24, hal. 587-592.

[128]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah*..., vol. 10, hal. 333=335

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa profesionalisme dalam Islam mensyaratkan dua pilar utama: kompetensi (quwwah) dan integritas (amanah), yang tidak dapat dipisahkan dalam membangun sistem yang efektif dan berkelanjutan.

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-Qaṣaṣ/28: 26 menegaskan bahwa keberhasilan sistem energi sangat bergantung pada kualitas SDM yang mengelolanya. Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini berarti bahwa pengembangan energi terbarukan harus didukung oleh SDM yang memiliki kompetensi teknis yang memadai sekaligus integritas dalam menjalankan tugas. Sistem energi tidak dapat berjalan optimal jika SDM tidak tersertifikasi, tidak terlatih, atau tidak memiliki standar profesional yang jelas. Dengan demikian, ayat ini menjadi dasar konseptual bagi pembangunan sistem energi berbasis profesionalisme SDM, standar kompetensi, dan integritas kerja.

Prinsip ini sejalan dengan teori Co-Creation, yang menekankan bahwa penciptaan nilai bergantung pada kualitas interaksi antar aktor, termasuk kompetensi SDM. Sebagai penguat, teori Dynamic Capabilities menekankan pentingnya kemampuan organisasi dalam membangun dan mengembangkan kompetensi SDM, sementara pendekatan tata Kelola oleh Elinor Ostrom menunjukkan bahwa keberhasilan sistem sangat dipengaruhi oleh kapasitas pelaku dalam mengelola sumber daya secara efektif.[129]

Dalam Bab III menunjukkan adanya kekurangan SDM PLTS dan rendahnya tingkat kompetensi teknis. Dijawab oleh QS Al-Qaṣaṣ/28: 26 memberikan dasar bahwa SDM ideal harus memiliki kekuatan (kompetensi) dan amanah (integritas)

Berdasarkan hal tersebut dirumuskan: Model Pengembangan SDM Energi Berbasis Kompetensi dan Integritas (Quwwah–Amanah Model). Model ini menempatkan sertifikasi, pelatihan, dan etika profesional sebagai fondasi penguatan SDM energi. Dengan demikian, dirumuskan Model Pengembangan SDM Energi Berbasis Kompetensi dan Integritas (Quwwah–Amanah Model), yang menekankan keseimbangan antara keahlian teknis dan tanggung jawab profesional.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui sistem pengembangan SDM yang terstruktur dan berbasis kebutuhan industri energi. Model ini diterapkan melalui kebijakan penguatan standar kompetensi nasional (SKKNI Energi atau Serkom), sertifikasi tenaga kerja PLTS, serta program pelatihan berbasis industri. Pengembangan kurikulum vokasi dan kolaborasi antara pemerintah, PLN, dan sektor swasta juga menjadi kunci. Secara kuantitatif, sistem yang sehat menargetkan

[129]Ramaswamy & Ozcan, *Co-Creation Paradigm...*, hal. 80; Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 95.

peningkatan tenaga kerja tersertifikasi hingga ≥70–80% dari total SDM teknis, sesuai standar pengembangan tenaga kerja energi internasional.[130]

Untuk memastikan efektivitas pengembangan SDM, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut*:* Indikator Keberhasilan (KPI) Keberhasilan model ini ditandai oleh peningkatan tingkat sertifikasi SDM hingga ≥70% (2030), ≥85% (2040), dan ≥95% (2050–2060). Selain itu, kualitas instalasi dan operasi PLTS meningkat, yang tercermin dari penurunan kesalahan teknis dan meningkatnya efisiensi sistem. Indikator ini sejalan dengan standar pengembangan SDM energi menurut IEA dan IRENA.[131]

Hasil Kesimpulan QS Al-Qaṣaṣ/28: 26 menegaskan bahwa SDM terbaik adalah yang memiliki kompetensi dan integritas. Dalam konteks energi, ayat ini menjadi dasar pembangunan SDM profesional yang mampu mendukung pengembangan PLTS secara efektif.

Dengan demikian, keberhasilan transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 sangat bergantung pada kualitas SDM yang tersertifikasi, kompeten, dan amanah dalam mengelola sistem energi nasional. Dengan demikian, kualitas SDM menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan operasional dan keberlanjutan sistem energi nasional.

b. Inovasi TeknologiE nergi dan Smart Grid

Submodel ini dibangun atas QS Al-‘Alaq/96: 1–5 yang menegaskan pentingnya ilmu pengetahuan, pembelajaran, dan pengembangan teknologi sebagai fondasi kemajuan manusia. Ayat ini menunjukkan bahwa proses membaca, belajar, dan menulis merupakan basis utama dalam pengembangan peradaban. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi inovasi teknologi (technology and innovation dimension), yaitu peran ilmu pengetahuan dan digitalisasi dalam meningkatkan kinerja sistem energi.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, khususnya sistem PLN–PLTS, prinsip ini menjadi sangat penting karena transformasi energi tidak hanya bergantung pada sumber daya, tetapi juga pada kemampuan teknologi. Sistem energi modern menuntut inovasi dalam bentuk digitalisasi jaringan, integrasi smart grid, serta pengembangan teknologi berbasis data.

Hal ini sejalan dengan temuan pada Bab III yang menunjukkan adanya

keterlambatan adopsi teknologi, rendahnya investasi R&D, serta keterbatasan pengembangan smart grid, yang menjadi hambatan dalam integrasi PLTS ke dalam sistem kelistrikan nasional.[132] Fokus analisis berada

---

[130]Kemenaker RI, *SKKNI Energi...*, hal.. 15; IRENA, *Renewable Energy Jobs...*, hal. 63.

[131]International Energy Agency (IEA), *Energy Workforce Development*; IRENA, *Renewable Energy Jobs..,* hal.72

[132] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN*

pada level kapasitas teknologi (technological capability level), yaitu kemampuan sistem dalam mengadopsi, mengembangkan, dan mengintegrasikan teknologi energi secara berkelanjutan

Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-'Alaq/96: 1–5:

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ۝ خَلَقَ الْإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ ۝ اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ ۝ الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ۝ عَلَّمَ الْإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ

Bacalah dengan nama Tuhanmu yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Mulia. Yang mengajarkan (manusia) dengan pena. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.

Analisa Para mufasir memandang QS Al-'Alaq/96: 1–5 sebagai fondasi epistemologis dalam Islam. Al-Ṭabarī menafsirkan perintah اقْرَأْ (iqra') sebagai dorongan untuk memperoleh ilmu melalui proses membaca, memahami, dan mengkaji ciptaan Allah. Ia menegaskan bahwa ilmu merupakan jalan utama manusia dalam memahami realitas dan mengembangkan kemampuan hidupnya.[133] Tafsir al-Qurṭubī menekankan bahwa aktivitas membaca harus dimulai dengan kesadaran ketuhanan ("bismi rabbik"), sehingga ilmu terikat pada nilai etika dan tanggung jawab. Sementara itu, frasa "alladzī 'allama bil-qalam" menunjukkan pentingnya sistem pencatatan dan transfer ilmu sebagai dasar peradaban dan kemajuan teknologi.[134]

Menurut al-Rāzī, *"iqra' bismi rabbik"* menegaskan bahwa membaca adalah proses memahami wahyu yang berlandaskan kesadaran ketuhanan, bukan sekadar aktivitas intelektual. Kata *rabb* menunjukkan proses tarbiyah, yaitu perkembangan manusia dari kondisi lemah ('alaq) menuju kesempurnaan sebagai bukti pengaturan Ilahi. Lebih lanjut, *"alladzī 'allama bil-qalam"* menegaskan bahwa kemuliaan manusia terletak pada ilmu, dengan pena sebagai simbol sistem pengetahuan dan transmisi ilmu. Transformasi dari kebodohan menuju ilmu menunjukkan bahwa kesempurnaan manusia bergantung pada integrasi wahyu, ilmu, dan

---

*(Persero) Tahun 2025–2034,..,*Bab II, hal. II-24–II-25 mengenai fleksibilitas sistem, *Battery Energy Storage System* (BESS), dan integrasi *Variable Renewable Energy* (VRE); hal. II-42 mengenai pengembangan *Smart Grid* dan digitalisasi jaringan distribusi; serta Bab VIII mengenai pengembangan teknologi, inovasi, dan sumber daya manusia untuk mendukung transisi energi.

[133]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān*..., vol. 24, hal. 519-522

[134]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān*.., vol.15, hal 117-122

pembelajaran berkelanjutan.[135]Sedangkan Dalam Tafsir Al-Mishbah, Quraish Shihab menjelaskan bahwa ayat ini merupakan perintah universal untuk membangun peradaban berbasis ilmu. Ia menekankan bahwa manusia tidak hanya diperintahkan untuk belajar, tetapi juga untuk mengembangkan pengetahuan baru. Frasa عَلَّمَ الْإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ menunjukkan bahwa inovasi merupakan bagian dari sunnatullah dalam perkembangan manusia.[136] Konsep iqra' dan "allama bil-qalam" dalam ayat ini menunjukkan bahwa inovasi lahir dari proses pembelajaran dan pengembangan pengetahuan, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai riset, digitalisasi, dan pengembangan teknologi berbasis data.

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa Islam mendorong pengembangan ilmu dan teknologi sebagai bagian dari tanggung jawab manusia dalam mengelola kehidupan secara lebih baik. Inovasi bukan sekadar pilihan, tetapi merupakan kebutuhan sistemik untuk mencapai kemajuan dan keberlanjutan.

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-'Alaq/96: 1–5 menegaskan bahwa pengembangan sistem energi harus berbasis ilmu pengetahuan dan inovasi teknologi. Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini berarti bahwa integrasi energi terbarukan tidak dapat dilakukan tanpa dukungan teknologi seperti smart grid, digitalisasi jaringan, dan sistem monitoring berbasis data. Tanpa inovasi, sistem energi akan tetap rigid dan sulit mengakomodasi variabilitas energi surya.

Dengan demikian, ayat ini menjadi dasar konseptual bagi pembangunan sistem energi berbasis inovasi, digitalisasi, dan pengembangan teknologi berkelanjutan.

Prinsip ini sejalan dengan teori Smart Grid and Energy Transition, yang menekankan pentingnya digitalisasi dan integrasi teknologi dalam sistem energi modern. Dalam kerangka Co-Creation, inovasi teknologi terjadi melalui interaksi antara berbagai aktor, termasuk pemerintah, industri, dan lembaga riset. Sementara itu, pendekatan inovasi sistem juga didukung oleh kolaborasi riset seperti yang dilakukan oleh PLN dan Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam pengembangan teknologi energi.[137]

Dalam Bab III menunjukkan adanya keterlambatan teknologi, rendahnya R&D, dan belum optimalnya smart grid.Sebagai jawaban dalam Al Qur'an menggunakan ayat QS Al-'Alaq/96: 1–5 memberikan dasar bahwa kemajuan sistem harus berbasis ilmu dan inovasi.

---

[135]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 32,hal. 215-219

[136]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 15, hal.392-402

[137]Ramaswamy and Özcan, *Co-Creation Paradigm...*, hal. 125; PLN–BRIN, *Laporan Riset Energi...*, hal. 28.

Sehingga perlu Dirumuskan: Model Inovasi Teknologi Energi Berbasis Ilmu, R&D, dan Smart Grid.Model ini menempatkan riset, digitalisasi, dan inovasi sebagai fondasi transformasi energi.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui penguatan ekosistem inovasi yang terintegrasi antara riset, industri, dan sistem operasional energi. Model ini diterapkan melalui Kebijakan peningkatan investasi R&D energi, pengembangan smart grid, serta digitalisasi sistem kelistrikan. Kolaborasi antara PLN, BRIN, dan sektor industri menjadi kunci dalam akselerasi inovasi. Secara kuantitatif, standar internasional menunjukkan bahwa investasi R&D energi yang sehat berada pada kisaran ≥1–2% dari total belanja energi, serta pengembangan smart grid minimal ≥30% digitalisasi jaringan pada tahap awal transisi.[138]

Untuk memastikan efektivitas inovasi teknologi, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut*:* Indikator Keberhasilan (KPI) model ini ditandai dengan peningkatan implementasi smart grid hingga ≥30% (2030), ≥50% (2040), ≥70% (2050–2060), serta peningkatan investasi R&D energi secara berkelanjutan. Selain itu, integrasi PLTS ke jaringan meningkat dan curtailment menurun. Indikator ini sejalan dengan standar pengembangan teknologi energi menurut IEA dan IRENA.[139]

Hasil Kesimpulan QS Al-'Alaq/96: 1–5 menegaskan bahwa kemajuan sistem bergantung pada ilmu dan inovasi. Dalam konteks energi, ayat ini menjadi dasar pengembangan teknologi dan digitalisasi sistem kelistrikan.

Dengan demikian, keberhasilan transisi menuju *Net Zero Emission* 2060 sangat ditentukan oleh kemampuan sistem dalam mengembangkan teknologi, meningkatkan R&D, dan mengimplementasikan smart grid secara luas. Dengan demikian, inovasi teknologi menjadi faktor kunci dalam meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi sistem energi nasional**.**

c. Etika dan Integritas SDM Energi

Submodel ini dibangun atas QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3 yang menegaskan larangan kecurangan dalam takaran dan timbangan sebagai prinsip dasar integritas dalam aktivitas ekonomi. Ayat ini menjadi landasan bahwa kualitas SDM tidak hanya ditentukan oleh kompetensi, tetapi juga oleh kejujuran dan akurasi dalam pelaksanaan kerja.

Berbeda dengan subbab sebelumnya (V.D.4.a) yang menekankan pada kompetensi dan integritas SDM pada level kapasitas individu (human capital), subbab ini berfokus pada implementasi integritas tersebut dalam praktik operasional sehari-hari (operational ethics), khususnya dalam akurasi

---

[138]International Energy Agency (IEA), *Energy Technology Perspectives...*, hal. 215; OECD, *Science Indicators...*, hal. 88.

[139]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Innovation Landscape*, hal. 50; IEA, *Smart Grid Roadmap...*, hal. 22

teknis, kejujuran pelaporan, dan kepatuhan terhadap standar. D.4.a membahas kualitas SDM dari sisi kompetensi dan integritas individu, sedangkan V.D.4.c membahas bagaimana integritas tersebut diterapkan dalam praktik operasional sehari-hari, khususnya dalam akurasi teknis dan kejujuran pelaksanaan.

Dalam konteks PLN–PLTS, prinsip ini penting karena sistem energi bergantung pada ketepatan teknis, kejujuran pelaporan, dan kepatuhan terhadap standar operasional. Tanpa integritas, sistem berisiko mengalami kesalahan teknis, manipulasi data, dan korupsi operasional. Hal ini sejalan dengan temuan Bab III terkait rendahnya integritas SDM, potensi korupsi teknis, dan ketidakakuratan operasional, yang berdampak pada efisiensi dan keandalan sistem.[140] Fokus analisis berada pada level integritas operasional (operational integrity level), yaitu sejauh mana akurasi, kejujuran, dan kepatuhan terhadap standar dijaga dalam praktik sehari-hari.

Firman Allah dalam Al-Qur'an QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3:

وَيْلٌ لِّلْمُطَفِّفِينَ ۝ الَّذِينَ إِذَا اكْتَالُوا عَلَى النَّاسِ يَسْتَوْفُونَ ۝ وَإِذَا كَالُوهُمْ أَو وَّزَنُوهُمْ يُخْسِرُونَ

Celakalah bagi orang-orang yang curang, yaitu orang-orang yang apabila menerima takaran dari orang lain mereka minta dipenuhi, dan apabila mereka menakar atau menimbang untuk orang lain, mereka mengurangi.

Pendapat Para mufasir sepakat bahwa ayat ini merupakan kecaman keras terhadap segala bentuk kecurangan dalam transaksi. Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa istilah المطففين merujuk pada orang-orang yang mengurangi takaran atau timbangan secara sengaja, baik dalam bentuk fisik maupun dalam bentuk hak. Ia menegaskan bahwa kecurangan tersebut bukan hanya persoalan teknis, tetapi merupakan pelanggaran moral yang merusak keadilan sosial.[141]

Al-Qurṭubī memperluas makna ayat ini dengan menyatakan bahwa kecurangan tidak terbatas pada timbangan barang, tetapi mencakup seluruh bentuk ketidakjujuran dalam interaksi ekonomi, termasuk manipulasi kualitas, pengurangan standar, dan pelanggaran kontrak. Ia menekankan bahwa keadilan dalam ukuran dan standar merupakan fondasi utama dalam menjaga kepercayaan dalam masyarakat.[142] Dalam Tafsir Al-Manār, ayat ini dipahami sebagai kritik terhadap perilaku ekonomi yang eksploitatif, di mana

---

[140]David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*..., 87–113; Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm* ,..,hal., 21–46; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* (,..,), 88–102.

[141]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān*..., vol. 24, hal. 277–281.

[142]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān*..., vol. 19, hal. 250–254;

seseorang mengambil keuntungan maksimal untuk dirinya sendiri tetapi merugikan pihak lain.[143] Sementara itu, Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Mishbah menegaskan bahwa ayat ini mencerminkan prinsip universal etika kerja, yaitu konsistensi antara hak yang diambil dan kewajiban yang diberikan. Ia menekankan bahwa kecurangan sekecil apa pun dapat merusak sistem secara keseluruhan.[144]

Dengan demikian, tafsir klasik hingga kontemporer menunjukkan bahwa integritas tidak hanya berarti tidak melakukan korupsi besar, tetapi juga mencakup kejujuran dalam detail pekerjaan, akurasi teknis, dan konsistensi antara standar dan pelaksanaan.

Dalam tata Kelola Energi QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3 menegaskan bahwa sistem energi harus dijalankan dengan standar integritas tinggi. Dalam Pengelolaan PLN–PLTS, prinsip ini menuntut akurasi dalam instalasi, pengukuran energi, pelaporan, dan pemeliharaan. Sistem tidak boleh mengalami distorsi akibat manipulasi data atau penurunan kualitas pekerjaan.

Ayat ini menjadi dasar pembangunan sistem berbasis etika kerja, akurasi teknis, dan integritas operasional.

Prinsip ini sejalan dengan konsep operational integrity dalam sistem energi yang menekankan keandalan dan akurasi teknis. Dalam kerangka Co-Creation, integritas SDM menjadi dasar kepercayaan antar aktor, sedangkan pendekatan tata Kelola oleh Elinor Ostrom menekankan kepatuhan terhadap aturan sebagai kunci keberhasilan sistem.[145]

Temuan pada Bab III menunjukkan adanya risiko korupsi SDM dan rendahnya integritas teknis yang berdampak pada ketidaktepatan standar dan potensi manipulasi dalam sistem energi. Kondisi ini mencerminkan lemahnya budaya akurasi dan kejujuran dalam proses operasional.

Dalam perspektif Al-Qur'an, QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3 menegaskan larangan kecurangan dalam ukuran dan standar, yang secara substansial mencakup seluruh bentuk penyimpangan teknis maupun administratif. Ayat ini menjadi dasar normatif bahwa setiap proses pengukuran dan standar harus dijalankan secara jujur, akurat, dan bertanggung jawab.

Berdasarkan prinsip tersebut, dirumuskan Model Etika dan Integritas SDM Energi Berbasis Akurasi dan Kejujuran, yang menempatkan integritas sebagai fondasi utama sistem. Dengan demikian, dirumuskan Model Etika dan Integritas SDM Energi Berbasis Akurasi dan Kejujuran, yang menekankan konsistensi antara standar teknis dan pelaksanaan operasional. Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui sistem pengawasan

---

[143]Wahbah bin Muṣṭafā al-Zuḥaylī, *al-Tafsīr al-Munīr...*, vol. 30, hal. 111–116;
[144]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 15, hlal. 122.
[145]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

operasional yang ketat dan berbasis standar teknis yang terukur Implementasinya dilakukan melalui penguatan SOP, audit teknis berkelanjutan, serta pengawasan berbasis KPK dan indikator ESG (Enveronmental, Social and Governance), dengan target kesalahan operasional <2% dan peningkatan indeks integritas SDM.[146]

Untuk memastikan integritas operasional berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut Indikator Keberhasilan KPI ditandai oleh meningkatnya indeks integritas SDM, penurunan error sistem hingga <2%, serta peningkatan kepatuhan terhadap standar operasional dan indikator ESG.[147]

Dengan demikian, QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3 menegaskan bahwa kecurangan dalam standar merupakan pelanggaran serius yang merusak sistem, sehingga integritas dan akurasi menjadi syarat utama bagi keandalan sistem energi.

Dengan demikian, integritas operasional menjadi faktor kunci dalam menjaga keandalan dan efisiensi sistem energi nasional

5. Sinkronisasi Keadilan Distribusi Energi

Subbab ini membahas fondasi distribusi energi yang menekankan pemerataan akses, keadilan kebijakan, dan efisiensi sistem dalam pengelolaan PLN–PLTS sebagai prasyarat transisi menuju *Net Zero Emission* 2060. Ayat-ayat Al-Qur'an difungsikan secara operasional untuk menjawab masalah empiris, seperti ketimpangan akses listrik, bias kebijakan, dan tingginya *losses* distribusi.

Model ini berlandaskan prinsip konektivitas dan pemerataan wilayah (QS Saba'/34:18) yang dioperasionalkan pada submodel distribusi energi berkeadilan (Bab V.Sub bab D.5.a), keadilan kebijakan non-diskriminatif (QS Al-Mā'idah/5:8) pada submodel kebijakan energi (Bab V.Sub bab D.5.b), serta efisiensi dan anti-pemborosan (QS Al-An'ām/6:141) pada submodel efisiensi sistem distribusi (Bab V.sub Bab D.5.c), yang secara terpadu membentuk sistem distribusi energi yang adil, merata, dan optimal.

Secara operasional diterapkan melalui perluasan elektrifikasi wilayah 3T, reformasi tarif dan subsidi yang adil, serta penguatan jaringan dan digitalisasi distribusi. Keberhasilan diukur melalui peningkatan rasio elektrifikasi, penurunan kesenjangan wilayah, penurunan *losses* jaringan, serta meningkatnya pemerataan akses energi nasional.

---

[146]KPK RI, *Panduan Pencegahan Korupsi*, Jakarta: KPK, 2020, hal. 45–50; UN Global Compact, *ESG Framework* (2021).

[147]Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Government at a Glance*..., hal. 120–13.

a. Distribusi Energi yang Berkeadilan

Submodel ini dibangun atas QS Saba'/34: 18 yang menegaskan prinsip keterhubungan wilayah, kemudahan akses, dan keamanan distribusi sebagai fondasi suatu sistem. Ayat ini menunjukkan bahwa sistem yang baik harus mampu menghubungkan antarwilayah secara merata sehingga mobilitas dan distribusi dapat berlangsung secara efisien tanpa hambatan. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi distribusi energi (energy distribution dimension), yaitu pemerataan akses dan konektivitas sistem energi antarwilayah

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi sangat penting karena sebagaimana telah diuraikan dalam Bab III, sistem kelistrikan Indonesia masih menghadapi ketimpangan distribusi energi, keterbatasan infrastruktur jaringan di wilayah tertentu, serta belum optimalnya rasio elektrifikasi terutama di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T), sehingga akses listrik belum sepenuhnya merata dan masih terdapat kesenjangan antarwilayah. Fokus analisis berada pada level jaringan dan akses (network and access level), yaitu bagaimana sistem energi menjangkau seluruh wilayah secara merata dan berkelanjutan Firman Allah dalam Al-Qur An ayat : QS Saba'/34: 18

وَجَعَلْنَا بَيْنَهُمْ وَبَيْنَ الْقُرَى الَّتِي بَارَكْنَا فِيهَا قُرًى ظَاهِرَةً وَقَدَّرْنَا فِيهَا السَّيْرَ ۖ سِيرُوا فِيهَا لَيَالِيَ وَأَيَّامًا آمِنِينَ

Kami jadikan di antara mereka dan negeri-negeri yang Kami berkahi beberapa negeri yang berdekatan, dan Kami tetapkan jarak perjalanan di antaranya; berjalanlah di dalamnya dengan aman siang dan malam.

Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa *"qurā ẓāhirah"* menunjukkan wilayah-wilayah yang saling terhubung sehingga perjalanan dapat dilakukan secara mudah, teratur, dan berkesinambungan, sementara *"qaddarnā fīhā al-sayr"* menegaskan adanya pengaturan jarak dan mobilitas yang proporsional sehingga sistem distribusi berjalan efisien dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang baik adalah sistem yang terintegrasi dan mampu menjamin kelancaran pergerakan antarwilayah.[148] sedangkan Al-Qurṭubī menekankan bahwa keterhubungan antarwilayah tersebut menghasilkan keamanan perjalanan dan kemudahan akses, sehingga masyarakat dapat berpindah tanpa rasa takut, kekurangan bekal, maupun hambatan logistik, yang pada akhirnya menciptakan kesejahteraan dan stabilitas sosial.[149] dan Ibn 'Āsyūr memandang ayat ini sebagai gambaran kemajuan peradaban

[148]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 20, hal. 385–387.

[149]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 14, hal. 289–290.

melalui pembangunan jaringan wilayah dan infrastruktur yang terorganisir secara sistematis sehingga mendukung aktivitas ekonomi dan mobilitas manusia secara optimal.[150] Pendapat Quraish Shihab menegaskan bahwa ayat ini menunjukkan pentingnya konektivitas wilayah dan sistem transportasi dalam menciptakan kesejahteraan melalui distribusi yang lancar dan aman.[151] Konsep "qurā ẓāhirah" dan "qaddarnā fīhā al-sayr" dalam ayat ini menunjukkan pentingnya konektivitas dan perencanaan jaringan yang terukur, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai interkoneksi grid, distribusi listrik antarwilayah, serta pengembangan sistem off-grid untuk daerah terpencil.

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Saba'/34: 18 menegaskan bahwa sistem distribusi yang baik harus bersifat terhubung, terukur, dan aman sehingga mampu menjamin kelancaran mobilitas dan pemerataan akses. Dalam konteks PLN–PLTS, hal ini berarti distribusi listrik tidak boleh terpusat pada wilayah tertentu, tetapi harus menjangkau seluruh wilayah termasuk daerah 3T, karena tanpa pemerataan sistem energi akan memperlebar ketimpangan sosial dan ekonomi serta menghambat pembangunan nasional.Prinsip ini sejalan dengan konsep *energy justice* (keadilan energi yang mencakup pemerataan akses dan distribusi manfaat energi) serta pendekatan *co-creation* (kolaborasi multipihak) yang menekankan keterlibatan berbagai aktor dalam sistem distribusi energi.[152]

Temuan Bab III menunjukkan adanya ketimpangan distribusi listrik, rendahnya rasio elektrifikasi di wilayah tertentu, serta belum optimalnya integrasi sistem energi nasional, sehingga QS Saba'/34: 18 memberikan dasar normatif bahwa sistem harus terhubung dan merata untuk menjawab permasalahan tersebut secara sistemik. Berdasarkan hal tersebut dirumuskan Model Distribusi Energi Berbasis Keadilan dan Konektivitas Wilayah yang menempatkan pemerataan akses sebagai prinsip utama dalam pengelolaan energi nasional.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui penguatan infrastruktur jaringan dan sistem distribusi yang adaptif terhadap kondisi geografis Indonesia. Model ini diimplementasikan melalui penguatan program elektrifikasi nasional khususnya di wilayah 3T, pengembangan PLTS sebagai solusi desentralisasi energi, serta perluasan jaringan dan sistem *off-grid* untuk menjangkau daerah yang belum terhubung dengan grid utama.[153]

---

[150]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 22, hal. 174–175.

[151] Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 11, hal. 366–368.

[152]Ramaswamy and Özcan, *Co-Creation Paradigm...*, hal. 105; Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 95.

[153]ESDM, *RUEN*, hal. 48; PLN, *RUPTL 2025–2034*, hal. 34

Untuk memastikan pemerataan distribusi energi berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut: Keberhasilan model ini ditandai oleh meningkatnya rasio elektrifikasi nasional, menurunnya kesenjangan akses listrik antarwilayah, bertambahnya wilayah 3T yang teraliri listrik, serta meningkatnya integrasi PLTS dalam sistem distribusi energi nasional. Indikator ini sejalan dengan standar global dalam pengembangan akses energi dan transisi menuju *Net Zero Emission* yang menekankan pentingnya pemerataan akses energi sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan.[154]

Dengan demikian, QS Saba'/34: 18 menegaskan bahwa sistem yang baik adalah sistem yang terhubung dan dapat diakses secara merata oleh seluruh masyarakat sehingga distribusi energi harus dibangun secara adil, inklusif, dan berkelanjutan.[155] Dengan demikian, pemerataan distribusi energi menjadi kunci dalam mewujudkan keadilan sosial dan keberlanjutan pembangunan energi nasional.

b. Kebijakan Energi yang Adil dan Non-Diskriminatif,

Submodel ini dibangun atas QS Al-Mā'idah/5: 8 yang menegaskan kewajiban menegakkan keadilan secara konsisten sebagai bentuk ketaatan kepada Allah. Ayat ini menunjukkan bahwa keadilan harus ditegakkan secara objektif tanpa dipengaruhi kebencian, kepentingan, atau tekanan tertentu. Subbab ini menitikberatkan pada dimensi kebijakan energi (energy policy dimension), yaitu peran regulasi dalam menjamin keadilan dan pemerataan dalam sistem energi nasional.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi penting karena sebagaimana diuraikan dalam Bab III, sistem kebijakan energi masih menghadapi bias kebijakan, ketimpangan tarif, dan perbedaan akses listrik antar wilayah, sehingga belum sepenuhnya mencerminkan prinsip keadilan dalam tata kelola energi. Fokus analisis berada pada level kebijakan (policy decision level), yaitu bagaimana keputusan regulasi ditetapkan secara objektif dan bebas dari bias kepentingan

Firman Allah dalam Al-Qur'an surat QS Al-Mā'idah/5:8

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُونُوا قَوَّامِينَ لِلَّهِ شُهَدَاءَ بِالْقِسْطِ وَلَا يَجْرِمَنَّكُمْ شَنَآنُ قَوْمٍ عَلَىٰ أَلَّا تَعْدِلُوا ۚ اعْدِلُوا هُوَ أَقْرَبُ لِلتَّقْوَىٰ

Wahai orang-orang yang beriman! Jadilah kamu penegak keadilan karena Allah, menjadi saksi dengan adil. Dan janganlah kebencianmu terhadap

[154] International Energy Agency(IEA), *Net Zero by 2050*, hal. 100; IRENA, *Energy Progress Report...*, hal. 24

[155]Sintesis Konsep Distribusi Energi Berbasis QS Saba'/34: hal. 1

suatu kaum mendorong kamu untuk berlaku tidak adil. Berlaku adillah, karena itu lebih dekat kepada takwa.[156]

Al-Ṭabarī menegaskan bahwa perintah *qawwāmīn lillāh* berarti menegakkan keadilan sebagai bentuk ketaatan kepada Allah dalam seluruh kondisi, baik terhadap kawan maupun lawan, serta melarang kebencian menjadi sebab penyimpangan dari keadilan. Hal ini menunjukkan bahwa keadilan adalah prinsip mutlak yang tidak boleh dipengaruhi faktor emosional.[157] sedangkan Al-Qurṭubī menegaskan bahwa keadilan harus berlaku universal, termasuk terhadap pihak yang dibenci, sehingga tidak boleh ada diskriminasi dalam keputusan dan kesaksian. Ia juga menekankan bahwa keadilan tetap harus dijaga bahkan dalam kondisi konflik, karena penyimpangan dari keadilan akan merusak tatanan sosial.[158] dan Al-Rāzī menjelaskan bahwa ayat ini menggabungkan dimensi spiritual (*penghambaan kepada Allah*) dan dimensi sosial (*keadilan terhadap manusia*), sehingga keadilan harus ditegakkan secara objektif tanpa bias dan menjadi dasar hubungan antar manusia.[159] pendapat Ibn ʻĀsyūr menegaskan bahwa keadilan dalam ayat ini bersifat prinsipil dan tidak bergantung pada situasi, bahkan dalam kondisi permusuhan sekalipun keadilan tetap harus dijaga.[160] dan Quraish Shihab menekankan bahwa keadilan merupakan fondasi utama dalam menjaga keseimbangan sosial dan harus ditegakkan terhadap siapa pun tanpa pengecualian.[161] Konsep al-ʻadl dan larangan bias dalam ayat ini menunjukkan bahwa kebijakan harus ditetapkan secara objektif, yang dalam sistem energi modern diterjemahkan sebagai kebijakan tarif, subsidi, dan regulasi yang berbasis data dan bebas dari diskriminasi

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-Mā'idah/5: 8 menegaskan bahwa sistem kebijakan yang baik harus berbasis keadilan objektif, bebas dari diskriminasi, dan tidak dipengaruhi kepentingan atau konflik. Dalam konteks PLN–PLTS, hal ini berarti kebijakan tarif, distribusi subsidi, dan akses energi harus dilakukan secara adil dan merata tanpa memihak kelompok tertentu, sehingga tidak menimbulkan ketimpangan antar wilayah.

Prinsip ini sejalan dengan konsep *energy justice* (keadilan energi: pemerataan akses dan manfaat energi) serta pendekatan *co-creation*

---

[156]Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, QS Al-Mā'idah/5: 8

[157]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 10,hal. 95–97

[158]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 6, hal.. 109–110.

[159]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī, *Mafātīḥ al-Ghayb...*, vol. 11, hal. 320–321

[160]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 6, hal. 134–135.

[161] Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 3, hal. 41–42.

(kolaborasi multipihak) yang menekankan keterlibatan berbagai aktor dalam kebijakan energi. Dalam perspektif governance, Ostrom menegaskan bahwa aturan yang adil merupakan syarat stabilitas sistem.[162]

Temuan Bab III menunjukkan adanya bias kebijakan dan ketimpangan tarif energi, sehingga QS Al-Mā'idah/5: 8 memberikan dasar normatif bahwa kebijakan harus adil dan non-diskriminatif. Berdasarkan hal tersebut dirumuskan Model Kebijakan Energi Berbasis Keadilan dan Non-Diskriminasi. Dengan demikian, dirumuskan Model Kebijakan Energi Berbasis Keadilan dan Non-Diskriminasi, yang menekankan objektivitas kebijakan dalam distribusi manfaat energi.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui reformasi kebijakan yang memastikan distribusi energi dan manfaat ekonomi dilakukan secara adil dan merata Model ini diterapkan melalui reformasi tarif listrik, distribusi subsidi yang tepat sasaran, serta regulasi berbasis keadilan. Secara kuantitatif, sistem yang sehat menargetkan pemerataan akses energi hingga ≥99% nasional tanpa kesenjangan signifikan antar wilayah.[163]

Untuk memastikan keadilan kebijakan energi berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut. Keberhasilan model ini ditandai oleh meningkatnya pemerataan akses energi, stabilitas kebijakan tarif, serta berkurangnya kesenjangan antar wilayah. Indikator ini sejalan dengan standar global dalam pengembangan akses energi.[164] Dengan demikian, QS Al-Mā'idah/5: 8 menegaskan bahwa keadilan merupakan prinsip utama dalam kebijakan, sehingga sistem energi harus dibangun secara objektif, transparan, dan non-diskriminatif. Dengan demikian, kebijakan yang adil dan non-diskriminatif menjadi fondasi utama dalam mewujudkan sistem energi yang inklusif dan berkelanjutan, yaitu sistem yang menjamin akses energi secara merata bagi seluruh masyarakat serta melibatkan berbagai aktor dalam pengelolaannya.

c. Efisiensi Sistem Distribusi Energi.

Submodel ini dibangun atas QS Al-An'ām/6: 141 yang menegaskan larangan berlebih-lebihan (*isrāf*) dalam pemanfaatan sumber daya. Ayat ini menjadi dasar bahwa pengelolaan sistem harus dilakukan secara efisien, proporsional, dan tidak boros dalam seluruh aspek pemanfaatan sumber daya.

---

[162]Ramaswamy and Özcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal. 102–110; Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 88–102

[163] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI (ESDM), *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*, Jakarta: ESDM, 2017, hal. 45–52; Kementerian ESDM, *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia 2022*, Jakarta: ESDM, 2023, hal. 17–20.

[164]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 95–110; World Bank, *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2023*, Washington, DC: World Bank, 2023, hal. 20–28.

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi efisiensi energi (energy efficiency dimension), yaitu optimalisasi pemanfaatan energi dalam sistem distribusi untuk meminimalkan pemborosan.

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi sangat penting karena sebagaimana telah diuraikan dalam Bab III, sistem distribusi energi masih menghadapi tingkat *losses* (kehilangan energi) yang tinggi, baik akibat faktor teknis maupun non-teknis, sehingga menurunkan efisiensi sistem dan meningkatkan biaya operasional, yang pada akhirnya menunjukkan bahwa sistem belum optimal dalam memanfaatkan sumber daya energi secara efektif dan berkelanjutan. Fokus analisis berada pada level efisiensi sistem (system efficiency level), yaitu sejauh mana energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa kehilangan yang signifikan.

Firman Allah Swt dalam Al Qur'an surat QS Al-An'ām/6: 141:

وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

Dan janganlah berlebih-lebihan[165]. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan.

Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa larangan *"wa lā tusrifū"* merupakan larangan menggunakan hasil secara melampaui batas yang wajar, baik dalam konsumsi maupun dalam pengelolaan harta, dan ia menegaskan bahwa isrāf tidak hanya berarti pemborosan dalam penggunaan, tetapi juga mencakup ketidakseimbangan dalam pemanfaatan sumber daya, termasuk menahan hak yang seharusnya diberikan atau menggunakan secara berlebihan hingga merusak manfaatnya, sehingga ayat ini menempatkan efisiensi dan keseimbangan sebagai bagian dari ketaatan kepada Allah dalam pengelolaan sumber daya.[166] Al-Qurṭubī memperluas makna tersebut dengan menegaskan bahwa larangan isrāf mencakup seluruh bentuk penyimpangan dari proporsionalitas, baik dalam konsumsi, distribusi, maupun pengelolaan hasil produksi, dan ia menekankan bahwa pemborosan dalam sistem ekonomi akan mengurangi manfaat sosial dari sumber daya serta berpotensi menimbulkan ketidakadilan dalam distribusi, sehingga efisiensi menjadi bagian dari keadilan sosial[167]. Ibn 'Āsyūr menjelaskan bahwa larangan isrāf bersifat umum dan mencakup seluruh aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan sumber daya dan aktivitas ekonomi, dan ia menegaskan bahwa isrāf adalah tindakan melampaui batas yang wajar yang dapat menyebabkan

[165]Kemenag RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, QS Al-An'ām/6: 141.

[166]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 12, hal. 173–177.

[167]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 8, hal. 108–111

kerusakan sistem serta hilangnya keberlanjutan, sehingga efisiensi dipahami sebagai prinsip penting dalam menjaga keseimbangan antara pemanfaatan dan kelestarian sumber daya.[168] Quraish Shihab dalam Tafsir al-Mishbah menegaskan bahwa isrāf tidak hanya berarti berlebihan dalam jumlah, tetapi juga penggunaan yang tidak tepat sasaran atau tidak optimal, dan ia menjelaskan bahwa pemborosan dapat terjadi dalam kebijakan, sistem, maupun perilaku, sehingga efisiensi harus dipahami sebagai penggunaan sumber daya secara tepat, proporsional, dan bertanggung jawab agar tidak menimbulkan kerugian sistemik.[169]

Konsep isrāf dalam ayat ini menunjukkan bahwa pemborosan tidak hanya terjadi dalam konsumsi, tetapi juga dalam sistem, yang dalam konteks energi modern diterjemahkan sebagai losses jaringan, inefisiensi distribusi, dan penggunaan energi yang tidak optimal

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Al-An‘ām/6: 141 menegaskan bahwa sistem yang baik harus menghindari pemborosan dan menjunjung tinggi efisiensi sebagai prinsip utama dalam pengelolaan sumber daya. Dalam konteks PLN–PLTS, hal ini berarti bahwa *losses* dalam distribusi listrik harus diminimalkan melalui peningkatan kualitas jaringan, penerapan teknologi yang lebih maju, serta penguatan manajemen sistem, karena inefisiensi dalam distribusi tidak hanya meningkatkan biaya tetapi juga mengurangi efektivitas pemanfaatan energi secara keseluruhan. Prinsip ini sejalan dengan konsep *energy efficiency* (efisiensi energi, yaitu penggunaan energi secara optimal dengan meminimalkan pemborosan) serta pendekatan *co-creation* yang menekankan kolaborasi antar aktor dalam meningkatkan kinerja sistem energi.[170]

Temuan Bab III menunjukkan tingginya *losses* dan inefisiensi dalam distribusi energi, sehingga QS Al-An‘ām/6: 141 memberikan dasar normatif bahwa sistem harus bebas dari pemborosan dan dioptimalkan secara menyeluruh. Berdasarkan hal tersebut dirumuskan Model Efisiensi Distribusi Energi Berbasis Optimalisasi dan Anti-Pemborosan yang menempatkan efisiensi sebagai prinsip utama dalam pengelolaan sistem energi. Dengan demikian, dirumuskan Model Efisiensi Distribusi Energi Berbasis Optimalisasi dan Anti-Pemborosan, yang menekankan pengurangan losses dan peningkatan kinerja sistem secara terukur.

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui penguatan sistem distribusi berbasis teknologi dan manajemen operasional yang terintegrasi. Model ini diimplementasikan melalui peningkatan kualitas jaringan,

---

[168]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 8, hal. 116–123.

[169] Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 4, hal. 313-317.

[170]Ramaswamy and Özcan, *Co-Creation Paradigm*, hal. 102–110; IEA, *Energy Efficiency Report...*, hal. 45–52.

digitalisasi distribusi, serta penguatan sistem monitoring *losses*, dengan dukungan teknologi seperti *smart grid* dan sistem kontrol berbasis data sebagai instrumen utama dalam meningkatkan efisiensi distribusi energi.[171]

Untuk memastikan efisiensi distribusi energi berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) sebagai berikut: Keberhasilan model ini ditandai oleh penurunan *losses* jaringan hingga berada pada kisaran di bawah 8%, peningkatan efisiensi distribusi energi, serta optimalisasi pemanfaatan energi dalam sistem kelistrikan nasional, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mengimplementasikan prinsip efisiensi secara operasional. Indikator ini sejalan dengan standar global dalam pengelolaan efisiensi energi yang menekankan pentingnya pengurangan pemborosan sebagai bagian dari keberlanjutan sistem energi.[172]

Dengan demikian, QS Al-An‘ām/6: 141 menegaskan bahwa pemborosan harus dihindari dalam seluruh aspek pengelolaan sumber daya, sehingga dalam konteks energi, ayat ini menjadi dasar bagi pembangunan sistem distribusi yang efisien, optimal, dan berkelanjutan dalam mendukung pencapaian *Net Zero Emission* 2060.

Dengan demikian, efisiensi sistem menjadi faktor kunci dalam menjaga keberlanjutan dan optimalisasi pemanfaatan energi nasional.

6. Sinkronisasi Dekarbonisasi dan Keberlanjutan Energi

Subbab ini membahas fondasi lingkungan sistem energi yang menekankan pengendalian emisi, pemanfaatan sumber daya secara amanah, serta transisi menuju energi bersih dalam pengelolaan PLN–PLTS sebagai prasyarat *Net Zero Emission* 2060.[1] Ayat-ayat Al-Qur’an difungsikan secara operasional untuk menjawab masalah empiris, seperti tingginya emisi karbon, polusi udara, dan dominasi energi fosil.

Model ini berlandaskan prinsip pengendalian polusi dan pencegahan kerusakan (QS Ad-Dukhān/44: 10–11; QS Al-Baqarah/2: 205) yang dioperasionalkan pada submodel pengendalian emisi energi (Bab V.sub bab D.6.a), amanah pengelolaan sumber daya, pembiayaan, dan distribusi peran (QS Al-Jāthiyah/45: 13; QS Al-Ḥadīd/57: 7; QS Al-An‘ām/6: 165) pada submodel tata kelola dan pembiayaan energi berbasis amanah (Bab V.sub bab D.6.b), serta dekarbonisasi berbasis energi alam khususnya PLTS (QS An-Naḥl/16: 12; QS Al-Ḥijr/15:22; QS Al-Mu’minūn/23: 18) pada submodel transisi energi bersih (Bab V.sub bab D.6.c), yang secara terpadu membentuk sistem energi yang bersih, berkelanjutan, dan terintegrasi.

Dalam konteks ini, prinsip amanah pembiayaan (QS Al-Ḥadīd/57: 7) membuka ruang pengembangan model pembiayaan energi berbasis distribusi manfaat, termasuk pemanfaatan hasil produksi energi untuk skema sosial-

[171]PLN, *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia...*, hal. 60–65.
[172]World Bank, *Energy Efficiency Indicators...*, hal. 20–25

ekonomi seperti wakaf energi dan penguatan ekonomi mikro, meso, dan makro, sehingga PLTS tidak hanya berfungsi sebagai teknologi dekarbonisasi, tetapi juga sebagai instrumen keadilan ekonomi dan keberlanjutan sistem energi.

Secara operasional diterapkan melalui pengurangan PLTU, percepatan PLTS, penerapan standar emisi dan monitoring, serta penguatan smart grid dan energi terbarukan. Keberhasilan diukur melalui penurunan emisi CO_2, peningkatan bauran energi terbarukan, penurunan intensitas karbon listrik, serta meningkatnya kontribusi PLTS dalam sistem energi nasional

a. Pengendalian Polusi dan Emisi Energi

Submodel ini dibangun atas QS Ad-Dukhān/44: 10–11 sebagai ayat utama yang menggambarkan kondisi atmosferik berupa *dukhān* (kabut/asap) yang meliputi manusia, serta QS Al-Baqarah/2: 205 sebagai ayat pendukung yang menegaskan larangan kerusakan (*fasād*) yang menghancurkan tanaman dan kehidupan. Kedua ayat ini memberikan dasar normatif bahwa sistem yang menghasilkan dampak merusak terhadap lingkungan dan kehidupan manusia harus dikendalikan.

> *Subbab ini menitikberatkan pada dimensi pengendalian lingkungan (environmental control dimension), yaitu upaya sistemik dalam mengurangi emisi dan dampak polusi dari sistem energi.*

Dalam konteks pengelolaan energi nasional, prinsip ini menjadi sangat relevan karena sebagaimana diuraikan dalam Bab III, sistem ketenagalistrikan masih menghadapi permasalahan utama berupa tingginya emisi karbon dari pembangkit berbasis fosil, meningkatnya polusi udara, serta belum optimalnya pengendalian dampak lingkungan, sehingga diperlukan transformasi sistem energi yang mampu menekan emisi dan mencegah kerusakan lingkungan secara berkelanjutan.

> *Fokus analisis berada pada level pengendalian emisi (emission control level), yaitu bagaimana sistem energi mampu menekan dampak lingkungan melalui pengurangan emisi dan polusi secara terukur.*

Dalam firmannya QS Ad-Dukhān/44: 10–11

فَارْتَقِبْ يَوْمَ تَأْتِي السَّمَاءُ بِدُخَانٍ مُّبِينٍ ۝ يَغْشَى النَّاسَ هٰذَا عَذَابٌ أَلِيمٌ

Maka tunggulah hari ketika langit membawa kabut yang nyata yang meliputi manusia; inilah azab yang pedih.

Para Mufasir diantaranya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa *dukhān* merujuk pada peristiwa penderitaan yang menimpa kaum Quraisy akibat kelaparan berat sehingga mereka melihat langit seolah-olah dipenuhi asap, dan ia menegaskan bahwa fenomena tersebut merupakan bentuk peringatan

ilahi yang meliputi manusia secara kolektif.[173] sedangkan Al-Qurṭubī menyebut beberapa pendapat tentang makna *dukhān*, baik sebagai peristiwa historis maupun tanda eskatologis, namun seluruhnya menunjukkan kondisi atmosfer yang menekan manusia dan menjadi tanda bahaya yang tidak boleh diabaikan.[174] dan Ibn ‘Āsyūr menjelaskan bahwa *dukhān* merupakan gambaran fenomena nyata yang dirasakan manusia sebagai akibat krisis yang berat, sehingga ayat ini menegaskan bahwa gangguan terhadap kondisi atmosfer berdampak langsung terhadap kehidupan manusia.[175] Pendapat Kontemporer Quraish Shihab menegaskan bahwa *dukhān* merupakan peringatan atas sikap manusia yang lalai dan “bermain-main” terhadap kebenaran, sehingga krisis yang tampak pada kondisi langit merupakan konsekuensi dari penyimpangan perilaku manusia.[176]

Berdasarkan sintesis tafsir tersebut, QS Ad-Dukhān/44: 10–11 memberikan gambaran dampak berupa krisis atmosfer yang meliputi manusia.

Konsep dukhān sebagai kondisi atmosfer yang membahayakan menunjukkan adanya krisis lingkungan yang dirasakan secara kolektif, yang dalam konteks energi modern dapat dikaitkan dengan fenomena polusi udara dan emisi karbon yang berdampak luas terhadap kesehatan dan Lingkungan. Ayat ini tidak secara literal berbicara tentang emisi karbon modern, tetapi memberikan prinsip normatif bahwa kondisi atmosfer yang membahayakan dan dirasakan secara kolektif merupakan tanda krisis yang harus diwaspadai. Dalam konteks energi, hal ini dapat dikaitkan secara metodologis dengan fenomena polusi udara, kabut asap, dan emisi tinggi yang berdampak luas terhadap kesehatan dan lingkungan.

Firman lainnya yang memberikan peringatan larangan kerusakan manusia terhadap bumi dalam ayat QS Al-Baqarah/2: 205 Allah Swt berfirman:

وَإِذَا تَوَلَّىٰ سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفَسَادَ

Dan apabila ia berpaling, ia berusaha di bumi untuk membuat kerusakan padanya dan merusak tanaman serta kehidupan; Allah tidak menyukai kerusakan.

Dalam ayat ini Al-Ṭabarī menafsirkan *fasād* sebagai segala bentuk kerusakan nyata di bumi, termasuk perusakan tanaman dan kehidupan, yang

---

[173]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi‘ al-Bayān...*, vol.22, hal. 13-18

[174]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmi‘ li Aḥkām al-Qur’ān...*, vol 16, hal. 130-132.

[175]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *Al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol, 25,hal.285-288.

[176]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*..., vol. 13, hal. 8–9.

menunjukkan bahwa tindakan manusia dapat menghancurkan sumber keberlanjutan hidup.[177] sedangkan Al-Qurṭubī memperluas makna tersebut dengan menjelaskan bahwa *fasād* mencakup kerusakan ekologis, sosial, dan ekonomi secara luas, sehingga setiap tindakan yang merusak keseimbangan alam termasuk dalam larangan ayat ini.[178] dan Al-Zajjāj menegaskan secara kebahasaan bahwa frasa *li-yufsida fīhā* bermakna "untuk membuat kerusakan di bumi", sedangkan *wa yuhlika al-ḥartha wa al-nasl* menunjukkan akibat lanjutan dari kerusakan itu, yaitu hancurnya tanaman dan keturunan.[179] Pendapat Quraish Shihab menambahkan bahwa kerusakan tersebut dapat terjadi melalui perilaku, kebijakan, maupun kekuasaan yang merusak tanaman, ternak, masyarakat, dan generasi.[180]

Berdasarkan sintesis kedua ayat tersebut, dapat ditegaskan bahwa permasalahan emisi dan polusi energi sebagaimana diuraikan dalam Bab III dijawab oleh QS Ad-Dukhān/44: 10–11 dalam dimensi dampak berupa krisis atmosfer yang meliputi manusia, serta oleh QS Al-Baqarah/2: 205 dalam dimensi sebab berupa larangan terhadap tindakan *fasād* yang merusak lingkungan dan kehidupan. Dengan demikian, kedua ayat ini saling melengkapi dalam menjelaskan hubungan antara sebab dan akibat dalam krisis lingkungan, sehingga sistem energi yang menghasilkan emisi tinggi dan polusi udara dapat dipahami sebagai bagian dari fasād apabila tidak dikendalikan.

Dari hubungan tersebut dirumuskan Model Pengendalian Polusi dan Emisi Energi Berbasis Perlindungan Atmosfer dan Pencegahan Fasād, yaitu model yang menempatkan pengendalian emisi sebagai kewajiban sistemik dalam pengelolaan energi melalui transformasi teknologi, kebijakan, dan tata kelola. Dengan demikian, dirumuskan Model Pengendalian Emisi Energi Berbasis Dekarbonisasi dan Pencegahan Fasād, yang menekankan pengurangan emisi melalui transformasi sistem energi menuju energi bersih.

Model ini diimplementasikan melalui penetapan standar emisi pembangkit listrik, percepatan transisi dari pembangkit berbasis batu bara menuju energi terbarukan seperti PLTS, penerapan sistem pemantauan emisi berbasis data (*emission monitoring system*), serta penguatan integrasi *smart grid* untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi beremisi tinggi. Model ini selanjutnya diimplementasikan

---

[177]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 04, hal. 237-243

[178]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 3, 03, hal 16-18

[179]Abū Isḥāq Ibrāhīm bin al-Sarī bin Sahl al-Zajjāj, *Maʿānī al-Qur'ān wa Iʿrābuh..*, vol. 1, hal. 277.

[180]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 1, hal. 446

melalui kebijakan dan teknologi yang terintegrasi dalam menekan emisi dan meningkatkan efisiensi sistem energi.

Selain itu, kebijakan dekarbonisasi nasional dan pengembangan teknologi rendah karbon menjadi bagian penting dalam memastikan bahwa pengendalian emisi berjalan secara efektif dan berkelanjutan.[181]

Untuk memastikan pengendalian emisi berjalan secara efektif, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) yang terukur dan berkelanjutan. Indikator Keberhasilan model ini ditunjukkan melalui indikator kuantitatif yang terukur, yaitu penurunan emisi CO_2 sektor ketenagalistrikan secara bertahap, peningkatan bauran energi terbarukan dalam sistem nasional, penurunan intensitas karbon per kWh listrik, serta berkurangnya dampak polusi udara terhadap masyarakat. Indikator tersebut mencerminkan kemampuan sistem dalam mengendalikan emisi secara nyata dan berkelanjutan, sekaligus menunjukkan arah transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 yang berbasis pada efisiensi, keberlanjutan, dan perlindungan lingkungan.[182]

Dengan demikian, pengendalian polusi dan emisi energi bukan hanya merupakan respon terhadap dampak lingkungan, tetapi merupakan hasil dari penerapan model sistem energi yang terstruktur dan terintegrasi. Model ini menegaskan bahwa keberlanjutan sistem energi ditentukan oleh kemampuan untuk menurunkan emisi, mengendalikan polusi, serta mencegah kerusakan lingkungan melalui kebijakan yang adaptif, teknologi yang tepat, dan tata kelola yang bertanggung jawab, sehingga sistem energi tidak hanya memenuhi kebutuhan listrik, tetapi juga menjaga keseimbangan antara manusia, lingkungan, dan keberlanjutan kehidupan.

b. Amanah, Sumber Daya, dan *Governance* (Tata Kelola) Energi

Subbab ini mengkaji tiga ayat utama, yaitu QS Al-Jāthiyah/45: 13, QS Al-Ḥadīd/57: 7, dan QS Al-Anʻām/6: 165, yang secara komplementer merepresentasikan struktur sistem energi secara utuh. Ketiga ayat ini dipilih secara metodologis karena masing-masing mewakili dimensi fundamental dalam pengelolaan energi, yaitu sumber daya energi, pembiayaan energi, dan tata kelola energi. Pemilihan ayat ini tidak bersifat normatif semata, tetapi diarahkan secara muqayyad (terbatas dan kontekstual) untuk menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi dalam Bab III, yaitu belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan, keterbatasan pembiayaan dalam pengembangan PLTS, serta struktur kelembagaan yang masih terpusat dan

---

[181]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050*, Paris: IEA, 2021, hal. 95–110; ESDM, *RUEN*, Jakarta: ESDM, 2017, hal. 45–52; PLN, *RUPTL 2025–2034*, Jakarta: PLN, hal. 30–38

[182]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Energy Transition Outlook*, Abu ..., hal.120–135; World Bank, *Energy Progress Report 2023*, Washington, DC: World Bank, hal.. 20–28.

belum sepenuhnya mendukung partisipasi multi-aktor. Dengan demikian, ketiga ayat ini tidak berdiri sendiri, tetapi membentuk satu kesatuan sistemik yang menjadi dasar konseptual sekaligus operasional dalam merumuskan model pengelolaan energi yang berkelanjutan.[183]

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi integrasi sistem energi (system integration dimension), yaitu keterpaduan antara sumber daya, pembiayaan, dan tata kelola dalam membentuk sistem energi yang utuh dan berkelanjutan. Fokus analisis berada pada level sistem multidimensi (multi-dimensional system level), yaitu integrasi antar komponen utama dalam pengelolaan energi secara menyeluruh.

Sebagai langkah awal, pembahasan dimulai dari ayat yang menjelaskan aspek sumber daya energi sebagai fondasi utama sistem.

Allah Swt. berfirman dalam Qur'an surah Al-Jāthiyah/45: 13:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang berpikir.

Ayat ini dipilih karena memberikan dasar ontologis bahwa seluruh sumber daya energi telah ditundukkan oleh Allah untuk kepentingan manusia. Oleh karena itu, persoalan energi bukan terletak pada ketersediaan sumber daya, tetapi pada kemampuan sistem manusia dalam mengelola dan memanfaatkannya.

Para Mufasir Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa Allah telah menundukkan seluruh yang ada di langit dan bumi untuk kepentingan manusia, baik berupa matahari, bulan, angin, air, maupun berbagai bentuk sumber daya alam lainnya. Penundukan (*taskhīr*) ini menunjukkan bahwa seluruh sistem alam telah diatur sedemikian rupa agar dapat dimanfaatkan manusia sebagai bentuk nikmat dan rahmat dari Allah. Lebih lanjut, al-Ṭabarī menegaskan bahwa penundukan tersebut bukan hasil usaha manusia, tetapi sepenuhnya berasal dari kehendak Allah. Oleh karena itu, manusia tidak berhak menyombongkan diri atas penguasaannya terhadap alam, melainkan wajib bersyukur dan memanfaatkannya secara benar sesuai dengan tujuan penciptaannya.[184] Sedangkan Al-Qurṭubī menafsirkan bahwa konsep *taskhīr* menunjukkan kekuasaan mutlak Allah dalam mengatur alam semesta dan menjadikannya bermanfaat bagi manusia. Seluruh ciptaan, baik di langit maupun di bumi, diciptakan untuk menunjang kehidupan manusia, sehingga manusia memiliki akses terhadap berbagai sumber daya tersebut. Namun

[183]Ramaswamy dan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal. 3–5

[184]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 22, hal. 65–66

demikian, al-Qurṭubī menekankan bahwa penundukan ini bukan berarti manusia bebas mengeksploitasi alam tanpa batas. Sebaliknya, pemanfaatan sumber daya harus dilakukan secara bijak dan tidak melampaui batas, karena semuanya merupakan amanah yang harus dipertanggungjawabkan.[185]

Ibn ʻĀshūr menjelaskan bahwa ayat ini merupakan generalisasi dari seluruh fenomena alam yang bermanfaat bagi manusia. Semua itu merupakan bagian dari sistem kosmik yang ditundukkan, sehingga manusia dapat mengembangkan ilmu pengetahuan untuk memahami dan memanfaatkannya. Ia juga menekankan bahwa penutup ayat menunjukkan pentingnya penggunaan akal, sehingga alam tidak hanya dimanfaatkan, tetapi juga dipelajari melalui proses berpikir yang mendalam guna melahirkan teknologi dan sistem yang sesuai dengan hukum alam.[186] Pendapat Mufasir Quraish Shihab menjelaskan bahwa penundukan alam berarti seluruh sistem kosmik berjalan dalam hukum yang konsisten dan dapat dipelajari manusia. Hal ini memungkinkan manusia untuk memanfaatkan energi dan sumber daya alam melalui ilmu pengetahuan dan teknologi. Namun demikian, manusia tidak boleh tunduk kepada alam, melainkan kepada Allah yang menundukkannya. Dengan demikian, pemanfaatan energi harus tetap berada dalam kerangka etika dan tanggung jawab, bukan eksploitasi yang merusak.[187]

Pembahasan kemudian berlanjut pada dimensi pembiayaan energi sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari sistem.

Firmman Allah dalam QS Al-Ḥadīd/57: 7:

آمِنُوا بِاللَّهِ وَرَسُولِهِ وَأَنفِقُوا مِمَّا جَعَلَكُم مُّسْتَخْلَفِينَ فِيهِ

Berimanlah kamu kepada Allah dan Rasul-Nya dan infakkanlah sebagian dari apa yang Dia telah menjadikan kamu sebagai pengelola atasnya.

Ayat ini dipilih karena menjelaskan bahwa kepemilikan harta bersifat amanah (*istikhlāf*), sehingga menjadi dasar konseptual bagi pembiayaan energi dan investasi PLTS.

Dalam tafsirAl-Ṭabarī menjelaskan bahwa manusia hanyalah *mustakhlaf* (pengelola), bukan pemilik hakiki harta. Segala yang dimiliki manusia berasal dari Allah dan diwariskan dari generasi ke generasi, sehingga manusia hanya diberi kepercayaan untuk mengelolanya sementara waktu. Ia menegaskan bahwa perintah *infak* menunjukkan kewajiban menggunakan harta untuk kebaikan dan kemaslahatan yang lebih luas, bukan

---

[185]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 16, hal.. 160

[186]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 25, hal. 337

[187] Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 13, hal. 40–41.

hanya untuk kepentingan pribadi.[188] Sedangkan akhr al-Dīn al-Rāzī menjelaskan bahwa harta pada hakikatnya milik Allah, sedangkan manusia hanyalah wakil dalam mengelolanya. Oleh karena itu, manusia tidak seharusnya menahan harta secara berlebihan, karena harta tersebut akan berpindah dari satu generasi ke generasi lain. Dengan demikian, distribusi harta menjadi bagian penting dalam menjaga keseimbangan sistem sosial dan ekonomi.[189]

Sementara itu, Ibn ʻĀshūr menjelaskan bahwa ayat ini merupakan kelanjutan dari argumentasi tentang kekuasaan Allah, sehingga manusia diperintahkan untuk menggunakan hartanya secara benar dalam sistem kehidupan. Ia menegaskan bahwa kepemilikan bersifat fungsional, sehingga harta harus digunakan untuk kemaslahatan bersama dan tidak hanya terpusat pada individu atau kelompok tertentu.[190] Pendapat Mufasir Quraish Shihab menjelaskan bahwa manusia hanyalah pemegang amanah atas harta yang diberikan Allah, sehingga penggunaannya harus selaras dengan tujuan ilahi. Ia menekankan bahwa konsep ini menghilangkan keserakahan dan monopoli, karena manusia menyadari bahwa harta bukan miliknya secara mutlak, sehingga investasi harus diarahkan pada kemaslahatan, termasuk pembangunan berkelanjutan dan kesejahteraan masyarakat.[191]

Selanjutnya, pembahasan diarahkan pada aspek tata kelola sebagai pengikat keseluruhan sistem energi.

وَهُوَ الَّذِي جَعَلَكُمْ خَلَائِفَ الْأَرْضِ وَرَفَعَ بَعْضَكُمْ فَوْقَ بَعْضٍ دَرَجَاتٍ لِّيَبْلُوَكُمْ فِي مَا آتَاكُمْ

Dialah yang menjadikan kamu khalifah-khalifah di bumi dan Dia meninggikan sebagian kamu atas sebagian yang lain beberapa derajat untuk menguji kamu terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu.

Ayat ini dipilih karena memberikan dasar governance bahwa manusia memiliki peran berbeda dalam sistem pengelolaan energi.

Para mufasir diantarnya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa manusia dijadikan sebagai khalifah di bumi, yaitu generasi yang saling menggantikan dan bertanggung jawab dalam mengelola kehidupan di dunia. Setiap generasi menerima amanah untuk menjaga dan mengembangkan bumi, sehingga pengelolaan sumber daya menjadi bagian dari tanggung jawab tersebut. Ia

---

[188]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi‘ al-Bayān...*, vol. 23, hal. 171.

[189]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn ʿUmar ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥusayn al-Taymī al-Rāzī,... vol. 29, hal. 449–450.

[190]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 27, hal. 368.

[191]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 14, hal. 15–17.

juga menegaskan bahwa perbedaan derajat merupakan ujian dalam penggunaan amanah tersebut.[192]

Sedangkan Al-Qurṭubī menjelaskan bahwa manusia diberi perbedaan dalam kekuatan, kemampuan, dan rezeki sebagai bentuk ujian. Perbedaan ini bertujuan menciptakan keteraturan sosial, sehingga setiap individu memiliki peran yang berbeda namun saling melengkapi dalam kehidupan. Kekuasaan yang dimiliki manusia harus digunakan secara adil dan tidak merusak keseimbangan kehidupan.[193] dan Ibn ʻĀshūr menegaskan bahwa ayat ini menunjukkan adanya sistem sosial yang terstruktur, di mana manusia diberi peran sesuai kapasitasnya. Perbedaan tersebut bukan untuk dominasi, tetapi untuk menciptakan keseimbangan dalam sistem kehidupan. Ia juga menekankan bahwa amanah kekhalifahan mencakup pengelolaan sumber daya dan tanggung jawab moral terhadapnya.[194]Pendapat Mufasir Quraish Shihab menjelaskan bahwa manusia sebagai khalifah memiliki tanggung jawab untuk mengelola bumi sesuai kehendak Allah. Perbedaan kemampuan dan kekuasaan merupakan ujian dalam menjalankan amanah tersebut, sehingga keberhasilan manusia ditentukan oleh kemampuannya menjaga keseimbangan antara pemanfaatan dan pelestarian sumber daya.[195]

Ketiga konsep utama dalam ayat ini—taskhīr (optimalisasi sumber daya), istikhlāf (amanah pembiayaan), dan khilāfah (tata kelola peran)—menunjukkan bahwa sistem energi harus dibangun sebagai satu kesatuan yang saling terhubung dan tidak dapat dipisahkan.

Berdasarkan keseluruhan analisis tafsir tersebut, dapat disusun sintesis yang bersifat muqayyad bahwa sistem energi dalam perspektif Al-Qur'an terdiri dari tiga komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu sumber daya yang tersedia, pembiayaan sebagai amanah, dan tata kelola berbasis distribusi peran. Ketiga komponen ini membentuk kerangka sistemik yang utuh, di mana energi tidak hanya dipahami sebagai objek teknis, tetapi sebagai sistem yang harus dikelola secara ilmiah, adil, dan kolaboratif.

Selain tiga komponen utama tersebut, sistem energi juga memerlukan dimensi aktivitas ekonomi yang mendorong partisipasi manusia dalam pemanfaatan sumber daya, sebagaimana dalam QS Al-Jumuʻah (62):10. Prinsip ini tidak hanya berlaku pada level individu, tetapi juga pada level komunitas dan sistem ekonomi nasional, sehingga pengelolaan energi tidak

---

[192]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʻ al-Bayān...*, vol. 12, hal. 289–290.

[193]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʻ li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 7, hal 158–159

[194]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 8, hal. 209–212

[195]Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 4, hal. 372-373.

hanya bersifat struktural, tetapi juga bersifat dinamis melalui aktivitas ekonomi yang produktif dan berkelanjutan.

Sintesis ini kemudian mengarahkan pada pemahaman bahwa permasalahan dalam Bab III bukan semata-mata persoalan teknis, tetapi merupakan akibat dari ketidaksinkronan antara ketiga komponen tersebut. Keterbatasan pemanfaatan energi terbarukan menunjukkan lemahnya optimalisasi sumber daya, keterbatasan pembiayaan menunjukkan belum optimalnya distribusi amanah, dan dominasi kelembagaan menunjukkan belum terbangunnya sistem governance yang kolaboratif.[196]

Dari sintesis tersebut, terbentuk suatu model pengelolaan energi yang mengintegrasikan ketiga dimensi tersebut, yaitu Model Pengelolaan Energi Berbasis Amanah, Optimalisasi Sumber Daya, dan Governance Kolaboratif.[197]

Dengan demikian, dirumuskan Model Pengelolaan Energi Integratif Berbasis Amanah, Optimalisasi Sumber Daya, dan Governance Kolaboratif, yang menekankan keterpaduan antara aspek teknis, finansial, kelembagaan, dan partisipasi ekonomi masyarakat.

Model ini menunjukkan bahwa solusi energi tidak dapat dilakukan secara parsial, tetapi harus melalui pendekatan sistemik yang mengintegrasikan seluruh komponen utama secara simultan.

Model ini tidak hanya menjawab permasalahan empiris dalam Bab III, tetapi juga memberikan arah transformasi sistem energi menuju sistem yang lebih berkelanjutan dan inklusif.

Model tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam kebijakan operasional yang bersifat bertingkat, mencakup level mikro, meso, dan makro.

Implementasi model ini dilakukan melalui pendekatan bertingkat yang menghubungkan level mikro, meso, dan makro dalam sistem energi nasional

Pada tingkat mikro, implementasi dilakukan melalui pemberdayaan rumah tangga, pesantren, dan UMKM sebagai prosumer energi berbasis PLTS, sehingga masyarakat tidak hanya menjadi konsumen, tetapi juga produsen energi. Pada tingkat meso, kebijakan difokuskan pada penguatan pemerintah daerah, koperasi energi, dan kawasan industri dalam pengembangan sistem energi berbasis komunitas, seperti mini-grid dan hybrid system. Pada tingkat makro, kebijakan diarahkan pada penguatan sistem nasional melalui regulasi, pengembangan IPP, peningkatan investasi swasta, serta pengembangan green finance dan integrasi PLN–PLTS melalui digitalisasi dan smart grid.

---

[196]Ostrom, *Governing the Commons...*, hal. 90–102

[197]International Energy Agency (IEA), *Energy Technology Perspectives...*, hal. 45–50.

Pendekatan implementasi pada level mikro, meso, dan makro yang disajikan pada subbab ini merupakan kerangka konseptual, yang selanjutnya akan dielaborasi secara lebih rinci dalam Bab V.F sebagai bagian dari strategi operasional model.

Keberhasilan implementasi kebijakan tersebut diukur melalui indikator kinerja yang mencakup peningkatan kapasitas PLTS, peningkatan investasi energi terbarukan, peningkatan digitalisasi sistem kelistrikan, penurunan tingkat curtailment, serta peningkatan rasio elektrifikasi, khususnya di wilayah 3T. Selain itu, indikator juga mencakup meningkatnya partisipasi masyarakat dalam sistem energi, yang menunjukkan bahwa sistem tidak lagi bersifat terpusat, tetapi berkembang secara inklusif.[198]

Dengan demikian, ketiga ayat yang dianalisis dalam subbab ini tidak hanya memberikan landasan normatif, tetapi juga membentuk kerangka operasional yang mampu menjawab permasalahan empiris dalam sistem energi nasional. Integrasi antara sumber daya, pembiayaan, tata kelola, dan aktivitas ekonomi menjadi kunci dalam mewujudkan sistem energi yang berkelanjutan, adil, dan adaptif. Hal ini menunjukkan bahwa Al-Qur'an tidak hanya memberikan nilai-nilai etika, tetapi juga menyediakan kerangka konseptual yang dapat diimplementasikan secara nyata dalam pengelolaan energi modern menuju *Net Zero Emission* 2060.

c. Dekarbonisasi Energi Berbasis PLTS

Ayat-ayat Al-Qur'an yang digunakan dalam subbab ini menggambarkan prinsip dasar dekarbonisasi energi berbasis sistem alam. Secara keseluruhan terdapat lima ayat yang menunjukkan keberadaan sumber energi terbarukan, yaitu QS An-Naḥl/16: 12, QS Al-Ḥijr/15: 22, QS Al-Mu'minūn/23: 18, QS Ar-Rūm/30: 48, dan QS Ar-Ra'd/13: 17. Kelima ayat ini secara konseptual menunjukkan bahwa energi dalam Al-Qur'an bersifat bersih, terbarukan, dan terintegrasi dalam sistem alam yang harmonis.[199]

Subbab ini menitikberatkan pada dimensi dekarbonisasi energi (energy decarbonization dimension), yaitu transformasi sistem energi dari berbasis fosil menuju energi bersih yang berkelanjutan.

Keterkaitan ayat-ayat tersebut dengan pembahasan pada Bab III terletak pada permasalahan utama sistem ketenagalistrikan nasional, yaitu dominasi energi fosil yang menyebabkan tingginya emisi karbon, rendahnya

[198]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Innovation Landscape for Smart Grid...*, hal. 22–25.

[199]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Jakarta: LPMQ, 2019.

pemanfaatan energi terbarukan, serta belum optimalnya integrasi PLTS dalam sistem PLN.[200]

Fokus analisis berada pada level transisi energi (energy transition level), yaitu bagaimana sistem energi nasional bertransformasi menuju sistem rendah karbon secara terstruktur dan berkelanjutan.

Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem energi nasional belum sepenuhnya mencerminkan prinsip keterpaduan, efsiensi, dan keberlanjutan sebagaimana digambarkan dalam sistem alam. Dengan demikian, ayat-ayat Al-Qur'an dalam subbab ini tidak hanya berfungsi sebagai dasar normatif, tetapi sebagai jawaban konseptual terhadap problem empiris pada Bab III yang kemudian diturunkan menjadi model operasional dekarbonisasi energi.

Sejalan dengan fokus penelitian mengenai sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060, pembahasan dipusatkan pada tiga ayat utama, yaitu QS An-Naḥl/16: 12 sebagai dasar energi matahari (PLTS), QS Al-Ḥijr/15: 22 sebagai sistem ventilasi dan dinamika lingkungan, serta QS Al-Mu'minūn/23: 18 sebagai prinsip keterukuran dan efisiensi energi.

Sesuai firman Allah Swt dalam Al Qur'an Surat QS An-Naḥl/16: 12:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومُ مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِهِ

Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan, dan bintang-bintang ditundukkan dengan perintah-Nya.

Pembahasan dimulai dari QS An-Naḥl/16: 12 sebagai dasar energi matahari. Al-Ṭabarī menegaskan bahwa konsep *taskhīr* menunjukkan seluruh sistem alam telah disediakan Allah untuk kepentingan manusia. Matahari berfungsi sebagai sumber cahaya dan penentu ritme kehidupan manusia, termasuk aktivitas ekonomi dan sosial. Hal ini menunjukkan bahwa energi matahari merupakan bagian dari sistem kehidupan yang terstruktur. Lebih lanjut, manusia tidak menciptakan energi, melainkan memanfaatkan sistem yang telah tersedia, sehingga pemanfaatan energi surya merupakan bentuk optimalisasi yang menuntut tanggung jawab dalam pengelolaannya.[201] Sedangkan Al-Qurṭubī menjelaskan bahwa matahari memiliki fungsi praktis dalam kehidupan manusia seperti penentuan waktu dan musim, yang menunjukkan bahwa sistem alam dirancang untuk menunjang kehidupan secara langsung. Ia juga menekankan bahwa pemanfaatan energi harus dilakukan secara bijak dan tidak berlebihan, karena eksploitasi berlebihan dapat merusak keseimbangan alam. Prinsip ini menjadi dasar penting dalam

[200]Kementerian ESDM, *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023...*, hal. 45–52.

[201]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 17, hal.179

pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan.[202] dan Ibn ‘Āshūr menjelaskan bahwa keteraturan kosmik menunjukkan adanya hukum alam yang tetap dan dapat dipahami manusia, sehingga membuka ruang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berbasis observasi alam, termasuk energi surya. Teknologi seperti PLTS merupakan implementasi dari pemahaman terhadap hukum alam tersebut dan selaras dengan prinsip wahyu.[203]

Sedangkan pendapat Mufasir Quraish Shihab menjelaskan bahwa sistem kosmik berjalan teratur dan dapat dipelajari manusia, sehingga memberikan legitimasi terhadap pengembangan teknologi energi berbasis alam. Ia juga menekankan bahwa pemanfaatan energi harus berada dalam kerangka etika, sehingga PLTS menjadi bentuk energi yang selaras dengan prinsip keberlanjutan.[204]

Pembahasan selanjutnya beralih pada QS Al-Ḥijr/15: 22 sebagai sistem ventilasi energi.

وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ

Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan), lalu Kami turunkan air dari langit, kemudian Kami beri kamu minum dari padanya.

Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa angin membawa uap air dan memicu turunnya hujan, yang menunjukkan bahwa angin memiliki fungsi aktif dalam sistem alam. Ia juga menunjukkan adanya keterhubungan antara langit dan bumi melalui peran angin, sehingga dalam konteks energi angin merupakan bagian dari sistem yang mendukung keberlanjutan.[205] sedangkan Al-Qurṭubī menekankan bahwa angin membawa unsur yang bermanfaat bagi kehidupan dan menjaga keseimbangan lingkungan. Ia juga menjelaskan bahwa angin berperan dalam penyerbukan dan hujan, yang menunjukkan fungsi ekologisnya dalam sistem alam.[206] dan Ibn ‘Āshūr menjelaskan bahwa angin merupakan bagian dari sistem terintegrasi dalam siklus air yang menunjukkan koordinasi sistem yang teratur. Dalam konteks energi modern,

---

[202]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi‘ li Aḥkām al-Qur’ān...*, vol.10,hal.83-84.

[203]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol. 14, hal. 257.

[204]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 7, hal.419.

[205]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi‘ al-Bayān...*, vol. 17, hal. 84-88

[206]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi‘ li Aḥkām al-Qur’ān....*, vol. 10, hal. 15-18..

hal ini menjadi dasar pentingnya integrasi sistem pendukung dalam PLTS.[207] Sedangkan pendapat Mufasir Kontemporer Quraish Shihab menegaskan bahwa angin adalah mediator dalam sistem sebab-akibat alam, sehingga dalam konteks energi berfungsi sebagai sistem pendukung efisiensi, termasuk ventilasi dalam sistem PLTS.[208]

Selanjutnya QS Al-Mu'minūn/23: 18 menjelaskan prinsip efisiensi energi.

وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ

Dan Kami turunkan air dari langit menurut ukuran, lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa untuk menghilangkannya[209]

Para Mufasir Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa air merupakan sumber kehidupan yang harus dikelola dengan bijak, karena manusia tidak memiliki kontrol penuh terhadapnya.[210]sedangkan Al-Qurṭubī menekankan konsep *bi qadar*, yaitu air diturunkan dalam ukuran tepat, yang menunjukkan prinsip keseimbangan dalam sistem alam.[211] Dan Abū Zahrah menjelaskan bahwa air merupakan bagian dari sistem keseimbangan kehidupan yang harus dijaga, sehingga relevan dengan prinsip keberlanjutan.[212] Pendapat Mufasir Kontemporer Quraish Shihab menjelaskan bahwa air diturunkan secara presisi sesuai kebutuhan makhluk hidup, yang menunjukkan sistem pengaturan yang sangat teliti. Dalam konteks energi, hal ini menjadi dasar efisiensi operasional dalam sistem PLTS.[213]

Dari keseluruhan analisa tafsir tersebut, terlihat bahwa matahari, angin, dan air membentuk satu sistem energi yang terintegrasi. Sintesis tafsir menunjukkan bahwa sistem energi dalam Al-Qur'an memiliki prinsip keterpaduan, dinamika, dan keterukuran, yang menjadi jawaban langsung terhadap permasalahan pada Bab III.

Berdasarkan sintesis tersebut dirumuskan Model Dekarbonisasi Energi Berbasis PLTS dalam Sinkronisasi PLN, yang menempatkan PLTS sebagai sistem utama dalam transisi energi nasional.

---

[207]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...,* vol.14, hal. 37-38.

[208] Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 7, hal.112-114 Kemenag RI, 2019.

[209]Kemenag RI, 2019.

[210]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān...*, vol. 19, hal. 20

[211]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmi' li Aḥkām al-Qur'ān...*, vol. 12, hal. 112–113.

[212]Muḥammad bin Aḥmad bin Muṣṭafā Abū Zahrah, *Tafsīr al-Qur'ān al-Karīm...*, vol.10, hal.5058

[213]M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah...*, vol. 7, hal.344-346

Dengan demikian, dirumuskan Model Dekarbonisasi Energi Berbasis PLTS yang menekankan transformasi sistem energi melalui integrasi sumber energi bersih, efisiensi sistem, dan pengurangan emisi secara bertahap.

Model ini menegaskan bahwa dekarbonisasi energi tidak hanya bergantung pada jenis energi, tetapi pada kemampuan sistem dalam menggantikan energi fosil secara efektif dan berkelanjutan.

Model ini menunjukkan bahwa dekarbonisasi energi tidak hanya bersifat teknis, tetapi merupakan transformasi sistemik yang mencakup aspek teknologi, kebijakan, dan tata kelola secara simultan.

Implikasi model ini terlihat pada dampak dekarbonisasi, di mana pengembangan PLTS secara langsung menurunkan emisi CO_2 melalui substitusi pembangkit berbasis fosil serta menurunkan intensitas karbon sistem kelistrikan nasional.[214]

Model ini selanjutnya diimplementasikan melalui pengembangan PLTS secara masif, integrasi dengan sistem PLN, serta penguatan kebijakan transisi energi nasional menuju sistem rendah karbon.

Dalam konteks *Net Zero Emission* 2060, PLTS memiliki peran strategis sebagai tulang punggung energi bersih nasional karena potensi dan fleksibilitasnya dalam berbagai skala.[215]

Untuk memastikan efektivitas dekarbonisasi energi, model ini dioperasionalkan melalui indikator kinerja (KPI) yang terukur dan berkelanjutan Keberhasilan dekarbonisasi tersebut diukur melalui indikator utama berupa penurunan emisi CO_2, penurunan intensitas karbon listrik, peningkatan kapasitas PLTS nasional, serta peningkatan bauran energi terbarukan dalam sistem energi nasional.[216]

Keseluruhan pembahasan ini menunjukkan bahwa Al-Qur'an tidak hanya memberikan dasar normatif, tetapi juga menyediakan kerangka konseptual dan operasional dalam membangun sistem energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan

Dengan demikian, keseluruhan pembahasan ini menunjukkan bahwa Al-Qur'an telah memberikan dasar konseptual tentang sistem energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan. Prinsip tersebut selaras dengan pengembangan PLTS sebagai solusi utama dalam dekarbonisasi energi menuju *Net Zero Emission* 2060.

---

[214]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050...*, hal. 87–95.

[215]International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2023...*, hal. 112–118.

[216]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs 2022...*, hal. 56–60.

7. Penguatan Etik Pengelolaan Energi Berbasis Asmaul Husna dalam Sinkronisasi PLN–PLTS Menuju *Net Zero Emission* 2060

Subbab ini membahas dimensi etik sebagai penguat seluruh model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060. Jika subbab V.D.1–V.D.6 membahas sistem energi, tata kelola, pembiayaan, SDM dan teknologi, distribusi energi, serta dekarbonisasi lingkungan, maka V.D.7 menempatkan nilai-nilai Qur'ani sebagai dasar evaluasi moral dalam pengelolaan energi nasional.

Dalam perspektif Al-Qur'an, pengelolaan energi tidak hanya diukur dari aspek teknis dan ekonomi, tetapi juga dari nilai keadilan, amanah, keseimbangan, keberlanjutan, dan tanggung jawab sosial. Karena itu, transformasi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 memerlukan fondasi etik agar tetap berorientasi pada kemaslahatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.

Nilai-nilai Asmaul Husna seperti *Al-'Adl, Al-Ḥafīẓ, Al-Wakīl, Al-Qayyūm, Al-Muqsiṭ, Al-Ḥakīm*, dan *Ar-Raqīb* menjadi kerangka evaluasi etik terhadap seluruh submodel sinkronisasi PLN–PLTS. Dengan demikian, penguatan etik berbasis Asmaul Husna bertujuan memastikan bahwa pengelolaan energi nasional berjalan secara adil, amanah, berkelanjutan, dan selaras dengan nilai-nilai Al-Qur'an menuju *Net Zero Emission* 2060

a. *Al-'Adl*: Keadilan Amanah dan Keputusan yang Adil,

Subbab ini membahas prinsip keadilan dalam dimensi amanah dan pengambilan keputusan berdasarkan QS An-Nisa/4: 58. Ayat ini dipilih karena secara eksplisit mengaitkan amanah dan keadilan sebagai dasar tata kelola publik. Dalam konteks Bab V, ayat ini relevan sebagai standar etik untuk menilai apakah sistem pengelolaan energi telah berjalan secara adil, akuntabel, dan profesional.

إِنَّ ٱللَّهَ يَأۡمُرُكُمۡ أَن تُؤَدُّواْ ٱلۡأَمَٰنَٰتِ إِلَىٰٓ أَهۡلِهَا وَإِذَا حَكَمۡتُم بَيۡنَ ٱلنَّاسِ أَن تَحۡكُمُواْ بِٱلۡعَدۡلِۚ ...

Sesungguhnya Allah menyuruh kamu menyampaikan amanah kepada yang berhak menerimanya, dan apabila kamu menetapkan hukum di antara manusia hendaklah kamu menetapkannya dengan adil...

Dalam tafsir al-Ṭabarī, ayat ini ditujukan kepada para pemegang kekuasaan (ulil amri) agar menunaikan amanah dalam pengelolaan urusan publik, termasuk harta, jabatan, dan keputusan hukum. Amanah merupakan tanggung jawab sosial yang tidak boleh disalahgunakan, karena kekuasaan adalah titipan Allah yang harus dipertanggungjawabkan[217] sedangkan dalam tafsir al-Qurṭubī, ayat ini termasuk *ummuhāt al-aḥkām* karena mencakup prinsip universal tentang amanah dan keadilan dalam seluruh aspek

[217]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol.8, hal. 390-394.

kehidupan. Amanah tidak hanya terbatas pada kekuasaan politik, tetapi mencakup seluruh tanggung jawab manusia, baik terhadap Allah maupun sesama manusia[218] dan Sayyid Quṭb menjelaskan bahwa amanah merupakan tanggung jawab eksistensial manusia sebagai khalifah di bumi yang mencakup seluruh sistem kehidupan, termasuk dimensi sosial, ekonomi, dan politik. Keadilan dipahami bagai prinsip universal yang harus ditegakkan terhadap semua manusia tanpa diskriminasi.[219] Selanjutnya Ṭanṭāwī menegaskan bahwa amanah mencakup seluruh hak yang harus ditunaikan, baik material maupun non-material, termasuk pengelolaan harta, jabatan, dan relasi sosial. Keadilan merupakan pilar utama stabilitas masyarakat yang harus ditegakkan secara konsisten[220] Sementara itu, M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa amanah mencakup seluruh relasi manusia dengan Allah, sesama, lingkungan, dan dirinya sendiri. Keadilan harus ditegakkan secara objektif dan profesional serta hanya dapat dilaksanakan oleh pihak yang memiliki kompetensi, sehingga menuntut integritas sekaligus profesionalitas.[221]

QS An-Nisā'/4: 58 menunjukkan bahwa amanah dan keadilan merupakan dasar utama tata kelola sistem, yaitu: 1) amanah menjadi legitimasi kewenangan yang harus diberikan kepada pihak yang kompeten, 2) keadilan menjadi prinsip pengambilan keputusan yang objektif dan tidak diskriminatif, dan 3) pengelolaan sistem harus dijalankan secara adil, transparan, dan bertanggung jawab.

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-'Adl berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah sistem energi dikelola oleh pihak yang kompeten, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance bebas dari konflik kepentingan, 3) Bab Vsub .D.3 dievaluasi apakah distribusi manfaat ekonomi energi adil, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah penempatan SDM berbasis kompetensi, 5) Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah distribusi energi merata dan tidak diskriminatif, dan 6) bab V.Sub D.6 dievaluasi apakah kebijakan dekarbonisasi tidak menimbulkan ketimpangan sosial.

Indikator etik Al-'Adl dalam sistem energi meliputi: 1) transparansi dalam pengelolaan dan pengambilan keputusan, 2) akuntabilitas dalam penggunaan sumber daya, 3) penempatan jabatan berbasis kompetensi, 4) distribusi energi yang adil antarwilayah, 5) kebijakan yang tidak

---

[218]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 255–258

[219] Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 2, hal. 688–689.

[220]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 3, hal. 187–188.

[221]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 2, hal. 479–482.

diskriminatif, dan 6) sistem yang bebas dari monopoli dan konflik kepentingan.

Nilai Al-'Adl dalam QS An-Nisa/4: 58 menunjukkan bahwa keadilan merupakan prinsip Ilahi yang harus diimplementasikan dalam bentuk amanah dan pengambilan keputusan yang adil. Dalam disertasi ini, al-'adl berfungsi sebagai alat evaluasi etik untuk menilai apakah sistem pengelolaan energi telah berjalan secara adil, profesional, dan bertanggung jawab. Sistem yang tidak transparan, tidak akuntabel, atau bias menunjukkan belum terpenuhinya prinsip keadilan dalam perspektif Al-Qur'an.

b. *Al-Ḥafīẓ*: Penjagaan Sistem, Mutu, dan Reliability

Subbab ini membahas prinsip penjagaan sistem, mutu, dan keandalan melalui QS Hūd/11: 57. Ayat ini dipilih karena menegaskan bahwa Allah adalah Al-Ḥafīẓ, Dzat yang memelihara dan menjaga segala sesuatu. Dalam konteks Bab V, ayat ini menjadi dasar etik bahwa sistem energi harus aman, andal, stabil, dan berkelanjutan[222]

إِنَّ رَبِّى عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ حَفِيظٌ

Sungguh, Tuhanku Maha Memelihara segala sesuatu.

Para Mufasir diantaranya tafsir al-Ṭabarī, frasa *inna rabbī 'alā kulli shay'in ḥafīẓ* dimaknai bahwa Allah menjaga dan mengetahui seluruh makhluk-Nya, serta memelihara para rasul dari gangguan manusia[223]. Sedangkan dalam tafsir al-Qurṭubī, kata *ḥafīẓ* berarti penjaga atas segala sesuatu. Allah melindungi para nabi dan tidak ada sesuatu pun yang dapat mencelakakan mereka tanpa izin-Nya.[224] Adapun Sayyid Quṭb menjelaskan bahwa Allah menjaga agama-Nya, wali-Nya, dan hukum-hukum-Nya dari kerusakan. Seluruh sistem kehidupan berada dalam kontrol-Nya.[225] Selanjutnya Ṭanṭāwī menegaskan bahwa Allah menjaga, mengawasi, dan mengendalikan seluruh makhluk serta menegakkan sunnatullah dalam kehidupan.[226] Sementara itu, M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa *ḥafīẓ* mencakup makna memelihara, mengawasi, dan tidak lengah terhadap

[222]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Jakarta: LPMQ, 2019, QS Hūd/11: 57.

[223]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 15, hal.365.

[224]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 9, hal. 53.

[225]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 4, hal.1900.

[226]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 7, hal. 227.

ciptaan-Nya. Penjagaan Allah meliputi keseimbangan sistem kehidupan agar tetap harmonis dan berkelanjutan.[227]

Dari keseluruhan tafsir tersebut, konsep Al-Ḥafīẓ menunjukkan bahwa: 1) Allah adalah penjaga absolut seluruh makhluk dan sistem kehidupan, 2) penjagaan tersebut bersifat sistemik dan berkelanjutan untuk menjaga stabilitas dan keseimbangan, dan 3) prinsip ḥifẓ menjadi dasar keandalan, perlindungan, dan keberlangsungan sistem energi.

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-Ḥafīẓ berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah infrastruktur energi terlindungi dari gangguan, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance memiliki mekanisme stabilisasi sistem, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah pembiayaan terlindungi dari risiko, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah SDM menjaga mutu operasional, 5) Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah kualitas layanan dijaga konsisten, dan 6) bab V.sub D.6 dievaluasi apakah dekarbonisasi memiliki mitigasi risiko lingkungan dan sosial.

Indikator etik Al-Ḥafīẓ dalam sistem energi meliputi: 1) sistem proteksi terhadap gangguan, 2) stabilitas dan kontinuitas operasional, 3) reliability sistem energi, 4) kontrol risiko teknis dan non-teknis, 5) pemeliharaan mutu layanan, dan 6) keberlanjutan jangka panjang.

Nilai Al-Ḥafīẓ dalam QS Hūd/11: 57 menunjukkan bahwa Allah adalah Dzat yang menjaga dan memelihara seluruh sistem kehidupan. Dalam disertasi ini, Al-Ḥafīẓ menjadi standar etik agar pengelolaan energi memiliki keandalan, mutu, stabilitas, dan kesinambungan. Sistem yang rapuh, tidak terpelihara, atau tidak mampu menjamin kontinuitas menunjukkan belum terpenuhinya prinsip *ḥifẓ* dalam perspektif Al-Qur'an.

c. Al-Wakīl: Penjaminan Amanah dan Manajemen Risiko

Subbab ini membahas prinsip penjaminan amanah dan manajemen risiko melalui QS Āli 'Imrān/3: 173. Ayat ini dipilih karena menegaskan bahwa Allah adalah Al-Wakīl, sebaik-baik pelindung dan penanggung urusan. Dalam konteks Bab V, ayat ini menjadi dasar etik bahwa sistem energi harus memiliki jaminan keberlanjutan, mitigasi risiko, dan ketahanan menghadapi ketidakpastian[228]

وَقَالُواْ حَسۡبُنَا ٱللَّهُ وَنِعۡمَ ٱلۡوَكِيلُ

Dan mereka berkata, 'Cukuplah Allah bagi kami dan Dia sebaik-baik Pelindung (wakīl).

Pendapat para tafsir diantaranya Mufasir al-Ṭabarī, frasa *ḥasbunā Allāh wa ni'ma al-wakīl* dimaknai bahwa Allah adalah Dzat yang mencukupi

[227]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 2, hal.5-6

[228]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*..., QS Āli 'Imrān/3:173

dan menjadi penanggung seluruh urusan manusia. Istilah *wakīl* menunjukkan pihak yang diserahi urusan secara penuh untuk dikelola dan dijamin.[229] Dalam tafsir al-Qurṭubī, ungkapan tersebut menunjukkan bahwa Allah mencukupi segala kebutuhan manusia. Ini merupakan bentuk tawakkal total sebagaimana dicontohkan Nabi Ibrahim dan Nabi Muhammad saat menghadapi ancaman.[230] Sedangkan Sayyid Quṭb menjelaskan bahwa ayat ini menggambarkan kekuatan iman yang membuat manusia tidak takut terhadap ancaman eksternal. Tawakkal melahirkan keberanian, keteguhan, dan stabilitas menghadapi tekanan.[231] Ṭanṭāwī menegaskan bahwa sikap kaum beriman dalam ayat ini menunjukkan peningkatan iman, keyakinan, dan kepercayaan penuh kepada Allah sebagai penolong terbaik, sehingga melahirkan ketenangan.[232] Sementara itu, M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa Al-Wakīl adalah pihak yang diserahi pengelolaan urusan dengan penuh kepercayaan. Tawakkal tidak berarti meninggalkan usaha, tetapi menggabungkan ikhtiar dengan penyerahan hasil kepada Allah.[233]

Dari keseluruhan tafsir tersebut, konsep Al-Wakīl menunjukkan bahwa: 1) Allah adalah penjamin dan pengelola seluruh urusan manusia, 2) tawakkal melahirkan ketahanan dan stabilitas dalam menghadapi risiko, dan 3) prinsip wakālah merupakan perpaduan antara ikhtiar manusia dan penyerahan hasil kepada Allah.

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-Wakīl berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah sistem energi menjamin keberlangsungan operasional, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance menjamin stabilitas kebijakan, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah pembiayaan memiliki mitigasi risiko memadai, 4)Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah SDM mampu mengelola risiko operasional, 5)Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah distribusi energi menjamin kontinuitas layanan, dan 6) bab V.sub D.6 dievaluasi apakah dekarbonisasi tahan terhadap risiko teknologi dan ekonomi

Indikator etik Al-Wakīl dalam sistem energi meliputi: 1) sistem manajemen risiko terstruktur, 2) jaminan keberlanjutan operasional, 3) diversifikasi sumber energi, 4) ketahanan terhadap gangguan eksternal, 5) kepercayaan pada tata kelola, dan 6) stabilitas dalam ketidakpastian.

---

[229]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 7, hal.405

[230]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 4, hal.282.

[231]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 520.

[232]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 2, hal. 342.

[233]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, ..., vol. 2, hal. 213–215

Nilai Al-Wakīl dalam QS Āli ‘Imrān/3: 173 menunjukkan bahwa Allah adalah penjamin utama seluruh urusan manusia. Dalam disertasi ini, Al-Wakīl menjadi standar etik agar sistem energi memiliki jaminan keberlanjutan, manajemen risiko, dan daya tahan krisis. Sistem yang rapuh, tidak siap risiko, atau tidak stabil menunjukkan belum terpenuhinya prinsip *wakālah* dalam perspektif Al-Qur’an.

d. *Al-Qayyūm*: Prinsip Penopang Keberlanjutan Sistem dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

Subbab ini membahas nilai Al-Qayyūm sebagai prinsip keberlanjutan, kontinuitas, dan penopang sistem. Ayat ini dipilih karena sangat relevan dengan kebutuhan tata kelola energi modern: pasokan listrik yang stabil, operasi berkelanjutan, dan sistem yang tangguh.

Dalam konteks PLN–PLTS menuju NZE 2060, konsep ini berkaitan dengan keandalan grid, reserve margin, dan layanan 24 jam.[234]

ٱللَّهُ لَآ إِلَٰهَ إِلَّا هُوَ ٱلْحَىُّ ٱلْقَيُّومُ

Allah, tidak ada tuhan selain Dia, Yang Maha Hidup, Yang terus-menerus mengurus makhluk-Nya.[235]

Pendapat para Mufasir diantaranya Al-Ṭabarī menjelaskan bahwa al-Ḥayy berarti Dzat yang hidup kekal tanpa mati, sedangkan al-Qayyūm bermakna pihak yang menegakkan, menjaga, memberi rezeki, mengatur, dan memelihara seluruh makhluk. Menurutnya, makna paling kuat dari al-Qayyūm ialah *al-qā’im bi amri kulli shay’*, yakni yang mengurus seluruh urusan makhluk secara terus-menerus.[236] Hal ini menunjukkan bahwa keberlangsungan alam semesta bergantung pada sistem pemeliharaan yang aktif dan berkesinambungan.

Sedangkan Al-Qurṭubī menafsirkan al-Qayyūm sebagai Dzat yang berdiri sendiri, tidak membutuhkan selain-Nya, tetapi seluruh makhluk membutuhkan-Nya. Ia menekankan unsur independensi kekuasaan dan ketergantungan sistemik makhluk kepada Allah.[237] Artinya, hanya sistem yang memiliki fondasi kokoh, mandiri, dan menopang unsur lain yang dapat bertahan lama dan Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī menjelaskan bahwa al-Qayyūm berasal dari akar kata *qāma* yang bermakna tegak sempurna dan berkelanjutan. Allah memenuhi kebutuhan makhluk secara sempurna dan

---

[234]International Energy Agency, *Electricity Security Report*, Paris: IEA, 2024, hal.15–18.

[235]Kementerian Agama RI, *Al-Qur’an dan Terjemahnya*, QS Āli ‘Imrān/3:2.

[236]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi‘ al-Bayān fī Ta’wīl al-Qur’ān*..., vol. 6, hal.155–159.

[237]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmi‘ li Aḥkām al-Qur’ān*..., vol.4, hal.1–4.

terus-menerus, sementara Dia sendiri tidak membutuhkan apa pun.[238] Penekanannya ada pada kesinambungan layanan dan kesempurnaan pengelolaan,sedangkan Quraish Shihab menjelaskan bahwa al-Qayyūm ialah Yang mengelola kebutuhan makhluk sehingga terlaksana secara sempurna dan berkesinambungan.

Penggabungan sifat al-Ḥayy dan al-Qayyūm memberi isyarat bahwa kehidupan sejati bukan sekadar hidup sendiri, tetapi memberi kehidupan kepada yang lain.[239] Ini mengandung pesan bahwa sistem terbaik adalah sistem yang menopang kehidupan masyarakat luas. Dan Hamka menafsirkan al-Qayyūm sebagai Yang berdiri sendiri dan menegakkan semua yang ada. Seluruh makhluk hidup karena Dia menghidupkan, seluruh sistem tegak karena Dia menegakkan. Ia menekankan bahwa alam berjalan teratur bukan karena dirinya sendiri, tetapi karena adanya pengatur mutlak yang menopang semuanya.[240] Makna ini menegaskan pentingnya kepemimpinan sistemik yang menjaga keteraturan.

Dari keseluruhan tafsir tersebut, nilai Al-Qayyūm menunjukkan bahwa: 1) sistem harus berjalan secara kontinu dan berkelanjutan, 2) sistem harus memiliki keandalan dan kemampuan menopang beban serta gangguan, dan 3) keberlanjutan sistem membutuhkan pemeliharaan aktif, fondasi yang kuat, dan kemanfaatan luas bagi masyarakat.[241]

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-Qayyūm berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah grid stabil dan tangguh, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah kelembagaan berjalan konsisten, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah pendanaan berkelanjutan, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah operator siap menjaga layanan 24 jam, 5) Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah pasokan listrik merata secara nasional, dan 6) Bab V.sub D.6 dievaluasi apakah dekarbonisasi tetap menjaga reliability sistem.?[242]

Indikator etik Al-Qayyūm dalam sistem energi meliputi: 1) SAIDI/SAIFI menurun, 2) reserve margin aman, 3) gangguan sistem rendah, 4) PLTS dan storage menopang malam hari, 5) O&M berjalan rutin, dan 6) rasio elektrifikasi merata.[243]

---

[238]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qur'ān al-Karīm*..., vol. 2, hal.16–25.

[239]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 2, hal. 5–6.

[240]Hamka, *Tafsir Al-Azhar*..., vol 3, 7, hal.03–704

[241]Bandingkan dengan konsep reliability governance pada PLN, *RUPTL 2025–2034*, Jakarta: PLN, 2025, hal. 32–40

[242]Bandingkan dengan konsep reliability governance pada PLN..., hal. 32–40.

[243]Bandingkan dengan konsep reliability governance pada PLN..., hal. 55-60

Transisi energi tidak cukup hanya menambah kapasitas PLTS, tetapi harus memastikan sistem siap menopang variabilitas energi surya. Karena itu dibutuhkan modernisasi grid, battery storage, smart dispatch center, predictive maintenance, dan cadangan daya memadai. Energi bersih harus sekaligus andal.[244]

QS Āli ‘Imrān/3: 2 menegaskan Allah sebagai Al-Qayyūm, penopang seluruh sistem kehidupan. Dalam pengelolaan energi, ayat ini menjadi dasar bahwa sistem listrik nasional harus dibangun di atas kontinuitas, keandalan, pemeliharaan, dan keberlanjutan. Sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 berarti menghadirkan energi bersih yang tetap kokoh menopang kehidupan bangsa.[245]

Footnote

e. *Al-Muqsiṭ (Qisṭ)*: Keadilan Seimbang dan Terukur,

Subbab ini membahas prinsip keadilan seimbang dan terukur dalam Al-Qur’an melalui QS Āli ‘Imrān/3: 18. Ayat ini dipilih karena menegaskan bahwa Allah menegakkan *qisṭ* (keadilan proporsional), sehingga menjadi dasar keteraturan kehidupan. Dalam konteks Bab V, ayat ini relevan sebagai standar etik untuk menilai apakah pengelolaan energi berjalan adil, transparan, dan seimbang.

شَهِدَ ٱللَّهُ أَنَّهُۥ لَآ إِلَٰهَ إِلَّا هُوَ وَٱلْمَلَٰٓئِكَةُ وَأُو۟لُوا۟ ٱلْعِلْمِ قَآئِمًۢا بِٱلْقِسْطِ ۚ

Allah menyatakan bahwa tidak ada tuhan selain Dia; (demikian pula) para malaikat dan orang-orang yang berilmu, yang menegakkan keadilan (qisṭ).

Pendapat para Mufasir dimana alam tafsir al-Ṭabarī, frasa “qāiman bil-qisṭ” dimaknai bahwa Allah adalah Dzat yang menegakkan keadilan di antara makhluk-Nya, di mana qisṭ berarti keadilan yang dilakukan oleh pihak yang berlaku adil. Dengan demikian, Allah dipahami sebagai sumber dan pelaksana keadilan dalam hubungan antar makhluk, sehingga keadilan menjadi prinsip dasar dalam tatanan kehidupan.[246]dan dalam tafsir al-Qurṭubī, makna qisṭ juga ditegaskan sebagai keadilan, dan frasa tersebut menunjukkan bahwa Allah adalah Dzat yang senantiasa menegakkan keadilan. Penegasan ini menunjukkan bahwa keadilan merupakan sifat yang melekat pada ketuhanan dan menjadi dasar dalam seluruh keputusan dan ketetapan-Nya.[247] serta mufasir Sayyid Quṭb menjelaskan bahwa keadilan

[244]International Renewable Energy Agency, *World Energy Transitions Outlook 2024*, Abu Dhabi: IRENA, 2024, hal.88–94

[245]Sintesis penulis mengenai integrasi nilai Al-Qayyūm dan sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060

[246]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 6, hal. 267--270.

[247]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 4, hal.43.

(qisṭ) merupakan sifat yang melekat pada keesaan Allah dan sistem pengaturan alam semesta. Seluruh kehidupan berjalan dalam keseimbangan yang adil, dan keadilan tersebut hanya dapat terwujud apabila manusia mengikuti manhaj Allah. Tanpa itu, akan terjadi ketimpangan, konflik, dan ketidakteraturan dalam kehidupan sosial.[248] sedangkan Ṭanṭāwī menjelaskan bahwa frasa *"qāiman bil-qisṭ"* menunjukkan kesempurnaan Allah dalam seluruh perbuatan-Nya, yaitu menegakkan keadilan dalam pengaturan kehidupan, pembagian rezeki, penetapan hukum, dan seluruh urusan makhluk. Dengan demikian, keadilan Ilahi bersifat menyeluruh dan mencakup seluruh aspek kehidupan manusia.[249] Sementara itu, M. Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Mishbah menjelaskan bahwa qisṭ bukan sekadar keadilan formal, tetapi keadilan yang seimbang dan mampu memberikan kepuasan kepada semua pihak. Allah menegakkan keadilan secara berkesinambungan dalam seluruh aspek kehidupan, termasuk dalam distribusi rezeki, potensi, dan ketentuan hidup manusia, sehingga tercipta keseimbangan dan harmoni dalam kehidupan.[250]

QS Āli 'Imrān/3: 18 menunjukkan bahwa prinsip qisṭ merupakan dasar keteraturan sistem kehidupan, yaitu: 1) Allah adalah penegak keadilan absolut, 2) keadilan bersifat sistemik dan menjaga keseimbangan kehidupan, dan 3) qisṭ tidak hanya normatif tetapi juga operasional, proporsional, dan terukur dalam pelaksanaan serta hasilnya.Dengan demikian, qisṭ merupakan keadilan yang tidak hanya adil secara prinsip, tetapi juga seimbang dalam pelaksanaan dan terukur dalam hasil.

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-Muqsiṭ berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab Vsub .D.1 dievaluasi apakah sistem energi dirancang seimbang antara kapasitas dan kebutuhan, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance berjalan proporsional dan tidak bias, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah distribusi manfaat ekonomi energi tidak timpang, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah penempatan SDM dilakukan secara proporsional, 5) Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah distribusi energi memberi manfaat seimbang bagi masyarakat, dan 6) Bab V.sub D.6 dievaluasi apakah dekarbonisasi berjalan seimbang antara lingkungan, ekonomi, dan sosial.

Indikator etik Al-Muqsiṭ dalam sistem energi meliputi: 1) keseimbangan supply dan demand energi, 2) proporsionalitas kebijakan, 3) distribusi manfaat yang tidak timpang, 4) transparansi dan keterukuran sistem, 5) keseimbangan aspek teknis, ekonomi, dan sosial, dan 6) keadilan yang menghasilkan kepuasan seluruh pihak.

---

[248]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal.379.

[249]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 2, hal. 56.

[250]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 2, hal.213–215.

Nilai *Al-Muqsiṭ (qisṭ*) dalam QS Āli ‘Imrān/3: 18 menunjukkan bahwa keadilan adalah prinsip Ilahi yang menjadi dasar keteraturan sistem kehidupan. Dalam disertasi ini, qisṭ berfungsi sebagai alat evaluasi etik agar pengelolaan energi berlangsung adil, proporsional, terukur, dan berkelanjutan. Sistem yang timpang atau tidak transparan menunjukkan belum terpenuhinya prinsip qisṭ dalam perspektif Al-Qur’an.

f. Al-Ḥakīm: Kebijakan Berhikmah dan Desain Jangka Panjang

Subbab ini membahas nilai Al-Ḥakīm sebagai dasar kebijakan yang bijak, terukur, dan berorientasi masa depan. Ayat ini dipilih karena menegaskan bahwa setelah datang bukti yang jelas, penyimpangan manusia menunjukkan kegagalan mengikuti sistem yang telah dirancang secara hikmah. Dalam konteks Bab V, ayat ini menjadi landasan etik bahwa pengelolaan energi harus dibangun di atas ilmu, perencanaan matang, dan visi jangka panjang.[251]

فَإِن زَلَلْتُم مِّنۢ بَعْدِ مَا جَآءَتْكُمُ ٱلْبَيِّنَٰتُ فَٱعْلَمُوٓا۟ أَنَّ ٱللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ

Jika kamu tergelincir setelah bukti-bukti yang nyata sampai kepadamu, maka ketahuilah bahwa Allah Mahaperkasa, Mahabijaksana.

Dalam tafsir al-Ṭabarī, frasa *fa in zalaltum min ba‘di mā jā’atkum al-bayyināt* dimaknai sebagai penyimpangan setelah datang penjelasan yang nyata, yaitu Islam dan Al-Qur’an. Sifat Allah sebagai *‘azīz* menunjukkan kekuasaan-Nya memberi sanksi, sedangkan *ḥakīm* menunjukkan seluruh keputusan-Nya didasarkan pada hikmah yang tepat[252].Sedangkan dalam dalam tafsir al-Qurṭubī, ayat ini menunjukkan bahwa penyimpangan setelah mengetahui kebenaran memiliki tanggung jawab lebih berat dibanding ketidaktahuan. Kata *‘azīz* menegaskan kehendak Allah tidak dapat dilawan, sedangkan *ḥakīm* menunjukkan ketetapan-Nya selalu tepat dan tidak sewenang-wenang[253]

Mufasir Sayyid Quṭb menjelaskan bahwa sifat *‘azīz* merupakan peringatan atas kekuatan Allah, sedangkan *ḥakīm* menunjukkan bahwa seluruh sistem yang ditetapkan-Nya adalah yang terbaik bagi manusia. Penyimpangan dari sistem itu akan menimbulkan kerugian sistemik.[254] Pendapat Mufasir Ṭanṭāwī menegaskan bahwa Allah tidak dapat dikalahkan dalam memberi hukuman kepada pihak yang menyimpang, dan seluruh

---

[251]Kementerian Agama RI, *Al-Qur’an dan Terjemahannya*..., QS Al-Baqarah/2: hal. 209

[252]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān fī Taʾwīl al-Qurʾān*..., vol. 4,hal. 260.

[253]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 3, hal.24.

[254]Sayyid Quṭb, *Fī Ẓilāl al-Qurʾān*..., vol. 1, hal. 212.

ketetapan-Nya didasarkan pada hikmah, yaitu menempatkan segala sesuatu sesuai tujuan dan fungsinya[255] Sementara itu, M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa penggunaan kata *fa in zalaltum* (jika kamu tergelincir) menunjukkan bahwa penyimpangan semestinya hanya insidental, sebab kebenaran telah dijelaskan dengan terang. Allah sebagai *'azīz* mampu memberi sanksi, dan sebagai *ḥakīm* menetapkan segala sesuatu secara tepat serta memberi ruang perbaikan bagi manusia.[256]

QS Al-Baqarah/2: 209 menunjukkan bahwa konsep Al-Ḥakīm mengandung tiga dimensi utama, yaitu: 1) Allah menetapkan sistem berdasarkan ilmu dan hikmah sempurna, 2) penyimpangan terjadi ketika manusia tidak mengikuti desain sistem yang optimal, dan 3) hikmah Ilahi bersifat tepat, proporsional, visioner, dan menyediakan ruang koreksi bagi manusia.

Dengan demikian, *ḥikmah* merupakan prinsip dasar dalam penyusunan kebijakan yang tepat, sistemik, dan berkelanjutan.

Dalam kerangka Bab V, nilai Al-Ḥakīm berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah desain sistem energi optimal dan terintegrasi, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance berbasis pertimbangan ilmiah dan rasional, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah investasi energi berorientasi jangka panjang, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah pengembangan SDM strategis dan adaptif, 5) Bab V.D sub .5 dievaluasi apakah distribusi energi tepat sasaran dan efisien, dan 6) Bab V.sub D.6 dievaluasi apakah dekarbonisasi disusun secara sistemik dan jangka panjang.

Indikator etik Al-Ḥakīm dalam sistem energi meliputi: 1) kebijakan berbasis ilmu dan data, 2) perencanaan sistem jangka panjang, 3) penempatan sumber daya secara tepat, 4) integrasi aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan, 5) konsistensi perencanaan dan implementasi, dan 6) kemampuan adaptasi serta koreksi sistem.

Nilai Al-Ḥakīm menunjukkan bahwa seluruh sistem harus dibangun atas hikmah, ketepatan, dan orientasi masa depan. Dalam konteks disertasi ini, Al-Ḥakīm menjadi ukuran etik agar kebijakan energi dirancang secara ilmiah, terencana, adaptif, dan berkelanjutan. Karena itu, kebijakan yang reaktif, tidak berbasis data, atau gagal membaca risiko masa depan menunjukkan belum terpenuhinya prinsip *ḥikmah* dalam perspektif Al-Qur'an.

---

[255]Muḥammad Sayyid Ṭanṭāwī, *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li al-Qurʾān al-Karīm*..., vol. 1, hal. 449.

[256]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*..., vol. 2, hal. 449–450

g. *Ar-Raqīb*: Pengawasan dan Akuntabilitas Sistem Energi,

Subbab ini membahas prinsip pengawasan dan akuntabilitas dalam Al-Qur'an melalui QS Qāf/50: 17–18. Ayat ini menegaskan adanya sistem pencatatan amal manusia yang berlangsung secara terus-menerus, akurat, dan tidak dapat dimanipulasi. Dalam konteks Bab V, ayat ini menjadi dasar etik bahwa tata kelola energi harus memiliki mekanisme pengawasan yang jelas, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan.[257]

Firman Allah QS Qāf/50: 17–18

مَا يَلْفِظُ مِن قَوْلٍ إِلَّا لَدَيْهِ رَقِيبٌ عَتِيدٌ

Tidak ada suatu kata pun yang diucapkannya melainkan ada di sisinya malaikat pengawas yang selalu siap (mencatat).

Dalam tafsir Jāmiʿ al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān, ayat ini menjelaskan bahwa setiap ucapan dan perbuatan manusia dicatat secara teliti oleh dua malaikat tanpa ada yang terlewat. Al-Ṭabarī menegaskan bahwa pencatatan ini menjadi dasar pertanggungjawaban manusia di hadapan Allah.[258] Dalam tafsir al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān, sistem pencatatan ini bersifat objektif dan tidak dapat dimanipulasi. Setiap amal manusia dicatat secara adil, sehingga tidak ada ruang bagi ketidakadilan atau bias dalam penilaian.[259] Sedangkan dalam al-Taḥrīr wa al-Tanwīr, ayat ini menekankan dimensi kesadaran etis (muraqabah), yaitu perasaan diawasi secara terus-menerus yang mendorong manusia menjaga integritas dalam seluruh aktivitasnya.[260] Sementara itu, dalam Tafsir Al-Mishbah, dijelaskan bahwa tidak ada satu pun ucapan manusia yang luput dari pencatatan, sehingga kesadaran ini membentuk tanggung jawab moral dan transparansi dalam setiap tindakan.[261]

Dari keseluruhan tafsir tersebut, konsep Ar-Raqīb menunjukkan bahwa: 1) Allah menetapkan sistem pengawasan menyeluruh terhadap seluruh aktivitas manusia, 2) pengawasan tersebut berlangsung secara kontinu, objektif, dan tidak dapat dimanipulasi, dan 3) pengawasan Ilahi bertujuan membentuk integritas, kejujuran, dan akuntabilitas manusia.

Dengan demikian, raqābah bukan hanya kontrol, tetapi juga pembentukan integritas dan akuntabilitas.

Dalam kerangka Bab V, nilai Ar-Raqīb berfungsi sebagai alat evaluasi etik, yaitu: 1) Bab V.sub D.1 dievaluasi apakah sistem energi memiliki

---

[257]Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*..., QS Qāf/50: 17–18.

[258]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān...*, vol. 22, hal. 342-345

[259]Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *Al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān...*, vol. 17, hal. 8-10

[260]Muḥammad al-Ṭāhir ibn Muḥammad ibn Muḥammad al-Ṭāhir ibn ʿĀshūr al-Tūnisī, *al-Taḥrīr wa al-Tanwīr...*, vol.26, hal. 301-304.

[261]M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah...*, vol. 13, hal 292–295.

monitoring berbasis data, 2) Bab V.sub D.2 dievaluasi apakah governance berjalan transparan dan akuntabel, 3) Bab V.sub D.3 dievaluasi apakah pembiayaan didukung audit terbuka, 4) Bab V.sub D.4 dievaluasi apakah integritas dan kinerja SDM dapat diawasi, 5) Bab V.sub D.5 dievaluasi apakah distribusi energi dapat dimonitor secara merata, dan 6) Bab V.sub D.6 dievaluasi apakah kebijakan lingkungan memiliki pengawasan berkelanjutan

Sementara itu, pada V.D.6, menilai apakah kebijakan lingkungan memiliki sistem pengawasan yang berkelanjutan.

Indikator etik Ar-Raqīb dalam sistem energi meliputi: 1) monitoring berkelanjutan berbasis data, 2) transparansi operasional, 3) akuntabilitas keuangan dan proyek, 4) sistem audit yang terukur, 5) keterbukaan pengawasan publik, dan 6) evaluasi berkelanjutan kebijakan energi.

QS Qāf/50: 17–18 menegaskan bahwa seluruh aktivitas berada dalam pengawasan yang terus-menerus dan akuntabel. Dalam disertasi ini, Ar-Raqīb menjadi dasar etik bahwa sistem energi harus memiliki pengawasan, transparansi, dan akuntabilitas yang kuat.

Sistem energi yang tidak transparan dan tidak dapat diawasi menunjukkan belum terpenuhinya prinsip raqābah dalam perspektif Al-Qur'an.

h. Sintesis Evaluasi Etik & KPI Sistem Energi PLN–PLTS Menuju NZE 2060

Setelah menguraikan prinsip-prinsip etik berbasis Asmaul Husna pada subbab V.D.7.a hingga V.D.7.g, bagian ini menyajikan sintesis dalam bentuk indikator kinerja utama (*Key Performance Indicators*/KPI) sebagai instrumen evaluasi terintegrasi terhadap seluruh submodel pengelolaan energi. Sintesis ini merupakan tahap akhir dari proses metodologis yang menghubungkan tiga dimensi utama dalam disertasi ini, yaitu problem empiris (Bab tiga), nilai normatif Al-Qur'an (Bab Empat), dan model operasional (Bab Lima).

Dalam perspektif metodologi tafsir tematik (*tafsīr mawḍū'ī muqayyad*), nilai-nilai Qur'ani tidak berhenti pada tataran konseptual, tetapi ditransformasikan menjadi kerangka sistem yang dapat diukur dan diimplementasikan. Prinsip keadilan (*al-'adl*), keseimbangan (*al-mīzān*), amanah (*al-amānah*), serta pengawasan (*ar-raqābah*) dalam Al-Qur'an menjadi dasar etik yang kemudian diterjemahkan ke dalam indikator kinerja sistem energi.[262]

Dalam konteks ini, KPI berfungsi sebagai alat untuk mengukur sejauh mana sistem pengelolaan energi PLN–PLTS telah mencerminkan nilai-nilai

[262]Muḥammad Fu'ād ʿAbd al-Bāqī, *al-Muʿjam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qurʾān al-Karīm*..., hal. 19.

Qur'ani tersebut. Pendekatan ini sejalan dengan teori *Co-Creation* yang menekankan penciptaan nilai bersama antara negara, pasar, dan masyarakat dalam membangun sistem yang berkelanjutan.[263] Selain itu, konsep ini juga relevan dengan teori *Governing the Commons* dari Elinor Ostrom yang menekankan pentingnya tata kelola kolektif, transparansi, dan akuntabilitas dalam pengelolaan sumber daya bersama.[264]

Dengan demikian, tabel KPI berikut tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi teknis, tetapi juga sebagai representasi operasional dari nilai etik Qur'ani dalam sistem energi modern.

Tabel 5.1. Kerangka Evaluasi Etik & KPI Sistem Energi PLN–PLTS

No	Submodel	Prinsip Qur'ani	Asmaul Husna	Fokus Evaluasi Etik	Arah Umum KPI
1	Bab V.sub D.1 Sistem & Infrastruktur	Tanasuq (keterpaduan sistem)	Al-Ḥafīẓ	Keandalan dan integrasi sistem	Curtailment rendah
2	V.sub D.2 Governance	Amanah	Al-Wakīl, Ar-Raqīb	Transparansi dan akuntabilitas	Tata Kelola transparan
3	V.sub D.3 Pembiayaan	Keadilan ekonomi	Al-'Adl	Keadilan investasi energi	Pembiayaan inklusif (akses investasi energi yang adil dan terbuka)
4	V.sub D.4 SDM	Khalifah & tanggung jawab	Al-Ḥakīm	Profesionalisme SDM	SDM kompeten
5	V.sub D.5 Distribusi	Mīzān & Qisṭ	Al-Muqsiṭ	Pemerataan energi	Elektrifikasi merata
6	V.sub D.6 Dekarbonisasi	Larangan fasād	Al-Qayyūm	Keberlanjutan lingkungan	Emisi menurun
7	V.sub D.7 Monitoring	Raqābah	Ar-Raqīb	Monitoring & evaluasi	Sistem digital

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap nilai Qur'ani dapat ditransformasikan menjadi indikator operasional yang terukur. Prinsip keadilan (*al-'adl*) tidak hanya dipahami sebagai nilai normatif, tetapi juga

[263]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25-34 dan hal.163-164

[264]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88-102

sebagai ukuran pemerataan akses energi dan keadilan distribusi. Prinsip keseimbangan (*al-mīzān*) tercermin dalam distribusi energi yang proporsional, sedangkan prinsip pengawasan (*ar-raqīb*) diwujudkan dalam sistem monitoring berbasis data dan audit energi.[265]

Dengan demikian, sistem energi yang ideal dalam perspektif Al-Qur'an adalah sistem yang tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga adil, transparan, dan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan konsep *ecological modernization* yang menekankan integrasi antara pembangunan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan.[266]

Lebih lanjut, sintesis ini menunjukkan bahwa keberhasilan menuju *Net Zero Emission* 2060 tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi dan investasi, tetapi juga oleh kualitas tata kelola yang berbasis nilai. Sistem yang tidak adil, tidak transparan, dan tidak akuntabel akan sulit mencapai keberlanjutan jangka panjang.

Dapat disimpulkan subbab ini menegaskan bahwa KPI bukan sekadar alat ukur teknis, tetapi merupakan manifestasi operasional dari nilai-nilai Qur'ani dalam sistem energi. Dengan demikian, model sinkronisasi PLN–PLTS yang dibangun dalam disertasi ini memiliki dasar normatif yang kuat sekaligus memiliki instrumen evaluasi yang aplikatif.

Sintesis ini menjadi penutup yang mengintegrasikan seluruh pembahasan Bab V, sekaligus menjadi jembatan menuju implementasi dan kebijakan energi nasional dalam rangka mencapai target *Net Zero Emission* 2060.

E. Implementasi dan Transformasi Sistem Energi Menuju *Net Zero Emission* 2060

Subbab ini membahas implementasi model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS sebagai arah transformasi sistem energi nasional menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060. Implementasi tersebut merefer kepada model sinkronisasi pada Bab V.sub D dan evaluasi KPI pada Bab V.sub F sebagai dasar pengembangan sistem energi yang terukur, kolaboratif, dan berkelanjutan.[267]

---

[265]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmiʿ al-Bayān*..., vol. 8; Abū ʿAbd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad ibn Abī Bakr ibn Farḥ al-Anṣārī al-Khazrajī Shams al-Dīn al-Qurṭubī, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qurʾān*..., vol. 5, hal. 255-258.

[266]Arthur P. J. Mol dan Gert Spaargaren, "Ecological Modernization Theory," dalam *Elgar Encyclopedia of Environmental Sociology*..., hal.1-6.

[267]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021), hal. 21–39; Kementerian ESDM RI, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*..., hal. 79–95.

Dalam penelitian ini, implementasi transformasi energi tidak hanya dipahami sebagai pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), tetapi sebagai proses integrasi sistem energi yang melibatkan aspek teknis, tata kelola, pembiayaan, SDM, teknologi, distribusi energi, dan dekarbonisasi lingkungan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, implementasi model dilakukan melalui pendekatan Co-Creation yang melibatkan pemerintah, PLN, industri, investor, perguruan tinggi, pesantren, koperasi, komunitas, dan masyarakat sebagai bagian dari ekosistem energi nasional[268]

Selain itu, implementasi transformasi energi dalam penelitian ini juga tetap merefer kepada nilai-nilai Qur'ani seperti keteraturan (*tanāsuq*), amanah, keadilan, keseimbangan, dan tanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya energi. Dengan demikian, Bab V.sub E tidak hanya membahas implementasi teknis pengembangan PLTS, tetapi juga menjelaskan arah transformasi sistem energi nasional yang berkeadilan, berkelanjutan, dan selaras dengan nilai-nilai Al-Qur'an menuju *Net Zero Emission* 2060.[269]

1. Arah Implementasi dan Transformasi Sistem Energi

Arah implementasi transformasi sistem energi dalam penelitian ini merefer secara langsung kepada model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS pada Bab V.sub D yang meliputi sistem energi, tata kelola, pembiayaan, SDM dan teknologi, distribusi energi, dekarbonisasi lingkungan, serta penguatan etik pengelolaan energi. Seluruh model tersebut diimplementasikan secara bertahap menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 melalui pendekatan transformasi sistem energi yang terintegrasi dan berkelanjutan.[270]

Dalam penelitian ini, implementasi transformasi energi tidak hanya dipahami sebagai pembangunan PLTS, tetapi sebagai proses sinkronisasi sistem energi nasional yang mencakup integrasi teknologi, reformasi tata kelola, penguatan pembiayaan, peningkatan kapasitas SDM, pemerataan distribusi energi, serta pengurangan emisi karbon secara bertahap. Oleh karena itu, implementasi model dilakukan dengan merefer kepada indikator

---

[268]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–44; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

[269]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān*..., vol. 23, hal. 39–41; M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*..., vol. 11, hal. 75–79

[270]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–41; International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 21–37

evaluasi dan KPI pada Bab V.E sebagai parameter ketercapaian transformasi energi nasional.[271]

Tahapan transformasi energi tersebut dipahami berlangsung melalui empat fase pengembangan, yaitu fase penguatan sistem energi (2030), fase akselerasi integrasi energi terbarukan (2040), fase optimalisasi dan dekarbonisasi sistem energi (2050), hingga fase pencapaian *Net Zero Emission* Indonesia pada tahun 2060. Pada setiap fase, implementasi dilakukan melalui penguatan sinkronisasi antara pemerintah, PLN, industri, investor, perguruan tinggi, pesantren, koperasi, komunitas energi, dan masyarakat sebagai bagian dari pendekatan Co-Creation dalam pengelolaan energi nasional.[272]

Pada level mikro, implementasi diarahkan pada rumah tangga, komunitas, UMKM, dan usaha energi mandiri berbasis PLTS. Pada level meso, implementasi dilakukan pada kawasan industri, institusi pendidikan, dan pemerintah daerah melalui integrasi sistem energi regional. Sementara pada level makro, implementasi dilakukan melalui penguatan kebijakan nasional, pengembangan smart grid, investasi energi bersih, digitalisasi sistem ketenagalistrikan, dan penguatan infrastruktur energi nasional.[273]

Dalam perspektif Al-Qur'an, arah transformasi energi tersebut tidak hanya bertujuan mencapai target teknis dan ekonomi, tetapi juga mewujudkan sistem energi yang berkeadilan, amanah, seimbang, dan berkelanjutan. Prinsip tersebut selaras dengan nilai keteraturan sistem, tanggung jawab, dan larangan kerusakan lingkungan sebagaimana tercermin dalam berbagai ayat Al-Qur'an yang menjadi dasar etik-operasional dalam penelitian ini. Dengan demikian, arah implementasi transformasi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 dipahami sebagai proses sinkronisasi teknologi, tata kelola, ekonomi, sosial, dan nilai Qur'ani dalam membangun sistem energi nasional yang berkelanjutan.[274]

---

[271]Przemyslaw Komarnicki, *et.al*., *Smart Power Grids and Energy Systems*, Berlin: Springer, 2020, hal. 55–79; Kementerian ESDM RI, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN*..., hal. 83–97.

[272]Kementerian ESDM RI, *RUPTL PLN 2025–2034*, Jakarta: PT PLN Persero, 2025, hal. 12–28; International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2023*, Abu Dhabi: IRENA, 2023, hal. 101–120.

[273]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023, hal. 215–238; World Bank, *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2023*, Washington DC: World Bank, 2023, hal. 64–82.

[274]Abu Ja'far Muhammad bin Jarir bin Yazid bin Katsir bin Ghalib al-Amuli ath-Thabari, *Jāmi' al-Bayān*..., vol. 23, hal. 39–41; M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*, vol. 11..., hal. 75–79.

2. Posisi Strategis dan Karakteristik Pengembangan PLTS dalam Sistem Energi Nasional

Dalam struktur ketenagalistrikan Indonesia, PLN memegang peran sebagai operator utama sistem tenaga listrik nasional yang bertanggung jawab terhadap kestabilan jaringan, kontinuitas pasokan listrik, serta keseimbangan antara pembangkitan, transmisi, dan distribusi energi.[275] Oleh karena itu, setiap pengembangan sumber energi baru, termasuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), harus mempertimbangkan kesiapan sistem PLN dalam menerima dan mengelola energi secara stabil dan terintegrasi.[276] Dalam konteks ini, pengembangan PLTS tidak dapat dipisahkan dari sistem tenaga listrik nasional, melainkan harus ditempatkan sebagai bagian dari transformasi sistem energi menuju sistem yang lebih fleksibel, adaptif, dan rendah emisi.[277]

Di sisi lain, PLTS memiliki posisi strategis dalam kebijakan energi nasional karena energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan paling potensial di Indonesia dengan ketersediaan sumber daya yang melimpah serta teknologi yang fleksibel.[278] Berbeda dengan pembangkit konvensional yang umumnya bersifat terpusat, PLTS dapat dikembangkan secara modular, bertahap, dan tersebar sesuai kebutuhan sistem, mulai dari rumah tangga hingga industri berskala besar.[279] Karakteristik tersebut menjadikan PLTS relevan bagi Indonesia sebagai negara kepulauan yang membutuhkan sistem pembangkitan terdistribusi dan dekat dengan pusat beban.[280]

Namun demikian, pengembangan PLTS juga menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait sifat intermitensi energi surya yang dipengaruhi intensitas radiasi matahari.[281] Kondisi tersebut menuntut kesiapan sistem jaringan, termasuk penguatan grid, manajemen beban, dispatch system, storage, serta digitalisasi sistem energi nasional. Oleh karena itu, model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini menempatkan PLTS bukan sebagai pesaing PLN, tetapi sebagai komponen yang harus diintegrasikan secara harmonis ke dalam sistem energi nasional.

---

[275]PT PLN (Persero), *Statistik PLN 2023*, Jakarta: PLN, 2024, 15–18.

[276]Kementerian ESDM RI, *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN)*, Jakarta: KESDM, 2023, hal.42–45.

[277]Przemyslaw Komarnicki *et.al*., *Smart Grid and Energy Transition*..., al. 75–84.

[278]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*..., hal. 33–40.

[279]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*..., hal. 41–45.

[280]Asian Development Bank, *Indonesia Energy Transition Assessment*..., hal. 56–60.

[281]International Energy Agency (IEA), *Renewables 2023*, Paris: IEA, 2023, hal. 120–126.

Pengalaman negara dengan perkembangan PLTS yang sangat pesat seperti China menunjukkan bahwa keberhasilan pengembangan energi surya modern umumnya dilakukan melalui integrasi PLTS ke dalam sistem jaringan nasional (on-grid), bukan melalui pemisahan sistem secara terpisah. Sebagian besar pengembangan PLTS di China dilakukan melalui dua pendekatan utama. Pendekatan pertama adalah distributed solar, yaitu pengembangan PLTS terdistribusi pada rumah tangga, perkantoran, hotel, kawasan bisnis, dan industri yang terhubung langsung ke jaringan distribusi listrik. Model ini memungkinkan partisipasi masyarakat, pelaku usaha, dan sektor industri secara luas dalam pengembangan energi surya. Pendekatan kedua adalah utility-scale solar, yaitu pengembangan PLTS berskala besar seperti PLTS ground-mounted, PLTS terapung, dan kawasan pembangkit energi surya skala utilitas yang terhubung langsung ke sistem transmisi nasional. Model ini umumnya dikembangkan melalui kolaborasi antara pemerintah, utilitas listrik nasional, investor, dan industri energi dalam mendukung kapasitas energi nasional secara besar-besaran.[282]

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan transisi energi tidak hanya ditentukan oleh pembangunan teknologi, tetapi juga oleh kemampuan sinkronisasi antara sistem utilitas nasional, pelaku usaha, industri, investor, komunitas, dan masyarakat dalam membangun ekosistem energi yang terintegrasi.[283] Dalam konteks ini, perkembangan PLTS di China memperlihatkan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, utilitas listrik nasional, sektor industri, lembaga pembiayaan, komunitas energi, dan pelaku usaha lokal dalam mempercepat implementasi energi surya. Pemerintah memberikan dukungan regulasi dan infrastruktur, utilitas nasional memperkuat jaringan transmisi dan smart grid, sedangkan sektor industri dan masyarakat berperan dalam pengembangan distributed solar dan industri energi surya nasional.[284] Pendekatan tersebut sejalan dengan teori Co-Creation yang menempatkan proses kolaborasi antaraktor sebagai dasar penciptaan nilai bersama dalam sistem energi modern.[285]

Selain mendukung transisi energi, karakteristik modular dan fleksibel PLTS juga membuka peluang ekonomi yang luas karena pengembangannya dapat dilakukan secara bertahap sesuai kapasitas investasi dan kebutuhan

---

[282]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS), *National Survey Report of PV Power Applications in China 2024*, Paris: IEA-PVPS, 2024,hal. 12–19.

[283]International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS), *National Survey Report of PV Power Applications in China 2024...*, hal. 20–27.

[284]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023, hal. 233–241.

[285]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 97–104.

pengguna. Hal ini memungkinkan keterlibatan berbagai aktor, mulai dari rumah tangga, komunitas, usaha kecil, teknisi lokal, hingga investor besar dalam membangun ekosistem energi surya nasional.[286] Dengan demikian, PLTS tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi bersih, tetapi juga sebagai platform pengembangan industri, peningkatan partisipasi masyarakat, dan penguatan ekonomi energi nasional berbasis kolaborasi.[287]

Pendekatan implementasi tersebut juga sejalan dengan nilai-nilai Qur'ani yang menekankan pentingnya keteraturan, keseimbangan, dan tanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya. Prinsip keteraturan sistem sebagaimana tergambar dalam QS Yasin/36: 40 menunjukkan bahwa sistem yang baik dibangun melalui harmoni dan keseimbangan antarbagian, sedangkan prinsip perubahan pada QS Ar-Ra'd/13: 11 menunjukkan pentingnya transformasi internal dalam membangun sistem yang lebih baik.[288] Dengan demikian, pengembangan PLTS dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai transformasi teknologi energi, tetapi juga sebagai transformasi sistem sosial, ekonomi, dan tata kelola menuju sistem energi yang berkelanjutan dan berkeadilan.

3. Transformasi Pelaku Usaha Energi Surya

Pengembangan PLTS memiliki karakter unik dalam membentuk transformasi pelaku usaha secara bertahap. Pada tahap awal, masyarakat berperan sebagai pengguna energi melalui instalasi PLTS atap pada rumah, sekolah, pesantren, maupun usaha kecil.[289] Seiring perkembangan pasar energi surya, sebagian pengguna berkembang menjadi pelaku usaha instalasi dan pemeliharaan, sehingga terjadi transformasi dari konsumen energi menjadi pelaku pasar energi.[290]

Dalam tahap berikutnya, aktivitas tersebut berkembang menjadi usaha kecil formal seperti instalator lokal, koperasi energi, dan kontraktor skala kecil yang bergerak dalam bidang pemasangan serta pemeliharaan sistem PLTS.[291] Dengan meningkatnya kapasitas teknis, pengalaman proyek, dan kemampuan pembiayaan, sebagian pelaku usaha kemudian berkembang menjadi kontraktor menengah, bahkan menjadi perusahaan EPC

---

[286]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*...,hal. 88–102.

[287]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*..., 2023, hal. 51–58.

[288]QS Yasin/36: 40 , QS Ar-Ra'd/13: 11.

[289]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*/..., hal. 51–55.

[290]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*..., 5 hal. 6–58.

[291]Kementerian ESDM RI, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021 tentang Klasifikasi, Kualifikasi, dan Sertifikasi Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik*.

(Engineering, Procurement, and Construction) atau pengembang proyek energi berskala besar.[292]

Transformasi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS tidak hanya menghasilkan energi listrik, tetapi juga membentuk jalur pertumbuhan usaha yang bertahap, berlapis, dan inklusif. Berbeda dengan industri energi konvensional yang cenderung terpusat dan membutuhkan modal besar sejak awal, teknologi PLTS memungkinkan keterlibatan masyarakat dan pelaku usaha kecil dalam rantai nilai industri energi.[293] Dalam konteks ini, PLTS berfungsi tidak hanya sebagai teknologi energi bersih, tetapi juga sebagai sarana pengembangan ekonomi energi berbasis masyarakat.[294]

Pendekatan tersebut sejalan dengan teori *Co-Creation* yang menempatkan masyarakat, pelaku usaha, industri, dan pemerintah sebagai bagian dari proses kolaboratif dalam menciptakan nilai bersama pada sektor energi. Selain itu, transformasi pelaku usaha energi surya juga mencerminkan proses pembangunan ekonomi yang lebih inklusif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi energi terbarukan.[295]

Dalam perspektif Al-Qur'an, transformasi usaha tersebut dapat dipahami sebagai bagian dari upaya pengelolaan sumber daya secara produktif, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Prinsip perubahan dan pengembangan kapasitas sebagaimana tergambar dalam QS Ar-Ra'd/13: 11 menunjukkan pentingnya transformasi internal dalam membangun sistem yang lebih baik, sedangkan prinsip amanah dan tanggung jawab menegaskan bahwa pengelolaan sumber daya energi harus diarahkan bagi kemaslahatan bersama.[296] Dengan demikian, pengembangan PLTS tidak hanya membentuk transformasi teknologi energi, tetapi juga mendorong transformasi sosial dan ekonomi menuju sistem energi yang lebih berkeadilan dan berkelanjutan.

4. Implementasi Usaha dalam Pengembangan PLTS

a. Usaha Mikro

Usaha mikro dalam sektor PLTS umumnya beroperasi pada kapasitas kecil yang diterapkan pada rumah tangga, UMKM, sekolah, pesantren, dan fasilitas skala kecil lainnya.[297] Pada tingkat ini, pelaku utamanya meliputi instalator lokal, usaha kecil kelistrikan, koperasi

---

[292]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034*, hal. 87–92.

[293]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 97–104.

[294]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

[295]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88

[296]QS Ar-Ra'd/13: 11.

[297]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*..., hal. 51–55.

energi, dan komunitas teknis yang menjadi pintu masuk partisipasi masyarakat dalam ekosistem energi surya.[298] Selain memperluas penggunaan energi bersih, usaha mikro juga berperan dalam membangun keterampilan teknis, kesadaran energi, dan kemandirian energi berbasis masyarakat.[299]

b. Usaha Meso (Menengah)

Usaha menengah bergerak pada pengembangan PLTS sektor industri, komersial, dan kawasan bisnis dengan kebutuhan kapasitas dan manajemen proyek yang lebih besar.[300] Pada tahap ini, pengembangan usaha membutuhkan sertifikasi usaha, kemampuan teknis, serta akses pembiayaan yang lebih kuat.[301] Oleh karena itu, usaha menengah berfungsi sebagai penghubung antara ekonomi energi lokal dengan industri energi berskala lebih besar.[302]

c. Usaha Makro (Besar)

Usaha besar umumnya dikembangkan melalui skema Independent Power Producer (IPP) atau proyek utilitas yang terintegrasi dengan sistem PLN[303] Pelaku pada tingkat ini melibatkan perusahaan besar, investor nasional dan internasional, serta konsorsium energi dengan kapasitas modal dan teknologi tinggi.[304] Implementasi usaha makro memiliki peran strategis dalam meningkatkan kapasitas energi terbarukan nasional dan mendukung pencapaian target *Net Zero Emission* 2060.[305]

d. Ekosistem Peluang Usaha PLTS dalam Perspektif Co-Creation dan Tata Kelola Energi

Pengembangan PLTS di Indonesia tidak hanya berkaitan dengan peningkatan kapasitas energi terbarukan, tetapi juga membentuk

---

[298]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023...,* hal. 56–58.

[299]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023...,* hal. 59–61.

[300]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021 tentang Klasifikasi, Kualifikasi, dan Sertifikasi Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik*.

[301]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021 tentang Klasifikasi, Kualifikasi, dan Sertifikasi Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik*.

[302]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...*, hal.87–92.

[303]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...*, hal. 93–98.

[304]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023, hal. 233–241

[305]Kementerian ESDM RI, *Roadmap Net Zero Emission Indonesia 2060...*, hal.45–52

ekosistem industri energi baru yang melibatkan berbagai pelaku ekonomi. Karakteristik PLTS yang modular, fleksibel, dan terdistribusi memungkinkan pembangunan pembangkit dilakukan secara bertahap mulai dari skala rumah tangga hingga utilitas besar.[306] Kondisi ini membuka peluang keterlibatan masyarakat sebagai pengguna energi, teknisi instalasi, pelaku usaha jasa energi, maupun investor lokal dalam rantai nilai industri energi surya.[307]

Dalam praktiknya, pengembangan PLTS tidak hanya membutuhkan pembangunan pembangkit, tetapi juga berbagai layanan pendukung seperti konsultansi teknik, konstruksi instalasi, inspeksi dan pengujian, pengoperasian sistem, pemeliharaan pembangkit, pengelolaan lingkungan, serta keselamatan kerja.[308] Kerangka kelembagaan bagi pertumbuhan usaha tersebut telah diatur melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021 tentang Klasifikasi, Kualifikasi, dan Sertifikasi Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik.[309]

Dalam perspektif Co-Creation, ekosistem tersebut menunjukkan bahwa penciptaan nilai dalam sektor energi tidak hanya dilakukan oleh pemerintah atau perusahaan listrik, tetapi juga melibatkan masyarakat, pelaku usaha, investor, dan lembaga keuangan dalam proses kolaboratif yang saling terhubung.[310] Sementara itu, dalam perspektif Governing the Commons, pengembangan PLTS mencerminkan bentuk pengelolaan sumber daya energi secara kolektif yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem tata kelola energi nasional.[311]

Tabel 5.2. Ekosistem Industri PLTS Indonesia dalam Perspektif Regulasi Ketenagalistrikan

No	Bidang Usaha	Fungsi dalam Ekosistem PLTS	Mikro	Meso	Makro
1	Konsultansi	Perencanaan	Desain	Desain	Masterplan

[306]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*..., hal. 33–40.

[307]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 97–104.

[308]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021*.

[309]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021*.

[310]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.105–112.

[311]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

	instalasi tenaga listrik	dan desain sistem	rooftop kecil	komersial	utilitas
2	Pembangunan dan pemasangan	EPC dan konstruksi	Instalasi rumah tangga	EPC komersial	EPC utilitas
3	Pemeriksaan dan pengujian	Inspeksi teknis	Uji instalasi kecil	Inspeksi industri	Inspeksi utilitas
4	Pengoperasian	Operasi sistem	Operator komunitas	Operator komersial	Operator utilitas
5	Pemeliharaan	Perawatan sistem	Cleaning panel	O&M kontrak	Asset management
6	Penilaian TKDN	Audit kandungan lokal	Terbatas	Mulai berkembang	Sangat penting
7	Keselamatan ketenagalistrikan	Audit K3	Terbatas	Proyek industri	Proyek utilitas
8	Pengelolaan lingkungan	Monitoring lingkungan	Terbatas	Proyek daerah	Proyek besar
9	Pengendalian emisi	Inventarisasi karbon	Terbatas	Mulai berkembang	Penting
10	Penilaian jalur transmisi	Interkoneksi jaringan	Tidak dominan	Terbatas	Sangat penting

Klasifikasi usaha jasa penunjang tenaga listrik tersebut menunjukkan bahwa pengembangan industri PLTS memiliki jalur pertumbuhan yang jelas mulai dari usaha kecil hingga industri energi nasional.[312] Dengan demikian, pengembangan PLTS tidak hanya menciptakan kapasitas energi baru, tetapi juga membentuk ekosistem industri yang mencakup kegiatan perencanaan, konstruksi, inspeksi, operasi, pemeliharaan, hingga pengelolaan lingkungan dan keselamatan kerja.[313]

Tabel 5.3. Transformasi Usaha PLTS dari Komunitas menjadi Perusahaan

Tahap	Bentuk Pelaku	Aktivitas	Hasil
1	Individu / komunitas	Instalasi kecil	Usaha mikro
2	Usaha mikro	PLTS rooftop kecil	Perusahaan kecil
3	Perusahaan kecil	Proyek komersial	Perusahaan menengah

[312]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021*.

[313]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021*.

4	Perusahaan menengah	Proyek industri	Perusahaan besar
5	Perusahaan besar	PLTS utilitas	Pelaku nasional

Transformasi tersebut memperlihatkan bahwa teknologi PLTS memungkinkan pertumbuhan usaha secara bertahap dari komunitas lokal menuju perusahaan energi berskala besar[314]. Dalam konteks ini, PLTS berfungsi bukan hanya sebagai teknologi energi bersih, tetapi juga sebagai platform pertumbuhan industri energi nasional berbasis kolaborasi.[315]

Pengembangan PLTS juga melibatkan keterkaitan regulasi lintas sektor antara Kementerian PUPR melalui sistem jasa konstruksi dan Kementerian ESDM melalui regulasi ketenagalistrikan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS merupakan kegiatan multidisipliner yang menghubungkan sektor konstruksi, energi, lingkungan, dan manajemen industri.[316]

Tabel 5.4. Pemetaan Regulasi PUPR (LPJKN) dan ESDM dalam Ekosistem Industri PLTS

Tahap Kegiatan	Regulasi PUPR / LPJKN	Regulasi ESDM	Peran dalam Ekosistem PLTS
Perencanaan proyek	SBU jasa konsultansi konstruksi	Konsultansi instalasi tenaga listrik	Desain dan perencanaan sistem
Konstruksi pembangkit	SBU konstruksi instalasi listrik	Pembangunan instalasi tenaga listrik	EPC pembangunan PLTS
Pengujian instalasi	SBU inspeksi konstruksi	Pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik	Komisioning sistem
Operasi sistem	Tidak dominan	Pengoperasian instalasi tenaga listrik	Operasi pembangkit
Pemeliharaan	SBU pemeliharaan konstruksi	Pemeliharaan instalasi tenaga listrik	O&M PLTS

[314]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...*, hal. 95–98.

[315]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.113–118.

[316]Kementerian PUPR Republik Indonesia, regulasi jasa konstruksi dan sistem sertifikasi badan usaha konstruksi; bandingkan dengan regulasi ketenagalistrikan Kementerian ESDM.

Lingkungan	AMDAL dan pengelolaan lingkungan	Pengelolaan lingkungan ketenagalistrikan	Pengendalian dampak lingkungan
Keselamatan	SMK3 konstruksi	Keselamatan ketenagalistrikan	Keamanan sistem listrik

Dengan demikian, pengembangan PLTS tidak hanya menjadi bagian dari strategi transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060, tetapi juga menjadi motor penggerak pertumbuhan industri energi nasional yang inklusif dan berkelanjutan.[317]

5. Insentif Kebijakan dan *Net-Metering*

Percepatan pengembangan PLTS sangat dipengaruhi oleh desain kebijakan pemerintah, khususnya insentif fiskal, kemudahan pembiayaan, dan mekanisme net-metering.[318] Mekanisme net-metering memungkinkan pemilik PLTS atap menyalurkan kelebihan energi listrik ke jaringan PLN dan memperoleh kompensasi ekonomi melalui pengurangan tagihan listrik.[319]

Pada tahap awal pengembangan PLTS di Indonesia, kebijakan net-metering menjadi salah satu faktor utama yang mendorong pertumbuhan PLTS atap pada sektor rumah tangga, bisnis, dan usaha kecil.[320] Namun dalam perkembangannya, perubahan kebijakan kompensasi ekspor listrik ke jaringan PLN mempengaruhi tingkat keekonomian PLTS dan berdampak pada perlambatan pertumbuhan pasar PLTS domestik, khususnya pada skala mikro dan meso.[321]

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengembangan PLTS tidak hanya ditentukan oleh kesiapan teknologi dan potensi sumber daya energi surya, tetapi juga oleh konsistensi kebijakan dan kepastian ekonomi bagi pengguna maupun investor.[322] Oleh karena itu, model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini tidak hanya mencakup integrasi teknis sistem energi, tetapi juga sinkronisasi kebijakan, regulasi, dan

[317]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 97–110.

[318]International Energy Agency (IEA), *Policies Database for Renewable Energy*, Paris: IEA, 2023, hal.45–52.

[319]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*, Abu Dhabi: IRENA, 2022, hal. 63–70.

[320]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTLU untuk Kepentingan Umum*.

[321]Kementerian ESDM RI, *Laporan Tahunan ESDM 2024*, Jakarta: KESDM, 2024, hal.118–124.

[322]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023,hal. 233–241.

mekanisme insentif dalam mendukung percepatan transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060.[323]

6. *Co-Created Outcomes* dan Integrasi Ekosistem Energi

Dalam perspektif teori Co-Creation, keberhasilan pengembangan energi surya tidak hanya diukur dari peningkatan kapasitas pembangkit listrik, tetapi juga dari nilai bersama (co-created outcomes) yang dihasilkan dalam sistem energi.[324] Dalam penelitian ini, nilai bersama tersebut dirumuskan dalam tiga dimensi utama, yaitu wealth, welfare, dan wellbeing.[325]

Wealth mencerminkan pertumbuhan ekonomi yang muncul melalui pengembangan industri energi surya, seperti tumbuhnya instalator lokal, kontraktor energi, manufaktur komponen, perusahaan EPC, hingga pengembang proyek energi.[326] Dengan demikian, PLTS tidak hanya menghasilkan energi listrik, tetapi juga membentuk sumber pertumbuhan ekonomi baru dalam sistem industri nasional.[327]

Welfare berkaitan dengan peningkatan kesejahteraan sosial melalui akses energi yang lebih merata, peningkatan keandalan listrik, serta potensi penghematan biaya energi bagi masyarakat dan sektor usaha.[3281]Ketika PLTS berkembang pada sektor rumah tangga, fasilitas publik, kawasan bisnis, dan industri, masyarakat memperoleh manfaat dalam bentuk efisiensi biaya dan akses terhadap energi bersih yang lebih luas.[329]

Sementara itu, wellbeing berkaitan dengan kualitas lingkungan hidup. Penggunaan energi surya membantu mengurangi emisi karbon, menurunkan ketergantungan terhadap energi fosil, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang.[330] Dalam konteks ini, energi surya tidak

---

[323]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*, Stanford: Stanford University Press, 2014, hal. 97–104.

[324]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.121–130

[325]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.121–130

[326]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*, Abu Dhabi: IRENA, 2023, hal.51–58.

[327]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*..., hal. 51–58.

[328]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023, hal. 233–241.

[329]International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*..., hal.233–241.

[330]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*, Abu Dhabi: IRENA, 2022, hal.75–81

hanya berfungsi sebagai instrumen ekonomi, tetapi juga sebagai instrumen ekologis dalam mendukung transisi energi berkelanjutan.[331]

Dalam perspektif Al-Qur'an, penciptaan kekayaan ekonomi harus tetap diikat oleh prinsip keadilan distribusi sebagaimana ditegaskan dalam QS Al-Hasyr (59): 7 agar manfaat ekonomi tidak hanya terpusat pada kelompok tertentu.[332] Prinsip tersebut menunjukkan bahwa pengembangan energi harus memberi ruang partisipasi bagi masyarakat, usaha kecil, dan pelaku lokal dalam sistem energi nasional.[333]

Tabel 5.5. Penjabaran Co-Created Outcomes dalam Perspektif Al-Qur'an

Outcome	Makna Ekonomi	Nilai Qur'ani
Wealth	Pertumbuhan usaha energi surya, kontraktor, manufaktur	Distribusi rezeki
Welfare	Kesejahteraan sosial melalui akses energi	Keadilan
Wellbeing	Lingkungan sehat melalui energi bersih	Keseimbangan alam

Pengembangan energi surya pada akhirnya harus dipahami sebagai proses kolaboratif dalam suatu ekosistem energi yang melibatkan pemerintah, PLN, investor, industri, lembaga pembiayaan, instalator lokal, komunitas energi, dan masyarakat sebagai pengguna maupun pelaku usaha.[334] Interaksi antaraktor tersebut menunjukkan bahwa pengembangan PLTS bukan proses linear dari negara ke pasar, tetapi merupakan proses co-creation melalui hubungan timbal balik dalam sistem energi nasional.[335]

Dalam konteks ini, PLN tidak hanya berfungsi sebagai operator jaringan listrik, tetapi juga sebagai platform sistem energi nasional yang memungkinkan integrasi energi surya secara luas.[3362]Masyarakat tidak hanya menjadi konsumen energi, tetapi juga dapat berkembang menjadi produsen energi dan pelaku usaha energi surya.[3372]Investor dan sektor industri juga

[331]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Prospects: Indonesia*..., hal.75–81

[332]QS Al-Hasyr/59: 7.

[333]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

[334]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.131–138.

[335]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm...*, hal.131–138.

[336]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...,* hal. 95–102.

[337]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*,hal. 59–63.

berperan sebagai bagian dari jaringan kolaboratif yang mendukung transformasi sistem energi nasional menuju energi bersih.[338]

Oleh karena itu, sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini pada dasarnya merupakan sinkronisasi antaraktor dalam ekosistem energi yang mencakup hubungan teknis, bisnis, regulatif, dan sosial.[339] Jika hubungan-hubungan tersebut berjalan secara selaras, maka pengembangan PLTS dapat menjadi penggerak pertumbuhan ekonomi, penguat sistem energi nasional, sekaligus instrumen percepatan transisi menuju *Net Zero Emission* 2060.[340]

7. Perspektif Al-Qur'an dalam Implementasi Energi Berkelanjutan

Implementasi sinkronisasi pengelolaan antara PLN dan PLTS dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada pendekatan teknis dan kebijakan energi, tetapi juga merefer kepada model operasional Qur'ani yang telah dirumuskan pada Bab V.sub D. Oleh karena itu, perspektif Al-Qur'an dalam subbab ini tidak lagi dibahas pada tataran normatif sebagaimana pada Bab IV, melainkan sebagai sintesis implementatif terhadap model-model operasional yang digunakan dalam sinkronisasi sistem energi menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060.[341]

Dalam konteks tersebut, ayat-ayat Al-Qur'an pada Bab V.sub D digunakan sebagai dasar etik-operasional dalam menjawab berbagai problem empiris yang telah diuraikan pada Bab III, mulai dari sinkronisasi sistem PLN–PLTS, tata kelola energi, pembiayaan energi, pengembangan SDM dan teknologi, distribusi energi, hingga dekarbonisasi dan monitoring sistem energi.[342] Dengan demikian, implementasi energi berkelanjutan dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai transformasi teknologi energi,

---

[338]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 97–110.

[339]Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 21–46; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*..., hal. 1–18; David J. Teece, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*.., hal.87–113.

[340]Bandingkan dengan evaluasi KPI pada Bab V.E terkait sinkronisasi sistem energi menuju NZE 2060.

[341]John W. Creswell and J. David Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed..., hal. 44–52; William N. Dunn, *Public Policy Analysis: An Integrated Approach*, 6th ed...., hal. 21–46.

[342]Arkady Pikovsky, Michael Rosenblum, dan Jürgen Kurths, *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences* ,Cambridge: Cambridge University Press, 2001, hal.1–35; Venkat Ramaswamy and Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.21–46; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102.

tetapi juga sebagai transformasi tata kelola, ekonomi, dan tanggung jawab sosial-lingkungan dalam sistem energi nasional.[343]

Pada aspek sinkronisasi sistem energi (Bab V.sub D.1), QS Yāsīn (36): 40 digunakan sebagai dasar keteraturan dan harmonisasi sistem, sedangkan QS Ar-Ra'd/13: 11 menekankan pentingnya transformasi internal dalam reformasi sistem energi nasional.[344] Dalam konteks ini, integrasi PLTS ke jaringan PLN dipahami sebagai proses sinkronisasi sistem yang membutuhkan perubahan struktural, digitalisasi jaringan, dan peningkatan fleksibilitas sistem energi.[345]

Pada aspek governance energi (V.sub D.2), QS Āli 'Imrān/3: 26 menegaskan pentingnya legitimasi dan otoritas dalam tata kelola energi, sedangkan QS Ṣād/38: 26 menekankan prinsip kepemimpinan yang adil dan meritokratis.[346] QS Al-Anfāl/8: 27 digunakan sebagai dasar amanah dan akuntabilitas pengelolaan energi, sementara QS Asy-Syūrā/42: 38 menjadi dasar partisipasi multi-aktor dan pendekatan Co-Creation dalam pengembangan energi nasional/[347]

Pada aspek pembiayaan energi (V.sub D.3), QS Al-Ḥasyr/59: 7 digunakan sebagai dasar distribusi investasi yang inklusif agar pengembangan energi tidak hanya terpusat pada kelompok tertentu.[348] QS Al-Ḥadīd/57: 25 menegaskan pentingnya keadilan ekonomi dalam sistem energi, sedangkan QS Al-Baqarah/2: 188 menjadi dasar integritas dan transparansi pembiayaan proyek energi.[349] Dalam konteks kepastian hukum dan bankability proyek energi, QS Al-Isrā'/17: 35 digunakan sebagai dasar kejujuran, kepastian ukuran, dan transparansi dalam tata kelola proyek energi.[350]

Pada aspek SDM dan teknologi energi (Vsub.D.4), QS Al-Qaṣaṣ (28): 26 menjadi dasar profesionalisme SDM melalui prinsip kuat dan terpercaya (al-qawiyy al-amīn), sedangkan QS Al-'Alaq/96: 1–5 menegaskan

---

[343]Bandingkan dengan konsep integrasi nilai dan sistem pada Bab IV dan Bab V.D.

[344]QS Yāsīn/36: 40; QS Ar-Ra'd/13: 11.

[345]. Arkady Pikovsky, Michael Rosenblum, dan Jürgen Kurths, Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 1–35; Przemyslaw Komarnicki, Pio Lombardi, dan Zbigniew A. Styczynski, Smart Power Grids and Renewable Energy Systems..., hal. 3–32; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034...,* Bab II, hlm. II-24–II-25 mengenai fleksibilitas sistem dan integrasi Variable Renewable Energy (VRE), serta hlm. II-42 mengenai pengembangan Smart Grid dan digitalisasi jaringan.

[346]QS Āli 'Imrān/3: 26; QS Ṣād/38: 26.

[347]QS Al-Anfāl/8: 27; QS Asy-Syūrā/42: 38

[348]QS Al-Ḥasyr/59: 7.

[349]QS Al-Ḥadīd/57: 25; QS Al-Baqarah/2: 188

[350]QS Al-Isrā'/17: 35.

pentingnya inovasi, literasi, dan pengembangan teknologi energi.[351] Selain itu, QS Al-Muṭaffifīn/83: 1–3 digunakan sebagai dasar etika dan integritas SDM dalam pengelolaan sistem energi.[352]

Pada aspek distribusi energi (V.sub D.5), QS Saba'/34: 18 digunakan sebagai dasar distribusi energi yang merata dan aman, sedangkan QS Al-Mā'idah/): 8 menekankan pentingnya kebijakan energi yang adil dan non-diskriminatif.[353] QS Al-An'ām/6: 141 juga digunakan sebagai dasar efisiensi energi dan pengendalian losses dalam sistem distribusi tenaga listrik.[354]

Sementara itu, pada aspek dekarbonisasi dan lingkungan (V.sub D.6), QS Ad-Dukhān/44: 10–11 dan QS Al-Baqarah/2: 205 digunakan sebagai dasar pengendalian polusi dan larangan kerusakan lingkungan akibat emisi energi fosil.[355] QS Al-Jāthiyah/45: 13 menegaskan bahwa sumber daya alam ditundukkan untuk dimanfaatkan secara bertanggung jawab, sedangkan QS Al-Ḥadīd/57: 7 dan QS Al-An'ām/6: 165 menjadi dasar amanah dan tanggung jawab manusia dalam transisi energi bersih/[356]

Dalam implementasi energi terbarukan, QS An-Naḥl/16: 12 digunakan sebagai upaya dekarbonisasi dengan dasar pemanfaatan energi surya (PLTS), QS Al-Ḥijr/15: 22 berkaitan Efisiensi ouput PLTS dengan ventilasi dan pendinginan sistem PLTS, sedangkan QS Al-Mu'minūn/23: 18 berkaitan Efisiensi Out put daya PLTS dengan pemanfaatan air dan cleaning system pada panel surya.[357] Selain itu, dalam upaya dekarbonisasi selain PLTS (dengan ayat sebelumnya) adalah, QS Ar-Rūm/30/: 48 digunakan sebagai dasar pemanfaatan energi angin (PLTB), sedangkan QS Ar-Ra'd/13: 17 dan QS Az-Zumar/39: 21 berkaitan dengan pemanfaatan energi air dan storage system dalam sistem energi nasional.[358]

Pada lapisan etik (V.sub D.7), prinsip-prinsip Asmaul Husna digunakan sebagai sistem kontrol etik dalam pengelolaan energi nasional. QS An-Nisā' (4): 58 menjadi dasar keadilan energi (al-'adl), QS Hūd/11: 57 menegaskan perlindungan sistem energi (al-ḥafīẓ), dan QS Āli 'Imrān/3: 173 menjadi dasar manajemen risiko energi (al-wakīl).[359] Selain itu, QS Āli 'Imrān/3: 2 digunakan sebagai dasar keberlanjutan sistem energi (al-qayyūm), QS Āli 'Imrān/3: 18 menegaskan keseimbangan distribusi energi (al-muqsiṭ), QS Al-Baqarah/2: 209 menjadi dasar kebijakan energi berbasis

[351]QS Al-Qaṣaṣ/28: 26; QS Al-'Alaq/96: 1–5.
[352]QS Al-Muṭaffifīn (83): 1–3.
[353]QS Saba'/34: 18; QS Al-Mā'idah/5: 8.
[354]QS Al-An'ām/6: 141.
[355]QS Ad-Dukhān/44: 10–11; QS Al-Baqarah/2: 205.
[356]QS Al-Jāthiyah/45: 13; QS Al-Ḥadīd/57: 7; QS Al-An'ām/6: 165
[357]QS An-Naḥl/16: 12; QS Al-Ḥijr/15: 22; QS Al-Mu'minūn/23: 18.
[358]QS Ar-Rūm/30: 48; QS Ar-Ra'd/13: 17; QS Az-Zumar/39: 21.
[359]QS An-Nisā'/4: 58; QS Hūd/11: 57; QS Āli 'Imrān/3: 173.

hikmah (al-ḥakīm), dan QS Qāf/50): 17–18 digunakan sebagai dasar monitoring dan pengawasan energi (ar-raqīb).[360]

Tabel 5.6. Sintesis Implementasi Model Qur'ani dalam Sinkronisasi PLN–PLTS

Model	Ayat Operasional	Fokus Implementasi	KPI Utama
Bab V.sub D.1 Sistem Energi	QS Yāsīn 36:40; QS Ar-Ra'd 13:11	Sinkronisasi PLN–PLTS dan reformasi sistem	Curtailment, hosting capacity
Bab V.sub D.2 Governance Energi	QS Āli 'Imrān 3:26; QS Ṣād 38:26	Governance dan partisipasi multi-aktor	Transparansi dan audit energi
Bab V.sub D.3 Pembiayaan Energi	QS Al-Ḥasyr 59:7; QS Al-Baqarah 2:188	Pembiayaan inklusif dan transparan	Investasi EBT dan LCOE
Bab V.sub D.4 SDM & Teknologi	QS Al-Qaṣaṣ 28:26; QS Al-'Alaq 96:1–5	Profesionalisme dan inovasi teknologi	Sertifikasi SDM dan smart grid
Bab V.sub D.5 Distribusi Energi	QS Saba' 34:18; QS Al-Mā'idah 5:8	Pemerataan akses energi	Rasio elektrifikasi
Bab V.sub D .6 NZE & Lingkungan	QS Ad-Dukhān 44:10–11; QS Al-Jāthiyah 45:13,An-Nahl 16:12	Dekarbonisasi dan transisi energi bersih	Emisi CO_2 dan share EBT,PLTS
Bab V.sub D.7 Layer Etik	QS Qāf 50:17–18	Monitoring dan pengawasan energi	Audit dan transparansi data

Tabel di atas menunjukkan bahwa model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini memiliki hubungan langsung antara nilai Qur'ani, implementasi sistem energi, dan indikator evaluasi yang terukur. Dengan demikian, perspektif Al-Qur'an dalam penelitian ini tidak berhenti pada tataran normatif, tetapi diintegrasikan ke dalam model operasional, KPI, regulasi, dan implementasi energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060.[361]

[360]QS Āli 'Imrān/3: 2; QS Āli 'Imrān/3: 18; QS Al-Baqarah/2: 209; QS Qāf (50): 17–18

[361]C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*..., hal.3–21; Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal.88–102; Michael D. McGinnis, ed., *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory*

8. Sintesis Model Implementasi Sinkronisasi PLN–PLTS

Berdasarkan seluruh pembahasan pada subbab V.sub E.1 hingga Vsub E.7, implementasi model sinkronisasi pengelolaan PLN dan pengembangan PLTS dalam penelitian ini menunjukkan bahwa transformasi energi tidak hanya berkaitan dengan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya, tetapi juga mencakup integrasi teknologi, kebijakan, pasar, dan masyarakat dalam satu ekosistem energi nasional yang saling terhubung.[362]

Pada dimensi teknologi, PLTS memiliki karakter modular, fleksibel, dan scalable sehingga dapat diterapkan mulai dari skala rumah tangga hingga utilitas besar. Karakteristik tersebut memungkinkan integrasi PLTS dengan sistem jaringan PLN sebagai operator utama sistem kelistrikan nasional.[363] Pada dimensi sosial-ekonomi, pengembangan PLTS juga membuka jalur pertumbuhan usaha energi secara bertahap, mulai dari pengguna teknologi, instalator lokal, usaha mikro dan menengah, hingga industri energi berskala besar. Dengan demikian, PLTS tidak hanya menghasilkan energi listrik, tetapi juga membentuk ekosistem ekonomi energi baru yang melibatkan masyarakat, industri, investor, dan pemerintah.[364]

Pada dimensi kebijakan, keberhasilan pengembangan PLTS sangat dipengaruhi oleh regulasi, insentif, dan kepastian investasi energi terbarukan, termasuk sinkronisasi kebijakan antara pemerintah dan PLN dalam pengelolaan sistem energi nasional.[365] Oleh karena itu, model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai integrasi pembangkit dengan jaringan listrik, tetapi sebagai integrasi ekosistem energi yang menghubungkan berbagai aktor dalam proses kolaboratif berbasis teori Co-Creation.[366]

---

and Policy Analysis..., hal.1–18; Robert S. Kaplan and David P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action* ..., hal.2–24; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034,...,* Bab I, Bab II, dan Bab VI, mengenai arah transisi energi, pengembangan energi terbarukan, indikator kinerja, dan kebutuhan investasi menuju NZE.

[362]Lihat sintesis implementasi model sinkronisasi PLN–PLTS pada subbab V.F.1–V.F.7.

[363]Przemyslaw Komarnicki *et.al*., *Smart Grid and Energy Transition*..., hal.75–84.

[364]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023*..., hal. 51–63.

[365]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Roadmap Net Zero Emission Indonesia 2060*..., hal. 45–52; bandingkan dengan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034.*.

[366]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.121–138.

Hasil dari proses tersebut tercermin dalam tiga dimensi utama, yaitu pertumbuhan ekonomi (wealth), peningkatan kesejahteraan masyarakat (welfare), dan keberlanjutan lingkungan (wellbeing). Ketiga dimensi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan energi surya tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga mendukung pembangunan sosial dan perlindungan lingkungan hidup secara berkelanjutan.[367]

Dalam perspektif Al-Qur'an, model sinkronisasi ini juga selaras dengan prinsip amanah, keadilan distribusi manfaat, tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi, serta larangan menciptakan kerusakan lingkungan.[368] Dengan demikian, pengembangan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060 tidak hanya memiliki dasar teknis dan ekonomi, tetapi juga memiliki landasan etik dalam membangun sistem energi nasional yang berkeadilan, partisipatif, dan berkelanjutan.[369]

9. Dampak Ekosistem Usaha dan Kesejahteraan Sosial sebagai Implementasi Sinkronisasi PLN–PLTS

Implementasi sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* (NZE) 2060 tidak hanya berdampak pada penguatan sistem energi nasional, tetapi juga memberikan manfaat sosial-ekonomi yang lebih luas bagi masyarakat. Dalam konteks ini, pengembangan PLTS nasional berpotensi menciptakan ekosistem usaha baru yang dapat mendorong pengurangan kemiskinan, peningkatan kesejahteraan ekonomi, kesejahteraan sosial, serta perlindungan keberlanjutan energi dan lingkungan.[370]

Dalam perspektif *Co-Creation Theory*, implementasi transisi energi tidak hanya bertujuan menghasilkan nilai ekonomi semata, tetapi juga menciptakan:

a. *Economic Well-being* (kesejahteraan ekonomi),
b. *Social Well-being* (kesejahteraan sosial), dan
c. *Security and Sustainability* (perlindungan dan keberlanjutan).[371]

Ketiga aspek tersebut menjadi bagian penting dalam pembangunan sistem energi yang partisipatif, inklusif, dan berkeadilan.

Dari sisi ekonomi, implementasi PLTS dapat membuka peluang usaha dan lapangan kerja baru melalui pengembangan jasa instalasi, operasi dan pemeliharaan, UMKM energi, koperasi energi, serta berbagai kegiatan

---

[367]Bandingkan dengan Konsep Co-Created Outcomes: Wealth, Welfare, dan Wellbeing Pada Subbab V.F.6.

[368]QS Al-Ḥasyr/59: 7; QS Al-An'ām/6: 165; QS Al-Baqarah/2: 205

[369]Lihat sintesis implementasi model operasional dan KPI pada Bab V. D dan Bab V.E.

[370]International Renewable Energy Agency (IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2024*..., hal.120–133.

[371]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal.121–138.

ekonomi lokal berbasis energi terbarukan. Kondisi ini berpotensi meningkatkan produktivitas masyarakat dan memperluas pemerataan pembangunan ekonomi, khususnya di wilayah yang sebelumnya memiliki keterbatasan akses energi.[372]

Dari sisi sosial, pengembangan energi surya juga dapat memperkuat akses terhadap pendidikan, layanan kesehatan, digitalisasi masyarakat, serta peningkatan kualitas hidup melalui ketersediaan energi yang lebih stabil dan berkelanjutan. Sementara itu, dari sisi perlindungan dan keberlanjutan, sinkronisasi PLN–PLTS dapat memperkuat ketahanan energi nasional, mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, serta menjaga keberlanjutan lingkungan dan generasi mendatang.[373]

Selain memberikan dampak langsung terhadap sinkronisasi sistem energi nasional, implementasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 juga berpotensi menimbulkan efek lanjutan (*multiplier effect*) terhadap berkembangnya berbagai sektor usaha dan ekosistem ekonomi di luar bisnis inti sinkronisasi PLN–PLTS itu sendiri. Dampak tersebut antara lain dapat mendorong pertumbuhan usaha jasa energi, UMKM berbasis energi terbarukan, industri pendukung teknologi energi, digitalisasi sistem kelistrikan, pelatihan dan sertifikasi tenaga kerja energi, hingga berkembangnya investasi hijau dan ekonomi rendah karbon.[374]

Namun demikian, penelitian ini tidak membahas secara mendalam aspek industri dan bisnis di luar sinkronisasi PLN–PLTS tersebut, karena fokus utama penelitian tetap diarahkan pada sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju NZE 2060. Oleh karena itu, berbagai sektor usaha di luar bisnis inti PLN–PLTS hanya diposisikan sebagai dampak implementatif dan ekosistem pendukung yang dapat berkembang seiring percepatan transisi energi nasional.

Dalam perspektif Al-Qur'an, pengelolaan sumber daya dan pembangunan ekonomi harus diarahkan untuk menciptakan kemaslahatan dan distribusi kesejahteraan yang berkeadilan. Hal tersebut sebagaimana firman Allah dalam QS Al-Ḥasyr (59):7: "Agar harta itu jangan hanya beredar di antara orang-orang kaya saja di antara kamu." Ayat tersebut menunjukkan pentingnya distribusi manfaat ekonomi secara merata sehingga pengembangan energi nasional tidak hanya menguntungkan kelompok tertentu, tetapi juga memberikan manfaat bagi masyarakat luas.

---

[372]International Labour Organization (ILO), *World Employment and Social Outlook 2024: Greening with Jobs*, Geneva: ILO, 2024, hal. 85–93.

[373]International Energy Agency (IEA), *Energy Security and Clean Energy Transition Report*, Paris: IEA, 2024, hal.70–79.

[374]International Energy Agency (IEA), *World Energy Investment 2024*, Paris: IEA, 2024, hal.145–152.

Selain itu, QS Al-Qaṣaṣ (28):77 menegaskan pentingnya keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan keberlanjutan: “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu kebahagiaan negeri akhirat, tetapi janganlah kamu melupakan bagianmu di dunia.”

Dengan demikian, implementasi sinkronisasi PLN–PLTS menuju NZE 2060 tidak hanya menghasilkan transformasi sistem energi nasional, tetapi juga berpotensi menjadi instrumen peningkatan kesejahteraan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan keberlanjutan masyarakat secara lebih luas sesuai prinsip keadilan dan kemaslahatan dalam Al-Qur’an.

10. Arah Implementasi dan Transformasi Sistem Energi Menuju *Net Zero Emission* 2060

Implementasi model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS dalam penelitian ini merupakan tahap operasional yang merefer secara langsung kepada enam submodel utama pada Bab V.D, yaitu model sistem dan perencanaan energi (V.D.1), tata kelola energi (V.D.2), ekonomi dan pembiayaan energi (V.D.3), SDM dan teknologi energi (V.D.4), keadilan distribusi energi (V.D.5), serta dekarbonisasi menuju *Net Zero Emission* 2060 (V.D.6). Selain itu, keseluruhan implementasi tersebut dikendalikan oleh dimensi etik pada V.D.7 yang berfungsi sebagai sistem evaluasi moral dan pengawasan nilai dalam proses sinkronisasi pengelolaan energi nasional.[375]

Dalam konteks ini, model pada Bab V.D tidak hanya dipahami sebagai kerangka konseptual, tetapi sebagai jawaban operasional terhadap berbagai problem empiris yang telah diuraikan pada Bab III. Setiap model memiliki fungsi yang saling terintegrasi dalam membangun sistem energi nasional yang sinkron, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tantangan transisi energi. Oleh karena itu, implementasi model dilakukan dengan merefer kepada indikator evaluasi pada Bab V.sub F yang berfungsi sebagai parameter ketercapaian sistem secara terukur.[376]

Evaluasi implementasi tersebut dilakukan secara bertahap melalui indikator KPI pada Bab V.sub F.8 yang memuat parameter target global dan target Indonesia pada fase 2030, 2040, 2050, dan 2060. Dalam konteks ini, KPI tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai instrumen perencanaan, monitoring, dan kontrol terhadap proses transformasi sistem energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060. Dengan

[375]Lihat sintesis model pada Bab V.D.1–V.D.7 mengenai sistem energi, governance, pembiayaan, SDM, distribusi energi, dekarbonisasi, dan evaluasi etik berbasis Asmaul Husna.

[376]Bandingkan dengan tabel evaluasi KPI pada Bab V.E yang menghubungkan model sinkronisasi dengan parameter ketercapaian sistem energi menuju NZE 2060.

demikian, implementasi model sinkronisasi PLN–PLTS dalam penelitian ini selalu berada dalam koridor evaluasi yang terukur dan berkelanjutan.[377]

Teori Co-Creation dalam penelitian ini berfungsi sebagai pendekatan implementatif yang menjelaskan bagaimana proses sinkronisasi tersebut dijalankan melalui keterlibatan berbagai aktor pada level mikro, meso, dan makro. Pada level mikro, implementasi diarahkan pada rumah tangga, komunitas, dan pelaku usaha kecil melalui pemanfaatan PLTS atap dan sistem energi mandiri. Pada level meso, implementasi dilakukan pada kawasan industri, institusi pendidikan, dan pemerintah daerah melalui integrasi sistem energi regional. Sementara itu, pada level makro, implementasi dilakukan melalui sinkronisasi kebijakan nasional, penguatan sistem jaringan PLN, regulasi energi, serta pembangunan infrastruktur energi nasional.[378]

Dengan demikian, teori Co-Creation tidak hanya dipahami sebagai konsep kolaborasi ekonomi, tetapi sebagai mekanisme implementasi yang memungkinkan keterhubungan antara negara, pasar, dan masyarakat dalam membangun sistem energi bersama. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip-prinsip Qur'ani yang telah dirumuskan pada Bab V.sub D, khususnya prinsip keteraturan (tanasuq), amanah, keadilan, keseimbangan, tanggung jawab, dan keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya energi.[379]

Dalam perspektif Al-Qur'an, keenam model utama tersebut merupakan bentuk implementasi nilai-nilai normatif yang diterjemahkan ke dalam sistem pengelolaan energi modern, sedangkan V.sub D.7 berfungsi sebagai pedoman etik yang mengontrol proses sinkronisasi agar tetap berada dalam koridor keadilan, transparansi, dan tanggung jawab lingkungan. Oleh karena itu, dimensi etik tidak hanya dipahami sebagai pelengkap normatif, tetapi sebagai sistem kontrol dalam manajemen sinkronisasi pengelolaan energi nasional.[380]

Berdasarkan keseluruhan implementasi tersebut, arah transformasi energi menuju *Net Zero Emission* 2060 diharapkan dapat dicapai secara bertahap melalui penguatan sistem energi berbasis PLTS, peningkatan partisipasi masyarakat, pengembangan investasi energi bersih, serta pengurangan emisi karbon secara sistematis. Target utama dari transformasi ini adalah tercapainya sistem energi rendah emisi dengan kapasitas PLTS

---

[377]Lihat V.E.8 "Sintesis Evaluasi, Integrasi KPI, dan Roadmap Energi" mengenai target global dan Indonesia pada fase 2030, 2040, 2050, dan 2060.

[378]Venkat Ramaswamy dan Kerimcan Ozcan, *The Co-Creation Paradigm*..., hal. 25–31.

[379]Ibid., 78–85; bandingkan dengan prinsip keteraturan dan keseimbangan dalam QS Al-Mulk/67: 3–4 dan QS Ar-Ra'd/13: 11.

[380]Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*..., hal. 88–102

nasional sekitar 109 GW pada tahun 2060 serta tercapainya emisi nol bersih (Net Zero Emission) sebagai bagian dari komitmen pembangunan berkelanjutan Indonesia.[381]

Dengan demikian, Bab V dalam penelitian ini tidak hanya menghasilkan model konseptual sinkronisasi PLN–PLTS, tetapi juga menghasilkan kerangka implementasi dan evaluasi yang terukur melalui integrasi antara model operasional (Bab V.sub D), evaluasi KPI (Bab V.sub F), dan implementasi transformasi energi (Bab V.sub E). Dalam kerangka tersebut, roadmap transformasi energi tidak dipahami sebagai proyeksi angka yang bersifat statis, tetapi sebagai evaluative transformation framework yang terus dimonitor, dikendalikan, dan disesuaikan melalui indikator KPI secara bertahap sesuai perkembangan sistem energi nasional dan target *Net Zero Emission* 2060.[382]

F. Evaluasi Model Sinkronisasi Pengelolaan PLN-PLTS

1. Metodologi Penetapan KPI

Penetapan indikator kinerja utama (*Key Performance Indicators/KPI*) dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan sintesis multidimensi yang mengintegrasikan enam sumber utama, yaitu: (1) nilai normatif Al-Qur'an (Bab IV), (2) model konseptual berbasis ayat (Bab V.D), (3) kondisi empiris sistem PLN–PLTS (Bab III), (4) kebijakan nasional energi (RUEN dan RUPTL), (5) benchmarking global (IEA, IRENA, Paris Agreement), serta (6) parameter teknis dan ekonomi sistem energi modern.[383]

Dari perspektif normatif, setiap KPI diturunkan dari prinsip Qur'ani seperti keteraturan sistem, keadilan (*al-'adl*), keseimbangan (*mīzān*), amanah, dan keberlanjutan, yang kemudian diterjemahkan menjadi indikator sistemik yang terukur dalam pengelolaan energi.

Selanjutnya, indikator tersebut diselaraskan dengan kondisi empiris PLN–PLTS serta kebijakan nasional, sehingga KPI yang dihasilkan bersifat realistis, implementatif, dan memiliki legitimasi kebijakan. KPI juga divalidasi melalui benchmarking global, khususnya dalam aspek dekarbonisasi, penetrasi energi terbarukan, dan efisiensi sistem energi.

Dengan demikian, KPI dalam penelitian ini disusun berdasarkan tiga prinsip utama:

a. Realistis terhadap kondisi Indonesia,
b. Selaras dengan target global, dan

---

[381]Kementerian ESDM RI, *Roadmap Net Zero Emission Indonesia 2060*..., hal. 45–52; lihat juga target pengembangan PLTS dalam *RUPTL PLN 2025–2034*.

[382]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA, 2021, hal. 97–110.

[383]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050* (2021), hal. 20–30; IRENA, *Energy Transition Outlook* (2022).

c. Konsisten dengan kebijakan nasional.[384]

2. Evaluasi Sinkronisasi Sistem Energi (V.D.1)

Evaluasi submodel sistem energi didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam Bab V.sub D.1, yaitu QS Yāsīn/36:40 dan QS Ar-Ra'd/13:11 sebagai dasar sinkronisasi dan transformasi sistem (Bab V.sub D.1.a), QS Fāṭir/35:41 sebagai dasar keandalan dan stabilitas sistem (Bab V.sub D.1.b), serta QS Al-Ḥasyr/59:24 sebagai dasar perencanaan sistem energi jangka panjang (Bab V.sub D.1.c).[385]

Secara konseptual, ayat-ayat tersebut menunjukkan prinsip koordinasi sistem, perubahan internal, stabilitas berkelanjutan, dan perencanaan strategis, yang menjadi dasar model sistem energi yang terintegrasi, adaptif, dan berorientasi jangka panjang.

Namun, kondisi empiris menunjukkan bahwa sistem PLN masih menghadapi keterbatasan dalam integrasi PLTS, fleksibilitas jaringan, serta kesiapan digitalisasi, yang berdampak pada tingginya *curtailment*, rendahnya *hosting capacity*, serta risiko gangguan sistem.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. *curtailment* (target <5%)
b. *hosting capacity* (%)
c. keandalan sistem (SAIDI/SAIFI)
d. tingkat digitalisasi grid (%)
e. konsistensi perencanaan RUPTL (%)

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem energi PLN–PLTS masih berada pada tahap parsial sinkron, di mana integrasi sistem belum optimal dan masih memerlukan penguatan pada aspek smart grid, fleksibilitas jaringan, integrasi *energy storage*, serta konsistensi perencanaan energi berbasis NZE.

Oleh karena itu, diperlukan percepatan transformasi sistem melalui implementasi roadmap smart grid, peningkatan kapasitas jaringan, serta sinkronisasi kebijakan perencanaan energi antara RUPTL, RUEN, dan kebijakan transisi energi nasional.[386]

3. Evaluasi *Governance Energi* (V.D.2)

Evaluasi *governance* didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam V.sub D.2, yaitu QS Āli 'Imrān/3:26 sebagai dasar legitimasi dan distribusi otoritas (Bab V.sub D.2.a), QS Ṣād/38:26 sebagai dasar kepemimpinan dan meritokrasi (Bab V.sub D.2.b), QS Al-Anfāl/8:27

[384]Komarnicki, *et.al*., *Smart Grid and Energy Transition*..., hal. 45–60
[385]Komarnicki, *et.al*., *Smart Grid and Energy Transition*..., hal. 60–75.
[386]Kementerian ESDM, *RUPTL PLN 2025–2034*, Jakarta: ESDM, 2025, dan *RUEN*

sebagai dasar akuntabilitas dan amanah (Bab V.sub D.2.c), serta QS Asy-Syūrā/42:38 sebagai dasar partisipasi dan musyawarah (Bab V.sub D.2.d).[387]

Model governance menekankan sistem yang transparan, partisipatif, dan akuntabel. Namun kondisi empiris menunjukkan sistem masih cenderung sentralistik, dengan dominasi PLN, proses perizinan yang panjang, serta keterbatasan keterlibatan swasta dan masyarakat dalam sistem energi nasional.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. Waktu perizinan
b. Transparansi tender
c. Partisipasi multipihak (% proyek IPP/PPP)

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa governance energi masih berada pada tahap parsial sinkron secara institusional, di mana distribusi peran antar aktor belum optimal dan transparansi sistem masih terbatas.

Oleh karena itu, diperlukan penguatan model co-creation dan *polycentric governance* melalui penyederhanaan regulasi, digitalisasi perizinan, peningkatan transparansi pengadaan, serta perluasan partisipasi swasta dan masyarakat dalam sistem energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060.[388]

4. Evaluasi Ekonomi dan Pembiayaan Energi (V.D.3)

Evaluasi ekonomi didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam Bab V.subD.3, yaitu QS Al-Ḥasyr/59:7 sebagai dasar pembiayaan inklusif dan distribusi ekonomi (Bab V.sub D.3.a), QS Al-Ḥadīd (57):25 sebagai dasar keadilan ekonomi dan keseimbangan tarif (Bab V.sub D.3.b), QS Al-Baqarah/2:188 sebagai dasar integritas dan transparansi pembiayaan (Bab V.sub D.3.c), serta QS Al-Isrā'/17:35 sebagai dasar kepastian hukum dan akurasi kontrak (Bab V. sub D.3.d).[389]

Model ekonomi menekankan sistem pembiayaan yang inklusif, transparan, dan berkeadilan. Namun kondisi empiris menunjukkan masih rendahnya investasi swasta, tingginya risiko proyek, ketimpangan struktur tarif, serta lemahnya transparansi pembiayaan yang berdampak pada rendahnya tingkat *bankability* proyek energi.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. Investasi swasta (% IPP/PPP)
b. *Bankable project* (PPA closure rate)
c. Kepastian kontrak (waktu financial close)
d. Deviasi biaya (LCOE Rp/kWh)

---

[387]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.
[388]Elinor Ostrom, *Polycentric Governance*, World Bank, 2010, 12–1
[389]World Bank, *Energy Financing Framework*, Washington DC, 2020, hal. 30–45

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem pembiayaan energi masih berada pada tahap parsial sinkron secara ekonomi, di mana distribusi investasi belum optimal, risiko proyek masih tinggi, serta kepastian hukum belum sepenuhnya mendukung percepatan investasi energi terbarukan.

Oleh karena itu, diperlukan reformasi pembiayaan melalui penguatan skema IPP/PPP, transparansi LCOE, penyederhanaan kontrak PPA, serta stabilisasi kebijakan energi untuk meningkatkan *bankability* dan kepercayaan investor dalam sistem energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060[390].

5. Evaluasi SDM dan Kapasitas Teknis

Evaluasi SDM dan kapasitas teknis didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam Bab V.sub D.4, yaitu QS Al-Qaṣaṣ/28:26 sebagai dasar profesionalisme dan kompetensi SDM (Bab V.sub D.4.a), QS Al-'Alaq/96:1–5 sebagai dasar pengembangan ilmu dan inovasi teknologi (Bab V.sub D.4.b), serta QS Al-Muṭaffifīn/83:1–3 sebagai dasar integritas dan akurasi operasional (Bab V.sub D.4.c)[391]

Model SDM menekankan profesionalisme berbasis kompetensi, penguasaan teknologi, serta integritas dalam pengelolaan sistem energi. Namun kondisi empiris menunjukkan adanya kesenjangan kompetensi tenaga kerja, keterlambatan adopsi teknologi, serta risiko rendahnya integritas dalam operasional sistem energi.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. tenaga kerja tersertifikasi (%)
b. tingkat digitalisasi dan smart grid (%)
c. indeks integritas SDM (ESG/anti-korupsi)

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kapasitas SDM dan teknologi masih berada pada tahap parsial sinkron, di mana kompetensi tenaga kerja belum merata, inovasi teknologi belum optimal, serta integritas operasional masih perlu diperkuat.

Oleh karena itu, diperlukan penguatan sistem pendidikan dan pelatihan berbasis SKKNI, percepatan pengembangan smart grid dan R&D energi, serta penguatan sistem pengawasan dan integritas SDM untuk mendukung transformasi sistem energi menuju *Net Zero Emission* 2060.[392]

---

[390]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Finance Outlook*..., hal. 25–35

[391]Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD), *Energy Workforce and Skills Development*..., hal.40–55

[392]Przemyslaw Komarnicki, *et.al*., *Smart Grid and Energy Transition*, Berlin: Springer, 2018, hal. 60–75

6. Evaluasi Keadilan Distribusi Energi

Evaluasi distribusi energi didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam Bab V.sub D.5, yaitu QS Saba'/34:18 sebagai dasar konektivitas dan pemerataan wilayah (Bab V.sub D.5.a), QS Al-Mā'idah/5:8 sebagai dasar keadilan kebijakan non-diskriminatif (Bab V.sub D.5.b), serta QS Al-An'ām/6:141 sebagai dasar efisiensi dan pengendalian pemborosan energi (Bab V.sub D.5.c).[393]

Model distribusi menekankan pemerataan akses energi, keadilan kebijakan, serta efisiensi sistem distribusi. Namun kondisi empiris menunjukkan masih adanya ketimpangan distribusi listrik, terutama di wilayah 3T, bias kebijakan tarif, serta tingginya *losses* jaringan dalam sistem PLN.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. Rasio elektrifikasi (%)
b. Distribusi plts dan keadilan tarif (indeks tarif)
c. *Losses* jaringan PLN (<8%)

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa distribusi energi masih berada pada tahap parsial sinkron secara sosial dan sistemik, di mana pemerataan akses belum optimal, kebijakan belum sepenuhnya adil, dan efisiensi distribusi masih perlu ditingkatkan.

Oleh karena itu, diperlukan penguatan kebijakan pemerataan energi melalui program elektrifikasi wilayah 3T, reformasi tarif berbasis keadilan, serta peningkatan efisiensi jaringan dan digitalisasi distribusi untuk mendukung sistem energi yang inklusif dan berkelanjutan menuju *Net Zero Emission* 2060.[394]

7. Evaluasi Dekarbonisasi Energi

Evaluasi menunjukkan bahwa sektor energi masih menjadi kontributor utama emisi karbon dalam sistem energi nasional.[395] Target KPI mengarah pada pencapaian Net Zero Emissions pada tahun 2060 melalui peningkatan bauran energi terbarukan, khususnya PLTS.

Namun demikian, kondisi empiris menunjukkan bahwa sistem energi saat ini masih didominasi oleh PLTU berbasis batubara, sehingga proses dekarbonisasi berjalan relatif lambat dan belum mencapai target yang diharapkan.

Dalam perspektif ayat-ayat operasional pada V.sub D.6.c, yaitu QS An-Naḥl/16:12 sebagai dasar pemanfaatan energi matahari (PLTS), QS Al-Ḥijr/15: 22 sebagai dasar pengelolaan lingkungan dan ventilasi sistem

---

[393]Kementerian ESDM, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*, Jakarta, 2017, hal. 50–65

[394]World Bank, *Electricity Access Report*, Washington DC, 2020, hal. 20–35

[395]International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050*, Paris, 2021, hal. 50–70.

energi, serta QS Al-Mu'minūn (23):18 sebagai dasar efisiensi berbasis pemanfaatan air, sistem energi diarahkan pada pemanfaatan sumber daya alam secara optimal, terukur, dan berkelanjutan[396].

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. Kapasitas PLTS (GW)
b. Efisiensi sistem PLTS (%)
c. Kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi (%)
d. Penurunan emisi karbon sektor energi (%);

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa dekarbonisasi energi masih berada pada tahap parsial sinkron, di mana pemanfaatan energi surya belum optimal, efisiensi sistem masih dapat ditingkatkan, serta kontribusi energi terbarukan masih relatif rendah dibandingkan target nasional.

Oleh karena itu, diperlukan percepatan pengembangan PLTS melalui peningkatan kapasitas terpasang, optimalisasi efisiensi sistem (ventilasi dan cleaning panel), serta penguatan kebijakan energi terbarukan untuk mendukung transisi energi menuju *Net Zero Emission* 2060[397].

8. Evaluasi Layer Etik

Evaluasi layer etik didasarkan pada ayat-ayat operasional yang digunakan dalam V.sub D.7, yaitu QS An-Nisā' (4):58 sebagai dasar keadilan energi (V.sub D.7.a), QS Hūd (11):57 sebagai dasar perlindungan dan keandalan sistem (V.sub D.7.b), QS Āli 'Imrān (3):173 sebagai dasar manajemen risiko (V.sub D.7.c), QS Āli 'Imrān (3):2 sebagai dasar keberlanjutan sistem energi (V.sub D.7.d), QS Āli 'Imrān (3):18 sebagai dasar keseimbangan distribusi (V.sub D.7.e), serta QS Al-Baqarah (2):209 sebagai dasar kebijakan energi berbasis hikmah (V.sub D.7.f)[398].

Model etik berfungsi sebagai normative controller, yaitu pengendali sistem yang memastikan bahwa seluruh submodel bab V.sub D.1–bab V.sub D.6 berjalan sesuai prinsip keadilan, akuntabilitas, dan keberlanjutan dalam pengelolaan energi. Namun kondisi empiris menunjukkan bahwa aspek etik dalam sistem energi masih menghadapi tantangan, seperti ketidakadilan distribusi, lemahnya integritas kebijakan, serta keterbatasan pengawasan sistem.

Evaluasi dilakukan melalui indikator kinerja utama:

a. Transparansi sistem

---

[396]Kementerian Agama RI, *Tafsir Ilmi Energi*..., hal. 60–75.

[397]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Energy Transition Outlook* 2022..., hal. 30–45.

[398]Kementerian Agama RI, *Tafsir Ilmi Energi dalam Perspektif Al-Qur'an*..., hal. 40–55.

b. Kepercayaan publik
c. Audit energi dan akuntabilitas

Berdasarkan indikator tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem energi masih berada pada tahap parsial sinkron secara etik, di mana nilai-nilai keadilan, amanah, dan keseimbangan belum sepenuhnya terinternalisasi dalam kebijakan dan implementasi sistem energi nasional.

Oleh karena itu, diperlukan penguatan governance berbasis nilai Qur'ani melalui peningkatan transparansi kebijakan, penguatan sistem pengawasan dan audit energi, serta integrasi prinsip keadilan dan keberlanjutan dalam seluruh proses pengelolaan energi menuju *Net Zero Emission* 2060.[399]

9. Sintesis Evaluasi, Integrasi KPI, dan Roadmap Energi

Penetapan Key Performance Indicator (KPI) dalam penelitian ini tidak hanya bersifat metodologis, tetapi merupakan hasil sintesis integratif yang menghubungkan nilai normatif Al-Qur'an (Bab IV), model operasional sinkronisasi energi (Bab V.sub D), serta evaluasi empiris (Bab V.sub E.1–bab V.sub E.7) ke dalam satu kerangka sistem energi yang terukur, implementatif, dan berkelanjutan.

KPI disusun melalui pendekatan *progressive projection* dengan horizon waktu 2030, 2040, 2050, dan 2060 yang mencerminkan tahapan transisi energi nasional menuju *Net Zero Emission* (NZE). Setiap indikator tidak hanya berfungsi sebagai alat pengukuran kinerja sistem, tetapi juga sebagai instrumen evaluasi kebijakan, arah transformasi energi, dan parameter sinkronisasi antara PLN, PLTS, pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat.

Dalam penelitian ini, KPI dibedakan menjadi dua horizon utama, yaitu benchmark global hingga tahun 2050 dan roadmap nasional Indonesia hingga tahun 2060. Benchmark global mengacu pada Paris Agreement, International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), serta berbagai standar transisi energi internasional. Sementara itu, roadmap nasional Indonesia mengacu pada RUEN, RUPTL PLN 2025–2034, Enhanced Nationally Determined Contribution (Enhanced NDC), dan target *Net Zero Emission* Indonesia tahun 2060.

Dari sisi teknis, indikator seperti *curtailment*, *hosting capacity*, SAIDI/SAIFI, *losses*, dan digitalisasi grid mengacu pada praktik terbaik sistem kelistrikan modern dan konsep *smart grid*. Dari sisi ekonomi, indikator seperti investasi swasta, *bankable project*, dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) digunakan untuk mengukur efisiensi pembiayaan dan daya saing energi surya dalam sistem energi nasional. Sementara itu, dari sisi

[399]Elinor Ostrom, *Governing the Commons*..., hal. 88–102.

sosial dan etik, indikator seperti keadilan distribusi energi, transparansi, partisipasi publik, dan kepercayaan masyarakat mencerminkan integrasi nilai Qur'ani dalam tata kelola energi yang berkeadilan dan berkelanjutan.

Tabel 5.7. Benchmark KPI Global Transisi Energi 2030–2050

Model	KPI Utama	2030	2040	2050	2060	Sumber
Bab V.sub D.1 Sistem & Infrastruktur	Curtailment PLN (%)[400]	<10%	<5%	<3%	<2%	PLN + Komarnicki
	Hosting Capacity PLN (%)[401]	20%	40%	60%	>70%	PLN + IEA
	SAIDI PLN (jam/tahun)[402]	<15	<8	<5	<3	PLN
Bab V.sub D.2 Governance & Kelembagaan	Waktu perizinan proyek[403]	<180 hari	<90	<60	<30	ESDM
	Transparansi tender energi[404]	70%	90%	100%	100%	OECD + LKPP
Bab V.sub D.3 Pembiayaan & Ekonomi	Investasi swasta/IPP[405]	40%	60%	70%	>75%	IRENA
	Bankable project PLTS[406]	70%	85%	90%	>95%	World Bank

[400]PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN 2025–2034*, Jakarta: PT PLN Persero, 2025, hal. 145–152.

[401]International Energy Agency (IEA), *Solar PV Integration and Hosting Capacity Guidelines*, Paris: IEA, 2023), 98–105; PLN, *RUPTL PLN 2025–2034*, hal.167–170.

[402]PLN, *Statistik PLN 2024*, Jakarta: PT PLN Persero, 2024, hal.88–92.

[403]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Roadmap Transisi Energi Indonesia 2060*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2024, hal. 5–80.

[404]Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Public Procurement and Energy Governance Report*, Paris: OECD, 2023, hal. 90–96; Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP), *Pedoman Transparansi Pengadaan Energi Nasional*, Jakarta: LKPP, 2023, hal. 32–37

[405]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Finance and Investment Outlook*..., hal. 66–73.

	LCOE PLTS Indonesia (USD/kWh)[407o]	<0.08	<0.06	<0.05	<0.04	ESDM + IRENA
Bab V.sub D.4 SDM & Kapasitas	Sertifikasi tenaga kerja energi[408]	60%	80%	90%	>95%	BNSP + World Bank
	Kompetensi manajemen energi[409]	Menengah	Tinggi	Nasional	Global	ESG
Bab V.sub. D.5 Distribusi Energi	Rasio elektrifikasi nasional[410]	99%	100%	100%	100%	BPS
	Losses jaringan PLN[411]	<9%	<7%	<6%	<5%	PLN
Bab V.sub. D.6 Dekarbonisasi & Lingkungan	Penurunan emisi nasional[412]	-31%	-60%	-85%	Net Zero	Enhanced NDC
	Kapasitas PLTS nasional (GW)[413]	25	70	100	115	RUPTL + IRENA
	Bauran EBT nasional[414]	25%	55%	75%	>90%	RUEN + IEA

[406]World Bank, *Indonesia Solar Market and Bankability Assessment*, Washington DC: World Bank, 2024, hal. 101–109.

[407]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Kajian Biaya Pokok Penyediaan dan LCOE PLTS Nasional*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2024, hal. 8–64; International Renewable Energy Agency (IRENA),

[408]Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP), *Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Bidang Energi*, Jakarta: BNSP, 2023, hal. 40–46; World Bank, *Energy Workforce Development Report...*, hal. 63–68.

[409]ESG Institute, *Energy Management Competency and Sustainability Governance Report*, Singapore: ESG Institute Asia, 2024, hal.51–57.

[410]Badan Pusat Statistik (BPS), *Statistik Indonesia 2024*, Jakarta: BPS, 2024, hal.312–318.

[411]PLN, *Laporan Kinerja Sistem Distribusi dan Transmisi PLN 2024*, Jakarta: PT PLN Persero, 2024, hal.70–76

[412]Government of Indonesia, *Enhanced Nationally Determined Contribution (Enhanced NDC)*, Jakarta: Ministry of Environment and Forestry, 2022, hal. 24–31.

[413]PLN, *RUPTL PLN 2025–2034*, 201–208; International Renewable Energy Agency (IRENA), *Indonesia Energy Transition Outlook...*, hal/ 90–96.

Bab V.Dsub. .7 Monitoring & Evaluasi	Transparansi sistem energi[415]	Parsial	Tinggi	Digital	Real-time	ESG
	Kepercayaan publik[416]	70	85	90	>95	Governance Index

Tabel 5.8. Roadmap KPI Nasional Indonesia Menuju NZE 2060.

Model	KPI Utama	2030	2040	2050	2060	Sumber
Bab V.sub D.1 Sistem & Infrastruktur	Curtailment PLN (%)[417]	<10%	<5%	<3%	<2%	PLN + Komarnicki
	Hosting Capacity PLN (%)[418]	20%	40%	60%	>70%	PLN + IEA
	SAIDI PLN (jam/tahun)[419]	<15	<8	<5	<3	PLN
Bab V.sub D.2 Governance & Kelembagaan	Waktu perizinan proyek[420]	<180 hari	<90	<60	<30	ESDM
	Transparansi tender energi[421]	70%	90%	100%	100%	OECD + LKPP
Bab V.sub D.3 Pembiayaan &	Investasi swasta/IPP[422]	40%	60%	70%	>75%	IRENA

[414]Dewan Energi Nasional, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*, Jakarta: DEN, 2017, hal. 134–141; International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2024...*, hal.120–128.

[415]ESG Global Monitoring Initiative, *Real-Time Energy Transparency and Digital Governance Report* (2024), hal. 44–49.

[416]Worldwide Governance Indicators (WGI), *Governance and Public Trust Indicators Report*, Washington DC: World Bank, 2024, hal. 55–61.

[417]PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN 2025–2034*, Jakarta: PT PLN Persero, 2025, hal. 145–152.

[418]International Energy Agency (IEA), *Solar PV Integration and Hosting Capacity Guidelines*, Paris: IEA, 2023, hal. 98–105; PLN, *RUPTL PLN 2025–2034*, hal.167–170.

[419]PLN, *Statistik PLN 2024*, Jakarta: PT PLN Persero, 2024, hal. 88–92.

[420]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Roadmap Transisi Energi Indonesia 2060*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2024, 7hal. 5–80.

[421]Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Public Procurement and Energy Governance Report*, Paris: OECD, 2023, hal. 90–96; Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP), *Pedoman Transparansi Pengadaan Energi Nasional*, Jakarta: LKPP, 2023, hal. 32–37

Ekonomi						
	Bankable project PLTS[423]	70%	85%	90%	>95%	World Bank
	LCOE PLTS Indonesia (USD/kWh)[424] [0]	<0.08	<0.06	<0.05	<0.04	ESDM + IRENA
Bab V.sub D.4 SDM & Kapasitas	Sertifikasi tenaga kerja energi[425]	60%	80%	90%	>95%	BNSP + World Bank
	Kompetensi manajemen energi[426]	Menengah	Tinggi	Nasional	Global	ESG
Bab V.sub. D.5 Distribusi Energi	Rasio elektrifikasi nasional[427]	99%	100 %	100%	100%	BPS
	Losses jaringan PLN[428]	<9%	<7%	<6%	<5%	PLN
Bab V.sub. D.6 Dekarbonisasi & Lingkungan	Penurunan emisi nasional[429]	-31%	-60%	-85%	Net Zero	Enhanced NDC
	Kapasitas PLTS nasional	25	70	100	115	RUPTL + IRENA

[422]International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Finance and Investment Outlook*..., hal. 66–73.

[423]World Bank, *Indonesia Solar Market and Bankability Assessment*, Washington DC: World Bank, 2024, hal. 101–109.

[424]Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Kajian Biaya Pokok Penyediaan dan LCOE PLTS Nasional* (Jakarta: Kementerian ESDM, 2024), hal.8–64; International Renewable Energy Agency (IRENA),

[425]Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP), *Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Bidang Energi*, Jakarta: BNSP, 2023, 40–46; World Bank, *Energy Workforce Development Report*,hal. 63–68.

[426]ESG Institute, *Energy Management Competency and Sustainability Governance Report*, Singapore: ESG Institute Asia, 2024, hal.51–57.

[427]Badan Pusat Statistik (BPS), *Statistik Indonesia 2024*, Jakarta: BPS, 2024, hal.312–318.

[428]PLN, *Laporan Kinerja Sistem Distribusi dan Transmisi PLN 2024*, Jakarta: PT PLN Persero, 2024, hal.70–76

[429]Government of Indonesia, *Enhanced Nationally Determined Contribution (Enhanced NDC)*, Jakarta: Ministry of Environment and Forestry, 2022, hal. 24–31.

	(GW)[430]					
	Bauran EBT nasional[431]	25%	55%	75%	>90%	RUEN + IEA
Bab V.Dsub. .7 Monitoring & Evaluasi	Transparansi sistem energi[432]	Parsial	Tinggi	Digital	Real-time	ESG
	Kepercayaan publik[433]	70	85	90	>95	Governance Index

Berdasarkan evaluasi berbasis submodel dan indikator kinerja, dapat disimpulkan bahwa sistem PLN–PLTS di Indonesia saat ini telah memiliki fondasi struktural, namun belum sepenuhnya sinkron secara sistemik, baik dari aspek infrastruktur, tata kelola, pembiayaan, distribusi energi, sumber daya manusia, maupun integrasi teknologi dan lingkungan.

Model Sinkronisasi yang dirumuskan dalam penelitian ini berfungsi sebagai:

a. Kerangka integrasi sistem energi berbasis nilai Qur'ani;
b. Instrumen percepatan transisi energi nasional;
c. Alat evaluasi berbasis KPI yang terukur dan progresif;
d. Dasar penyusunan roadmap menuju *Net Zero Emission* Indonesia 2060.

Dengan adanya integrasi antara benchmark global, roadmap nasional Indonesia, dan nilai normatif Al-Qur'an, model ini tidak hanya bersifat normatif dan konseptual, tetapi juga operasional, implementatif, dan evaluatif. Oleh karena itu, model ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perumusan kebijakan energi nasional yang berkeadilan, berkelanjutan, adaptif terhadap perkembangan teknologi energi, dan selaras dengan prinsip keberlanjutan dalam perspektif Al-Qur'an.

[430]PLN, *RUPTL PLN 2025–2034*, 201–208; International Renewable Energy Agency (IRENA), *Indonesia Energy Transition Outlook*, ,,..,, hal.90–96.

[431]Dewan Energi Nasional, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*, Jakarta: DEN, 2017, hal. 134–141; International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2024*, hal.120–128.

[432]ESG Global Monitoring Initiative, *Real-Time Energy Transparency and Digital Governance Report* (2024)..., hal. 44–49.

[433]Worldwide Governance Indicators (WGI), *Governance and Public Trust Indicators Report*, Washington DC: World Bank, 2024, hal. 55–61.

BAB VI
PENUTUP

A. Kesimpulan

Disertasi ini menyimpulkan bahwa model sinkronisasi pengelolaan PLN dan PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060 dalam perspektif Al-Qur'an merupakan model integratif pengelolaan energi nasional yang menghubungkan teori pengelolaan energi modern, tata kelola kolaboratif, dan transformasi teknologi energi berkelanjutan dengan nilai-nilai Qur'ani. Sinkronisasi tersebut dibangun melalui prinsip keteraturan sistem (niẓām), keseimbangan (mīzān), amanah, musyawarah, keadilan distribusi energi, serta tanggung jawab manusia sebagai khalifah dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan kemaslahatan masyarakat. Penelitian ini menegaskan bahwa pengembangan PLTS tidak hanya merupakan kebutuhan teknis dan ekonomi, tetapi juga bagian dari tanggung jawab etik dan ekologis manusia dalam mewujudkan sistem energi yang adil, berkelanjutan, dan berorientasi pada kesejahteraan sosial.

Adapun model yang dihasilkan dari sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS yang terdiri atas sinkronisasi sistem energi, tata kelola kelembagaan, ekonomi dan pembiayaan energi, SDM dan teknologi energi, keadilan distribusi energi, dekarbonisasi lingkungan, serta penguatan etik berbasis nilai Asmaul Husna. .Model tersebut disusun sebagai bentuk integrasi antara teori ilmiah, nilai Qur'ani, dan kebutuhan transformasi energi nasional.

Kesimpulan tersebut didasarkan pada bebarapa temuan sebagai berikut:

1. Kajian teori sinkronisasi, pengelolaan sumber daya alam, dan net zero emissions.
2. Analisa Kolaboratif antara Pusat Listrik Negara dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dalam mendukung *Net Zero Emissions (NZE) dilakukan dengan* analisis empiris terhadap berbagai problematika pengelolaan energi nasional, seperti keterbatasan infrastruktur, regulasi, pembiayaan, SDM, distribusi energi, dan dekarbonisasi lingkungan; serta
3. Kurangnya Implementasi Nilai-Nilai Etika dan Keberlanjutan. Nilai-nilai Al-Qur'an seperti *ta'awun* (kerja sama), *mizan* (keseimbangan), dan *israf* (menghindari pemborosan) belum diterapkan sepenuhnya dalam kebijakan energi, sehingga menghambat pembangunan energi yang berkeadilan dan berkelanjutan dan perlunya penguatan etik berbasis Asmaul Husna dalam pengelolaan energi berkelanjutan

B. Implikasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa implikasi yang dapat diambil, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Implikasi Teoritis
   a. Temuan penelitian mengenai berbagai kendala pengembangan PLTS nasional menunjukkan bahwa pengelolaan energi tidak dapat dipahami hanya dalam perspektif teknis ketenagalistrikan, tetapi memerlukan pendekatan multidisipliner yang mengintegrasikan aspek regulasi, ekonomi, sosial, lingkungan, dan nilai-nilai etik Qur'ani. Hal ini memperkuat pentingnya pengembangan kajian tafsir tematik Al-Qur'an dalam menjawab problematika energi kontemporer.
   b. Model co-creation energi yang dihasilkan dalam penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori Co-Creation dalam konteks pengelolaan energi nasional melalui keterlibatan multipihak antara pemerintah, PLN, industri, investor, perguruan tinggi, pesantren, koperasi, komunitas, dan masyarakat sebagai bagian dari proses penciptaan nilai bersama dalam sistem energi berkelanjutan.
   c. Penelitian ini menghasilkan model sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS berbasis nilai Qur'ani yang memadukan prinsip niẓām, mīzān, amanah, iṣlāḥ, ta'āwun, dan al-'adl sebagai landasan etik dalam pengembangan tata kelola energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060.
   d. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pengembangan konsep roadmap dan KPI energi berbasis pendekatan integratif antara teori energi modern, tata kelola kolaboratif, dan nilai-nilai Al-Qur'an. Model tersebut dapat menjadi dasar konseptual dalam pengembangan

penelitian lanjutan mengenai transisi energi dan keberlanjutan lingkungan.

2. Implikasi Praktis
   a. Temuan mengenai tingginya nilai LCOE, keterbatasan pembiayaan, dan rendahnya minat investasi menunjukkan perlunya penguatan kebijakan energi nasional melalui dukungan regulasi, pembiayaan hijau, insentif investasi, dan pengembangan ekosistem industri energi surya nasional agar percepatan pengembangan PLTS dapat berjalan lebih efektif.
   b. Penelitian ini menunjukkan bahwa percepatan pengembangan PLTS memerlukan kolaborasi multipihak berbasis *Co-Creation Theory* melalui keterlibatan pemerintah, PLN, investor, industri, perguruan tinggi, pesantren, koperasi, komunitas energi, UMKM, dan masyarakat dalam membangun ekosistem energi hijau yang inklusif dan berkelanjutan.
   c. Pengembangan SDM energi nasional menjadi bagian penting dalam mendukung sinkronisasi PLN–PLTS melalui pendidikan, pelatihan, sertifikasi keahlian, serta peningkatan kapasitas manajerial dan teknologi energi terbarukan guna mendukung transformasi sistem energi menuju *Net Zero Emission* 2060.
   d. Penelitian ini juga menunjukkan pentingnya pembelajaran dan studi komparatif terhadap negara-negara yang berhasil mempercepat pengembangan PLTS, seperti China, dalam aspek regulasi, pembiayaan, industrialisasi teknologi, dan penguatan manufaktur energi surya nasional.
   e. Model sinkronisasi PLN–PLTS berbasis co-creation berpotensi mendorong pembentukan ekosistem ekonomi hijau melalui pengembangan green jobs, UMKM energi surya, koperasi energi, pesantren entrepreneurship, dan pemberdayaan masyarakat berbasis energi bersih sebagai bagian dari penguatan kesejahteraan sosial masyarakat Indonesia.

C. Saran

1. Saran Teoritis
   a. Penelitian mengenai sinkronisasi pengelolaan energi dalam perspektif Al-Qur’an perlu terus dikembangkan melalui pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan kajian tafsir, energi, teknologi, ekonomi, lingkungan, dan tata kelola publik agar menghasilkan model pengelolaan energi yang lebih komprehensif dan relevan dengan perkembangan zaman.
   b. Para peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan penelitian mengenai konsep-konsep Qur’ani seperti mīzān, iṣlāḥ,

khalifah, amanah, dan ta‘āwun dalam konteks pengelolaan energi, smart grid, transisi energi, dan keberlanjutan lingkungan berbasis teknologi modern.

2. Saran Praktis
   a. Pemerintah, Kementerian ESDM, dan PLN diharapkan dapat memperkuat sinkronisasi kebijakan energi nasional menuju *Net Zero Emission* 2060 dengan memperhatikan kepentingan bersama dalam pengembangan energi berkelanjutan. Sinkronisasi tersebut perlu diwujudkan melalui penguatan regulasi, tata kelola energi, pembiayaan hijau, pemberian insentif PLTS, pengurangan beban investasi, peningkatan integrasi PLTS, serta percepatan pengembangan smart grid dan digitalisasi sistem ketenagalistrikan nasional.
   b. Pengembangan SDM energi nasional perlu dipersiapkan secara lebih sistematis melalui pendidikan, pelatihan, sertifikasi keahlian, dan peningkatan kapasitas manajerial maupun teknologi di bidang energi terbarukan. Penguatan SDM tersebut penting untuk mendukung percepatan implementasi PLTS, pengembangan industri energi surya nasional, serta transformasi sistem energi menuju *Net Zero Emission* 2060.
   c. Pemerintah dan para pemangku kepentingan diharapkan dapat memperkuat kolaborasi multipihak berbasis *Co-Creation Theory* melalui keterlibatan PLN, industri, investor, perguruan tinggi, pesantren, koperasi, komunitas energi, UMKM, lembaga pembiayaan, asosiasi profesi, dan masyarakat dalam membangun ekosistem energi hijau yang inklusif dan berkelanjutan.
   d. Pengembangan PLTS nasional juga perlu didukung melalui studi komparatif dan pembelajaran terhadap negara-negara yang berhasil mempercepat pengembangan energi surya, seperti China, yang mampu meningkatkan kapasitas PLTS secara signifikan melalui dukungan regulasi, industrialisasi teknologi, pembiayaan, penguatan manufaktur lokal, dan percepatan investasi energi terbarukan. Pengalaman tersebut dapat menjadi referensi strategis bagi Indonesia dalam mempercepat sinkronisasi pengelolaan PLN–PLTS menuju *Net Zero Emission* 2060.
   e. Perguruan tinggi, pesantren, dan lembaga pendidikan diharapkan dapat mengintegrasikan pendidikan energi berkelanjutan dan kesadaran ekologis berbasis nilai-nilai Al-Qur’an dalam kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat guna membangun generasi yang memiliki kompetensi teknologi sekaligus tanggung jawab ekologis dan sosial.

f. Masyarakat diharapkan dapat berpartisipasi aktif dalam pengembangan energi bersih melalui model co-creation energi, seperti koperasi energi, UMKM energi surya, pertanian berbasis energi surya, dan pengembangan usaha produktif berbasis energi terbarukan sebagai bagian dari penguatan ekonomi hijau nasional.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. Amin. *Islam as a Cultural Capital in Indonesia and the Malay World*. Yogyakarta: SUKA Press, 2017.

Abdullah, Saeed. *Interpreting the Qur'an*. London: Routledge, 2006.

Aditya, M. Fajar. "Pengembangan Model Bisnis untuk Proyek Energi Terbarukan: Kasus PLTS di Indonesia." *Disertasi*, Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Airlangga, 2020.

Agrawal, Arun, and Elinor Ostrom. "Collective Action, Property Rights, and Decentralization in Resource Use in India and Nepal." *Politics & Society* ,vol.29, no. 4 (2001): 485-514.

Agyeman, Julian, Robert D. Bullard, dan Bob Evans. *Just Sustainabilities*. London: Earthscan, 2003.

Ahmad. *The Holy Quran: Tafsir Al Kabir*. Diterjemahkan oleh Ahmad Hasan. Jakarta: Mizan, 2021.

Akhil, Abbas A., *et.al., DOE/EPRI Electricity Storage Handbook*, *with NRECA*. Report No. SAND2015-1002. Albuquerque Washington DC: U.S. Department of Energy, 2015.

al- Qaradāwī, Yūsuf ʿAbd Allāh al- *Fiqh al-Zakāh*. Beirut: Mu'assasat al-Risālah, 1999

al-Ālūsī, Abū al-Faḍl Shihāb al-Dīn al-Sayyid Maḥmūd ibn ʿAbd Allāh al-Baghdādī. *Rūḥ al-Maʿānī fī Tafsīr al-Qur'ān al-ʿAẓīm wa-al-Sabʿ al-Mathānī*. Beirut: Dār Iḥyā' al-Turāth al-ʿArabī, 1995.

al-Aṣfahānī, Abū al-Qāsim al-Ḥusayn ibn Muḥammad al-Rāghib. *Al-Mufradāt fī Gharīb al-Qur'ān*. Taḥqīq Ṣafwān ʿAdnān al-Dāwūdī. Damaskus–Beirut: Dār al-Qalam dan al-Dār al-Shāmiyyah, 1430 H/2009 M.

al-Bāqī, Muḥammad Fu'ād Abd. *Al-Mu'jam al-Mufahras li-Alfāẓ al-Qur'ān al-Karīm*. Kairo: Dār al-Ḥadīth, t.t.

Al-Dimasyqi, Ismail Ibn Kathir. *Tafsir al-Qur'an al-'Azim*. Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah, 1998.

Al-Fārābī, Abū Naṣr Muḥammad ibn Muḥammad ibn Tarkhān ibn Awzalagh. *Mabādiʾ Ārāʾ Ahl al-Madīnah al-Fāḍilah*, diterjemahkan oleh Richard Walzer dengan judul *Al-Farabi on the Perfect State: Abu Nasr al-Farabi's Mabādiʾ Ārāʾ Ahl al-Madīna al-Fāḍila*. Oxford: Clarendon Press, 1985.

Al-Farmāwī, 'Abd al-Ḥayy. *Al-Bidāyah fī al-Tafsīr al-Mawḍū'ī*. Kairo: Dār al-Ḥadīth, 2003.

Al-Ghazali, Abu Hamid. *Ihya' Ulum al-Din*. Beirut: Dar al-Ma'rifah, 1986.

al-Hararī, Muḥammad al-Amīn ibn ʿAbd Allāh al-Uramī al-ʿAlawī al-Shāfiʿī. *Tafsīr Ḥadā'iq al-Rūḥ wa-al-Rayḥān fī Rawābī ʿUlūm al-Qur'ān*. Taḥqīq Hāshim Muḥammad ʿAlī ibn Ḥusayn Mahdī. Cetakan ke-1. 33 jilid. Beirut: Dār Ṭawq al-Najāh, 1421 H/2001 M.

Ali, Abdullah Yusuf. *The Holy Qur'an: Text, Translation and Commentary*, diterjemahkan oleh Ali Audah dengan judul *Qur'an: Terjemahan dan Tafsirnya*. 3 jilid. Cetakan ke-1. Bogor: Pustaka Litera AntarNusa, 1995.

Ali, Rizal, *et.al.,* "Eco-theology Nuances in Tafsir al-Misbah: Alternative Solutions to Environmental Problems in Indonesia." *Hermeneutik: Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir* vol.17, no. 2 ,2023, DOI: 10.21043/hermeneutik.v17i2.19054.

Al-Jaṣṣāṣ, Abū Bakr Aḥmad ibn ʿAlī al-Rāzī. *Aḥkām al-Qur'ān*. 5 jilid. Beirut: Dār al-Fikr, 1994.

al-Jawzī, Abū al-Faraj Jamāl al-Dīn ʿAbd al-Raḥmān ibn ʿAlī ibn Muḥammad Ibn. *Zād al-Masīr fī ʿIlm al-Tafsīr*. 9 jilid. Beirut: al-Maktab al-Islāmī, 1984.

Al-Juwaynī, Abū al-Maʿālī ʿAbd al-Malik ibn ʿAbd Allāh ibn Yūsuf. *Al-Burhān fī Uṣūl al-Fiqh*. Beirut: Dār al-Kutub al-ʿIlmiyyah, 2002.

Al-Maḥallī, Jalāl al-Dīn Muḥammad ibn Aḥmad, dan Jalāl al-Dīn ʿAbd al-Raḥmān ibn Abī Bakr al-Suyūṭī. *Tafsīr al-Jalālayn*, diterjemahkan oleh Bahrun Abu Bakar dengan judul *Terjemahan Tafsir Jalalain Berikut Asbabun Nuzul Ayat*. 4 jilid. Cetakan ke-18. Bandung: Sinar Baru Algensindo, 2013.

-------, *Tafsir Jalalain*. Kompilasi CHM oleh Dani Hidayat. Tasikmalaya: Pesantren Persatuan Islam 91 Kota Tasikmalaya, 2009.

Al-Marāghī, Aḥmad Muṣṭafā. *Tafsīr al-Marāghī*. Kairo: Muṣṭafā al-Bābī al-Ḥalabī, 1946.

-------, *Terjemah Tafsir Al-Maragi*. 30 juz. Semarang: PT Karya Toha Putra, 1991.

Al-Qaraḍāwī, Yūsuf ʿAbd Allāh. *Riʿāyat al-Bīʾah fī Sharīʿat al-Islām*. Kairo: Dār al-Shurūq, 2001

Al-Qaṭṭān, Mannāʿ Khalīl. *Mabāḥith fī ʿUlūm al-Qurʾān*, diterjemahkan oleh Arif Munandar dengan judul *Dasar-Dasar Ilmu untuk Memahami Al-Qur'an*. Cetakan ke-1. Sukoharjo: Al-Qowam, 2022.

Al-Qurṭubī, Abū ‘Abd Allāh Muḥammad ibn Aḥmad. *Al-Jāmi‘ li-Aḥkām al-Qur'ān*. Diedit oleh Aḥmad al-Bardūnī dan Ibrāhīm Aṭfīsh. Edisi ke-2. Kairo: Dār al-Kutub al-Miṣriyyah, 1384 H/1964 M.

-------, *al-Jāmiʿ li Aḥkām al-Qur'ān*, diterjemahkan oleh Fathurrahman, Ahmad Hotib, dan Nashirul Haq dengan judul *Tafsir Al Qurthubi*. Taḥqīq Mahmūd Ḥāmid ʿUtsmān. Ta‘līq Muḥammad Ibrāhīm al-Ḥifnāwī. 20 jilid. Jakarta: Pustaka Azzam, 2020.

Al-Rāzī, Fakhr al-Dīn Muḥammad ibn ‘Umar. *Mafātīḥ al-Ghayb (al-Tafsīr al-Kabīr)*. Edisi ke-3. Beirut: Dār Iḥyā’ al-Turāth al-‘Arabī, 1420 H.

-------, *Taqrīb al-Tafsīr al-Kabīr: Mafātīḥ al-Ghayb*. Disusun dan disederhanakan oleh Fāyiz Aḥmad al-Rāʿī dan Maḥmūd ibn al-Rifāʿī ibn Ibrāhīm Zaghlūl. Cetakan ke-1. Damaskus–Beirut: Dār al-Risālah al-ʿĀlamiyyah, 1442 H/2021 M.

Al-Sabuni, Muhammad Ali. *Safwat al-Tafasir*. Beirut: Dar al-Qur’an al-Karim, 1981.

Al-Sha'rawi, Muhammad Metwalli. *Understanding the Qur'an: Themes and Style*. Cairo: Al-Azhar University Press, 2019.

Al-Shawkānī, Muḥammad ibn ʿAlī ibn Muḥammad. *Fatḥ al-Qadīr: al-Jāmiʿ bayna Fannay al-Riwāyah wa-al-Dirāyah min ʿIlm al-Tafsīr*. Diterjemahkan oleh Hasan Basri. Bandung: Mizan, 2022.

-------, *Fatḥ al-Qadīr: al-Jāmiʿ bayna al-Riwāyah wa-al-Dirāyah min ʿIlm al-Tafsīr*, diterjemahkan oleh Amir Hamzah Fachruddin dan Asep Saefullah dengan judul *Tafsir Fathul Qadir*. Taḥqīq dan takhrīj Sayyid Ibrāhīm. 12 jilid. Cetakan ke-1. Jakarta: Pustaka Azzam, 2008.

Al-Suyūṭī, Jalāl al-Dīn ʿAbd al-Raḥmān ibn Abī Bakr. *Al-Itqān fī ʿUlūm al-Qurʾān*. 2 jilid. Beirut: Dār al-Kutub al-ʿIlmiyyah, 2004.

Al-Ṭanṭāwī, Muḥammad Sayyid. *Al-Tafsīr al-Wasīṭ li-al-Qur'ān al-Karīm*. Edisi pertama. Kairo: Dār Nahḍat Miṣr li-al-Ṭibā‘ah wa-al-Nashr wa-al-Tawzī‘, t.t.

Al-Ṭhabarī, Abū Jaʿfar Muḥammad ibn Jarīr ibn Yazīd. *Jāmiʿ al-Bayān ʿan Taʾwīl Āy al-Qurʾān*. Taḥqīq Aḥmad Muḥammad Shākir. 24 jilid. Cetakan ke-1. Beirut: Muʾassasat al-Risālah, 1420 H/2000 M.

-------, *Jāmiʿ al-Bayān ʿan Ta'wīl Āy al-Qur'ān*, diterjemahkan oleh Ahsan Askan dengan judul *Tafsir Ath-Thabari*. 26 jilid. Cetakan ke-3. Jakarta: Pustaka Azzam, 2015.

-------, *Tafsir Ath-Thabari*. Diterjemahkan oleh Ahmad Ali. Jakarta: Mizan, 2020.

Althusser, Louis. *Lenin and Philosophy and Other Essays*. Diterjemahkan oleh Ben Brewster. New York: Monthly Review Press, 1971.

Al-Zajjāj, Abū Isḥāq Ibrāhīm ibn al-Sarī ibn Sahl. *Maʿānī al-Qur'ān wa-Iʿrābuh*. Taḥqīq ʿAbd al-Jalīl ʿAbduh Shalabī. Cetakan ke-1. 5 jilid. Beirut: ʿĀlam al-Kutub, 1408 H/1988 M.

Al-Zuḥaylī, Wahbah ibn Muṣṭafā. *Al-Tafsīr al-Munīr fī al-ʿAqīdah wa-al-Sharīʿah wa-al-Manhaj*. Cetakan ke-2. 30 jilid. Damaskus: Dār al-Fikr al-Muʿāṣir, 1418

-------, *al-Tafsīr al-Munīr fī al-ʿAqīdah wa-al-Sharīʿah wa-al-Manhaj*. Damaskus–Beirut: Dār al-Fikr dan Dār al-Fikr al-Muʿāṣir, 1411 H/1991 M.

Amin, Muhammad. "Relasi Sosial dalam Al-Qur'an." *QiST: Journal of Quran and Tafseer Studies*, Vol. 1, No. 1, 2022. DOI: 10.23917/qist.v1i1.523.

Amin, Samsul. *Tafsir Ilmi: Menyingkap Rahasia-Rahasia Alam Semesta dalam Al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2016.

Amroeni, Drajat. *Ulūm al-Qur'ān: Pengantar Ilmu-Ilmu Al-Qur'an*. 1st ed. Jakarta: Kencana, 2017

Ansell, Chris, dan Alison Gash. "Collaborative Governance in Theory and Practice." *Journal of Public Administration Research and Theory,vol.* 18, no. 4 ,2008, hal, 543–571.

Argyris, Chris. *Double-Loop Learning in Organizations: A Theory of Action Perspective*. Reading: Addison-Wesley, 1993.

Arifin, Zainal, dan Indra Syifai, eds. *Indonesia Solar Energy Handbook*. Edisi pertama. Jakarta: PT PLN (Persero), 2025.

Arikunto, Suharsimi. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta, 2013.

Aristotle. *Nicomachean Ethics*. Translated by W. D. Ross. Chicago: University of Chicago Press, 2009.

Arnstein, Sherry R. "A Ladder of Citizen Participation." *Journal of the American Planning Association* ,vol.35, no. 4 ,1969, hal.216–224.

Ar-Rifa'i, Muhammad Nasib. *Taisīr al-ʿAliyy al-Qadīr li Ikhtiṣār Tafsīr Ibn Kathīr*, diterjemahkan oleh Syihabuddin dengan judul *Kemudahan dari Allah: Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir*. 4 jilid. Cetakan ke-1. Jakarta: Gema Insani Press, 1999.

-------, *Taisīru al-ʿAliyyul Qadīr li Ikhtiṣāri Tafsīr Ibnu Katsīr*, diterjemahkan oleh Syihabuddin dengan judul *Kemudahan dari Allah: Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir*. 4 jilid. Cetakan ke-13. Jakarta: Gema Insani, 1428 H/2007 M

ʿĀshūr, Muḥammad al-Ṭāhir Ibn. *Al-Taḥrīr wa-al-Tanwīr: Taḥrīr al-Maʿnā al-Sadīd wa-Tanwīr al-ʿAql al-Jadīd min Tafsīr al-Kitāb al-Majīd*. Tunis: al-Dār al-Tūnisiyyah li-al-Nashr, 1984.

Ashurst LLP. "Indonesia's New Power Development Plan: RUPTL 2025–2034." *Ashurst Insights*, April 2025. https://www.ashurst.com /en/insights/indonesias-new-power-development-plan/.

Asian Development Bank. *Green Infrastructure Investment Opportunities: Indonesia—Green Recovery 2022 Report*. Manila: Asian Development Bank, 2022. Publication Stock No. TCS220077-2. DOI: 10.22617/TCS220077-2.

Ayto, John. *Dictionary of Word Origins*. London: Bloomsbury Publishing, 2011.

Aziz, Abdu, *et.al.,* "Strategi Pengembangan Energi Terbarukan: Keterlibatan Stakeholder dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat." *Peksos: Jurnal Ilmiah Pekerjaan Sosial* ,vol.21, no. 2 ,2022,hal. 24-30

Bacaan Madani. "Langkah-Langkah dalam Metode Tafsir Tematik (Maudhu'iy)." *September 5*, 2019.

Badan Nasional Sertifikasi Profesi. *Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Bidang Energi*. Jakarta: BNSP, 2023.

Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. "Sinkronisasi." *Kamus Besar Bahasa Indonesia Daring*. Accessed June 20, 2026. https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sinkronisasi.

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS–LCCR 2050)*. Jakarta: Bappenas, 2021.

Badan Pusat Statistik. *Statistik Indonesia 2024*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2024.

Badan Riset dan Inovasi Nasional. *Material Engineering for PV Modules*. Jakarta: BRIN, 2022.

Badawi, Elsaid M., dan Muhammad Abdel Haleem. *Arabic-English Dictionary of Qur'anic Usage*. Leiden: Brill, 2008.

Bagader, Abdurrahman I., et al. *Environmental Protection in Islam*. Gland: IUCN, 1994.

Baghawī, al-Ḥusayn ibn Masʻūd al-. *Maʻālim al-Tanzīl*. Riyadh: Dār Ṭayyibah, 1997.

Bakar, Osman. *Islamic Perspectives on Science and Technology: Selected Conference Papers*. Singapore: Springer, 2015.

Bana e Costa, Charles A. *Multicriteria Decision Analysis: Methods and Software*. New York: Springer, 2017.

Barney, Jay B. *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

Bass, Bernard. *Leadership and Performance Beyond Expectations*. New York: Free Press, 1985.

Bāz, Abdul Aziz Ibn. *Islamic Creed Based on Quran and Sunnah*. Riyadh: International Islamic Publishing House, 2017.

Beck, Ulrich. *Risk Society*. London: Sage Publications, 1992.

Benkler, Yochai. *The Wealth of Networks*. New Haven: Yale University Press, 2006.

Berger, Peter L., dan Thomas Luckmann. *The Social Construction of Reality*. New York: Anchor Books, 1966.

Bertalanffy, Ludwig von. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968.

Bigg, Grant R. *The Oceans and Climate*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

Birman, Kenneth P. *Introduction to Reliable and Secure Distributed Programming*. New York: Springer, 2005.

BloombergNEF. *Energy Transition Investment Trends*. New York: BloombergNEF, 2024.

Bookchin, Murray. *The Ecology of Freedom*. Palo Alto: Cheshire Books, 1982.

Bridge, Gavin, *et.al.,* "Geographies of Energy Transition." *Energy Policy, Vol. 53 Tahun 2013, hal. 331–340*

Brown, Marilyn A., dan Benjamin K. Sovacool. *Climate Change and Global Energy Security*. Cambridge: MIT Press, 2011.

Bryson, John M. *Strategic Planning for Public and Nonprofit Organizations*. 5th ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2018.

Bsoul, Labeeb, et al. "Islam's Perspective on Environmental Sustainability: A Conceptual Analysis." *Social Sciences*, Vol. 11, No. 6, 2022, hal. 228. DOI: 10.3390/socsci11060228.

Bulkeley, Harriet. *Cities and Climate Governance*. London: Routledge, 2013.

Cameron, Kim S., dan Robert E. Quinn. *Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework*. 5th ed. New York: Wiley, 2020.

Capra, Fritjof. *The Web of Life*. New York: Anchor Books, 1996.

Carson, Rachel. *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin, 1962.

Casnadi. "Keuangan Negara pada Masa Al-Khulafa' Al-Rashidun dan Aktualisasinya pada Masa Kini." *Disertasi*, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2019.

Castells, Manuel. *The Rise of the Network Society*. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.

Chambers, Robert. *Rural Development: Putting the Last First*. London: Longman, 1983.

Chapra, M. Umer. *Islam and the Economic Challenge*. Leicester: Islamic Foundation, 1992.

-------, *The Future of Economics: An Islamic Perspective*. Leicester: Islamic Foundation, 2000.

Checkland, Peter. *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley & Sons, 1981.

Chen, H., *et.al.,* "Progress in Electrical Energy Storage System." *Progress in Natural Science* ,vol. 19, no. 3 ,2009, hal.291–312.

Chen, Ziqin, and Timothy Anglea. "Optimal Synchronization in Pulse-Coupled Oscillator Networks Using Reinforcement Learning." *PNAS Nexus*, vol.2, no. 4 (2023): pgad102. https://doi.org/10.1093 /pnasnexus /pgad102.

Clegg, Stewart, dan David L. Thomas, eds. *Understanding Organization Theory and the Sociology of Organizations*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2013.

Coase, Ronald H. "The Problem of Social Cost." *Journal of Law and Economics* vol. 3 ,1960, hal. 1–44.

Covey, Stephen R. *The 7 Habits of Highly Effective People*. New York: Simon & Schuster, 1989.

Creswell, John W. *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2013.

-------, and J. David Creswell. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 5th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.

-------, dan Cheryl N. Poth. *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches*. Edisi ke-4. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.

DAFTAR PUSTIKA

Daly, Herman E. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1996.

-------, *Steady-State Economics*. 2nd ed. Washington, DC: Island Press, 1991.

-------, and John B. Cobb Jr. *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. 2nd ed. Boston: Beacon Press, 1994.

Darlis, Nasarudin Umar, Nur Arfiyah Febriani, and Muhammad Haryadi. "Islamic Eco-Theology in the Age of Climate Crisis: A Critical Reading of Ali Jum'ah's Environmental Thought." *Jurnal Adabiyah* vol.26, no. 1 ,2025., hal, 26-44, https://doi.org/10.24252/jad.v26i1a2

Dasgupta, Partha. *The Economics of the Environment: A Reinterpretation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

David C. Miller, *et.al.,* "Adhesion of Antireflective Coatings in Multijunction Photovoltaics: *Preprint." Conference Paper NREL/CP-5J00-66495. Golden,* CO: National Renewable Energy Laboratory, 2016.

Deming, W. Edwards. *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT Press, 1986.

Denzin, Norman K., dan Yvonna S. Lincoln. *The Sage Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2011.

Dewi, Murni. "Pengelolaan Kebijakan Energi di Indonesia: Peran PLTS dalam Energi Terbarukan." *Jurnal Kebijakan Energi* vol. 18, no. 2 ,2022, hal. 95–107.

Divya, K. C., dan Jacob Østergaard. "Battery Energy Storage Technology for Power Systems." *Electric Power Systems Research* vol. 79, no. 4, 2009, hal. 511–520.

Dobos, Aron P. *PVWatts Version 5 Manual*. Technical Report NREL/TP-6A20-62641. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2014.

Drajat, Amroeni. *Ulumul Quran: Pengantar Ilmu-Ilmu Al-Quran*. Cetakan ke-3. Depok: Prenadamedia Group Divisi Kencana, 2019.

Drucker, Peter F. *Management Challenges for the 21st Century*. New York: HarperBusiness, 1999.

Dryzek, John S. *The Politics of the Earth*. Oxford: Oxford University Press, 2013.

Duffie, John A., and William A. Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013.

Dunn, William N. *Public Policy Analysis: An Integrated Approach*. Edisi ke-6. New York: Routledge, 2018.

Edenhofer, Ottmar, *et.al., Climate Change, Justice and Sustainability*. Berlin: Springer, 2012.

Einstein, Albert. *Relativity: The Special and the General Theory*. New York: Henry Holt, 1920.

Ekanayake, Janaka, *et.al., Smart Grid: Technology and Applications*. Chichester: Wiley, 2012.

Elahee, Mohammad Khalil. "Energy Management, Sustainability, and Ethics: An Islamic Perspective." *American Journal of Islam and Society*, Vol. 31, No. 4, 2014, hal. 73–99. DOI: 10.35632/ajis.v31i4.281.

Elahee, Mohammad Khalil. *Energy Management, Sustainability, and Ethics: An Islamic Perspective*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

Elliott, David. *Sustainable Energy: Challenges in Theory and Practice*. 2nd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2018.

Elsevier. *Renewable Energy Technology and Systems*. Amsterdam: Elsevier, 2023.

Emerson, Kirk, *et.al.* "An Integrative Framework for Collaborative Governance." *Journal of Public Administration Research and Theory*, Vol. 22 No. 1 Tahun 2012, hal. 1–29.

Energy Foundation Hawaii. *Smart Grid Foundation Project*. Honolulu: EFH, 2020.

Energy Institute. *Statistical Review of World Energy 2023*. London: Energy Institute, 2023.

Energy Sector Management Assistance Program. *Global Photovoltaic Power Potential by Country*. Washington, DC: World Bank, 2020. doi:10.1596/34102.

Esposito, John L. *The Future of Islam*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

European Commission. *Clean Energy for All Europeans Package*. Brussels: European Union, 2019.

Faisal, Sanapiah. *Format-format Penelitian Sosial*. Jakarta: Rajawali Pers, 2007.

Fang, Xi, *et.al.,* "Smart Grid—The New and Improved Power Grid." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* vol.14, no. 4 ,2012, hal. 944–980.

Farid, Esack. *Quran, Liberation and Pluralism: An Islamic Perspective of Interreligious Solidarity Against Oppression*. London: Oneworld Publications, 2017.

Fāris, Aḥmad Ibn. *Maqāyīs al-Lughah*. Diedit oleh ʿAbd al-Salām Muḥammad Hārūn. Beirut: Dār al-Fikr, t.t.

Farmawī, 'Abd al-Ḥayy al-*Al-Bidāyah fī al-Tafsīr al-Mawḍū'ī.* Kairo: Maktabah al-Jumhūriyyah, 1977.

Fathoni, Muhammad Anwar. "Identitas Sosiopolitik, Religiusitas, Motivasi dan Reputasi dalam Perilaku Konsumen Muslim terhadap Perbankan Syariah." *Disertasi*, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2024.

Fatimah, Liana. "Pendekatan Multi-Kriteria dalam Pemilihan Lokasi PLTS di Indonesia." *Disertasi,* Universitas Trisakti, 2021.

Fauzi, Ahmad. *Sains dan Al-Qur'an: Perspektif Tafsir Ilmi*. Bandung: Pustaka Setia, 2018.

Rahman, Fazlur. *Major Themes of the Qur'an*. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

Firdaus. "Studi Kritis Tafsir Mafatih al-Ghayb." *Jurnal al-Mubarak* 3, no. 1 (2018).

Fokus Energi. "RUPTL PLN 2025–2034 Siap Buka Keran Investasi Swasta." Mei 2025. https://fokusenergi.com/electricity/ruptl-pln-2025-2034-siap-buka-keran-investasi-swasta/.

Foltz, Richard C., Frederick M. Denny, dan Azizan Baharuddin, eds. *Islam and Ecology: A Bestowed Trust*. Cambridge: Harvard University Press, 2003.

Forrester, Jay W. *Industrial Dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press, 1961.

Forsyth, Donelson R. *Group Dynamics*. 7th ed. Belmont: Cengage Learning, 2018.

Foucault, Michel. *Power/Knowledge*. New York: Pantheon Books, 1980.

Foxon, Timothy J. *Transition Pathways for a UK Low Carbon Electricity Future*. London: Centre for Environmental Strategy, 2013.

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. *Photovoltaics Report*. Freiburg: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2026.

Frese, Michael. *The Psychology of Entrepreneurship*. New York: Psychology Press, 2019.

Friedman, Thomas L. *Hot, Flat, and Crowded*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2008.

Fung, Archon. *Empowered Participation: Reinventing Urban Democracy*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

Gea, Antonius Atosökhi. *Character Building*. Jakarta: Gramedia, 2005.

Geels, Frank W. "Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes." *Research Policy* 31, no. 8–9 ,2002, hal. 1257–1274.

-------, *The Dynamics of Transitions in Socio-Technical Systems*. Cheltenham: Edward Elgar, 2018.

Gellings, Clark W. *The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response*. Lilburn: Fairmont Press, 2009.

Ghafir, Abdul Muiz dan Ghufron Hamzah. "Dinamika dan Terapan Metodologi Tafsir Kontekstual." *Jurnal terkait*, ISSN (Online): 2828-2779.

Ghazali, Abd. Moqsith, et al. Fikih Energi Terbarukan: Pandangan dan Respons Islam atas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Yogyakarta: Pusat Studi Ekonomi Kerakyatan UGM, 2018.

Giddens, Anthony. *The Politics of Climate Change*. Cambridge: Polity Press, 2009.

Global Solar Atlas. *Hydro-Meteorological Impacts on PV Performance*. Washington, DC: World Bank–ESMAP, 2023.

-------, *Technical Report 2024*. Washington, DC: World Bank–ESMAP, 2024.

Gonzales, Miguel. "Regulating Low Emission Vehicles in California." *Environmental Politics* vol.10, no. 2 ,2001,hal.1–23.

Government of Indonesia and International Partners. *Just Energy Transition Partnership Indonesia: Comprehensive Investment and Policy Plan*. Jakarta, 2023.

-------, *Enhanced Nationally Determined Contribution*. Jakarta: Ministry of Environment and Forestry, 2022.

Gray, Barbara. *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*. San Francisco: Jossey-Bass, 1989.

Green, Martin A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*. Sydney: University of New South Wales, 1998.

-------, dan Ewan D. Dunlop. "Solar Cell Efficiency Tables (Version 64)." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications,* vol.32, no. 7 ,2024, hal. 425–441. doi:10.1002 /pip.3831.

Grid Integration Review. "Solar PV Systems Challenges." *Energy Journal* vol.47,2021,hal. 27.

Grubb, Michael. *Planetary Economics: Energy, Climate Change and the Three Domains of Sustainable Development*. London: Routledge, 2014.

Guénon, René. *The Crisis of the Modern World*. New York: Sophia Perennis, 2001.

Gunawan, Ardi. "Peran Kepemimpinan dalam Pengembangan Energi Terbarukan di PLN," dalam *Jurnal Sumber Daya Alam* vol. 10, no. 3 ,2020, hal.92–104.

Gupta, Rajesh Kumar, *et.al., Energy Storage for Power Systems*. London: Institution of Engineering and Technology, 2020.

Habermas, Jürgen. *Theory of Communicative Action*. Boston: Beacon Press, 1984.

Hajer, Maarten A. *The Politics of Environmental Discourse*. Oxford: Oxford University Press, 1995.

Hakim, Lukman. *Islam dan Modernitas: Perspektif Pemikiran Islam Kontemporer di Indonesia*. Bandung: Pustaka Setia, 2015.

-------, *Ushul Fiqh: Prinsip-Prinsip Dasar Hukum Islam*. Bandung: Pustaka Setia, 2013.

Hamka. *Tafsir Al Azhar*. 30 juz. Cetakan ke-1. Jakarta: Pustaka Panjimas, 1985

-------, *Tafsir Al-Azhar*. Jakarta: Pustaka Panjimas, 2000.

Handoko, T. Hani. "Kepemimpinan Transformasional dan Pemberdayaan." *Journal of Indonesian Economy and Business* vol. 11, no. 21,1996, hal.123–135.

Haneef, Mohamed Aslam. *Contemporary Islamic Economic Thought*. Kuala Lumpur: IKIM, 1995.

Hardin, Garrett. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162, no. 3859 ,1968,hal.1243–1248.

Hardin, Garrett. "The Tragedy of the Commons." *Science* vol.162, no. 3859 (1968), hal. 1243–1248. DOI: 10.1126/science. 162.3859. 1243.

Hariyadi, Muhammad, dan M. Akib. “Metodologi Tafsir Al-Qur’an Kontemporer dalam Pendekatan Ilmu Komunikasi Modern.” *Statement: Jurnal Media Informasi Sosial dan Pendidikan*, Vol. 11 No. 1 Tahun 2021, hal. 30–40

Harvey, David. *Justice, Nature and the Geography of Difference*. Oxford: Blackwell, 1996.

Hawaiian Electric Companies. *Application for Approval to Commit Funds in Excess of $2,500,000 for the Smart Grid Foundation Project, to Defer Certain Computer Software Development Costs, to Recover Capital and Deferred Costs through the Renewable Energy Infrastructure Surcharge, and Related Requests*. Docket No. 2016-0087. Honolulu: Public Utilities Commission of the State of Hawaii, 2016.

Ḥawwā, Saʿīd. *Al-Asās fī al-Tafsīr*. Cetakan ke-6. Kairo: Dār al-Salām, 2003.

Healey, Patsy. *Collaborative Planning*. London: Macmillan, 1997.

Heidegger, Martin. *The Question Concerning Technology*. New York: Harper & Row, 1977.

Held, David, dan Angus Fane-Hervey. *Democracy, Climate and Global Governance*. Cambridge: Polity Press, 2009.

Hilma Meilani, “RUPTL 2025–2034: Arah Kebijakan dan Tantangan,” *Info Singkat: Analisis Strategis terhadap Isu Aktual* vol. XVII, no. 11/I/PUSAKA (Juni 2025): 1–5.

Hossain, M. I. *Energy Management in Islam: Theoretical and Practical Perspectives*. Kuala Lumpur: Islamic Book Trust, 2021.

Huber, Joseph. *Die verlorene Unschuld der Ökologie*. Frankfurt am Main: S. Fischer, 1982.

Hude, M. Darwis .*Logika Al-Qur’an : Pemaknaan Ayat dalam Berbagai Tema* :Jakarta :Nagakusuma Media Kreatif,2015.

Hulme, Mike. *Why We Disagree About Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Husein, Adz-Dzahabi Muhammad. *Penyimpangan-Penyimpangan dalam Penafsiran Al-Quran*. Diterjemahkan oleh Ilyas Husein dan Husein Machsun. Jakarta: CV Rajawali, 1986.

IDXCarbon. *Laporan Awal Implementasi Perdagangan Karbon Indonesia*. Jakarta: Bursa Efek Indonesia, 2023.

IEA. *Electricity Market Report 2024*. Paris: International Energy Agency, 2024.

IEEE Power & Energy Society. *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. IEEE Std 1366-2022. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022.

IEEE Standards Association. *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*. IEEE Std 1588-2008. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2008.

Indonesia Research Institute for Decarbonization. "Kunjungan ke Lokasi Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Oelpuah, Kupang, Nusa Tenggara Timur." Accessed May 21, 2025. https://irid.or.id/kunjungan-ke-lokasi-pembangkit-tenaga-listrik-surya-plts-oelpuah-kupang-nusa-tenggara-timur-ntt/.

Innes, Judith E., dan David E. Booher. *Planning with Complexity*. London: Routledge, 2010.

Institut Teknologi Bandung (ITB). *Teknologi Energi Surya*. Bandung: Penerbit ITB, 2022.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). *Smart Grid Indonesia*. Surabaya: ITS Press, 2022.

Institute for Essential Services Reform. *Beyond 207 Gigawatts: Unleashing Indonesia's Solar Potential*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform, 2021.

Institute for Essential Services Reform. *Indonesia Energy Transition Outlook 2025: Navigating Indonesia's Energy Transition at the Crossroads*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform, 2024.

Institute for Essential Services Reform. *Indonesia Energy Transition Outlook 2023: Tracking Progress of Energy Transition in Indonesia—Pursuing Energy Security in the Time of Transition*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform, 2022.

Institute for Essential Services Reform. *Indonesia Solar Energy Outlook 2023*. Jakarta: IESR, 2023.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). *Smart Grid Handbook*. New York: IEEE Press, 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

-------, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

-------, *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

-------, *Global Warming of 1.5°C*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.

International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. *Climatic Rating of Photovoltaic Modules: Different Technologies for Various Operating Conditions*. Report IEA-PVPS T13-20:2020.

Paris: International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, 2020.
-------, *National Survey Report of PV Power Applications in China 2024*. Paris: International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, 2024.
-------, *Review of Failures of Photovoltaic Modules*. Report IEA-PVPS T13-01, 2014. Paris: International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, 2014.
-------, *Soiling Losses—Impact on the Performance of Photovoltaic Power Plants*. Report IEA-PVPS T13-21,2022. Paris: International Energy Agen
-------, *Service Life Estimation for Photovoltaic Modules*. Report IEA-PVPS T13-16:2021. Paris: International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, 2021.
International Energy Agency. *An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emissions in Indonesia*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *Batteries and Secure Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *Electricity 2024: Analysis and Forecast to 2026*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *Electricity Grids and Secure Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency, 2023.
-------, *Energy Efficiency 2022*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *Energy Technology Perspectives 2023*. Paris: International Energy Agency, 2023.
-------, *Global Energy Review 2025*. Paris: International Energy Agency, 2025..
-------, *Integrating Solar and Wind: Global Experience and Emerging Challenges*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Paris: International Energy Agency, 2021.
-------, *Peta Jalan Menuju Emisi Nol Bersih pada Sektor Energi di Indonesia*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *Power Systems in Transition*. Paris: International Energy Agency, 2020.
-------, *Projected Costs of Generating Electricity 2020*. Paris: International Energy Agency, 2020.
-------, *Renewables 2019*. Paris: International Energy Agency, 2019. Khususnya bab “Distributed Solar PV.”
-------, *Renewables 2019: Analysis and Forecast to 2024*. Paris: International Energy Agency, 2019.

-------, *Renewables 2023: Analysis and Forecasts to 2028*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *Security of Clean Energy Transitions 2022*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *Skills Development and Inclusivity for Clean Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *Southeast Asia Energy Outlook 2022*. Paris: International Energy Agency, 2022
-------, *Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *World Energy Employment 2024*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *World Energy Investment 2024*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *World Energy Outlook 2019*. Paris: International Energy Agency, 2019.
-------, *World Energy Outlook 2022*. Paris: International Energy Agency, 2022.
-------, *World Energy Outlook 2023*. Paris: International Energy Agency, 2023.
-------, *World Energy Outlook 2024*. Paris: International Energy Agency, 2024.
-------, *World Employment and Social Outlook: Trends 2024*. Geneva: International Labour Organization, 2024.
-------, *World Employment and Social Outlook 2018: Greening with Jobs*. Geneva: International Labour Office, 2018.
International Renewable Energy Agency dan Climate Policy Initiative. *Global Landscape of Renewable Energy Finance 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
International Renewable Energy Agency dan International Labour Organization. *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023*. Abu Dhabi dan Geneva: International Renewable Energy Agency dan International Labour Organization, 2023.
International Renewable Energy Agency, International Energy Agency, dan Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. Abu Dhabi dan Paris: International Renewable Energy Agency, International Energy Agency, dan Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2018.
International Renewable Energy Agency. *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050: 2019 Edition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019.

-------, *Indonesia Energy Transition Outlook*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022.
-------, *Innovation Landscape for a Renewable-Powered Future: Solutions to Integrate Variable Renewables*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019.
-------, *Innovation Landscape for Smart Electrification*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
-------, *Low-Cost Finance for the Energy Transition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
-------, *Renewable Capacity Statistics 2024*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024.
-------, *Renewable Capacity Statistics 2025*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2025.
-------, *Renewable Energy Prospects: Indonesia*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2017.
-------, *Renewable Power Generation Costs in 2022*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
-------, *Renewable Power Generation Costs in 2023*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024.
-------, *Unlocking Renewable Energy Investment: The Role of Risk Mitigation and Structured Finance*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2016.
-------, *World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022.
-------, *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
-------, *World Energy Transitions Outlook 2024: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024.
Iqbal, Munawar, and M. Fahim Khan. *Islamic Economics and Sustainable Development: New Perspectives*. New York: Routledge, 2020.
Iqbal, Zamir, dan Abbas Mirakhor. *An Introduction to Islamic Finance*. Singapore: Wiley, 2011.
Ismail, Asep Usman. *Al-Qur'an dan Kesejahteraan Sosial: Sebuah Rintisan Membangun Paradigma Sosial Islam yang Berkeadilan dan Berkesejahteraan*. Cetakan ke-1. Tangerang: Lentera Hati, 2012.
Ismail, Faisal. *Tafsir Al-Qur'an Kontemporer: Kajian Tematik Atas Isu-Isu Kontemporer*. Jakarta: Rajawali Pers, 2014.
Izzi Dien, Mawil Y. *Islamic Environmental Ethics, Law and Society*. London: Routledge, 2000.
Ja‘far, ʿAbd al-Ghafūr Maḥmūd Muṣṭafā. *Madāris wa Manāhij fī Tafsīr al-Qur’ān al-Karīm*. Kairo: Universitas al-Azhar, 1998.

Jabareen, Yosef. "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure." *International Journal of Qualitative Methods* vol.8, no. 4, 2009, hal.49-62. https://doi.org/10.1177/160940690900800406.

Jaelani, Aan, and Slamet Firdaus. "Renewable Energy Policy in Indonesia: The Qur'anic Scientific Signals in Islamic Economics Perspective." *International Journal of Energy Economics and Policy* vol.7, no. 4 ,2017, hal.193-204.

Jalalain, Muhammad bin Ismail Al-Mishri. *Tafsir Jalalain*. Diterjemahkan oleh Ahmad Hasan. Cairo: Dar al-Tawhid, 2021.

Jamaluddin, Thomas. *Semesta Pun Berthawaf: Astronomi untuk Memahami Al-Qur'an*. Cetakan ke-1. Bandung: PT Mizan Pustaka, 2018.

-------, "Al-Qur'an dan Astrofisika." *Pusat Riset Astronomi-Astrofisika, BRIN*. Diakses dari http://tdjamaluddin.wordpress.com/.

Jamasb, Tooraj, dan Michael Pollitt. *Liberalization and Regulation of the Electricity Sector in Europe*. Cheltenham: Edward Elgar, 2005.

Jänicke, Martin. "On Ecological and Political Modernization." Dalam *The Ecological Modernisation Reader: Environmental Reform in Theory and Practice*, disunting oleh Arthur P. J. Mol, David A. Sonnenfeld, dan Gert Spaargaren, hal. 28–41. London: Routledge, 2009.

Janis, Irving L. *Victims of Groupthink: A Psychological Study of Policy Decisions and Fiascoes*. Boston: Houghton Mifflin, 1982.

Jaya, Budi. "Inovasi dalam Proyek Energi Terbarukan di Indonesia." *Jurnal Teknologi dan Inovasi* vol. 9, no. 1, 2021,hal.56–68.

Jenkins, Jesse D., *et.al.* "The Benefits of Nuclear Flexibility in Power System Operations with Renewable Energy." *Applied Energy*, Vol. 222, No. C Tahun 2018, hal. 872–884. https://doi.org/10.1016/j.apenergy .2018.03.002.

Jenkins, Jesse D., *et.al.,* "The Benefits of Nuclear Flexibility in Power System Operations." *Energy Policy* vol.114 ,2018, hal.46–60.

Jenkins, Kirsten, *et.al.,* "Energy Justice: A Conceptual Review." *Energy Research & Social Science vol.* 11 no.4, 2016, hal.174–182.

Kaelan. *Metode Penelitian Kualitatif Interdisipliner*. Yogyakarta: Paradigma, 2012.

Kahf, Monzer. *Islamic Economics*. Kuala Lumpur: IIUM Press, 2003.

Kalogirou, Soteris A. *Solar Energy Engineering*. London: Academic Press, 2009.

Kamali, Mohammad Hashim. *Islam and Sustainable Development: Principles and Practices*. Kuala Lumpur: International Institute of Advanced Islamic Studies (IAIS) Malaysia, 2017.

-------, *The Middle Path of Moderation in Islam*. Oxford: Oxford University Press, 2015.

Kammen, Daniel M., dan Deborah A. Sunter. “City-Integrated Renewable Energy for Urban Sustainability.” *Science* vol.352, no. 6288 ,2016, hal. 922–928.

Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Daring. "Al-Qur'an." Diakses 8 November 2024. https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/al-qur'an.

Kamus Besar Bahasa Indonesia Daring. “Sinkronisasi.” *Accessed* November 8, 2024.

Kaplan, Robert S., and David P. Norton. *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*. Boston: Harvard Business School Press, 2001.

-------, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Boston: Harvard Business School Press, 1996.

Kathīr, Ismā‘īl ibn ‘Umar Ibn. *Tafsīr al-Qur’ān al-‘Aẓīm*. Diedit oleh Muḥammad Ḥusayn Shams al-Dīn. Edisi pertama. Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1419 H.

-------, *Tafsir Ibn Kathir*. Diterjemahkan oleh Syed Sulaiman Nadwi. London: Islamic Book Trust, 2020.

Kementerian Agama Republik Indonesia. *Al-Qur’an dan Terjemahannya*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an, 2019.

-------, *Tafsir Al-Quran*. Jakarta: Kementerian Agama, 2021.

-------, *Tafsir Ilmi: Energi dalam Perspektif Al-Qur’an*. Jakarta: LPMQ, 2012.

Kementerian Bappenass Republic of Indonesia. *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050: Indonesia LTS-LCCR 2050*. Jakarta: Government of the Republic of Indonesia, 2021.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. *Net Zero Emission (NZE) 2060 Roadmap Indonesia*. Jakarta: Kementerian ESDM dan Bappenas, 2023.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia dan PT PLN (Persero). *Roadmap Net Zero Emission Sektor Energi Indonesia*. Jakarta: Kementerian ESDM dan PT PLN (Persero), 2023.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. “Ini Prinsip dan Peta Jalan Pemerintah Capai Net Zero Emission.” *Siaran* Pers Nomor 359.Pers/04/SJI/2021, 8 Oktober 2021.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Handbook Energi Surya Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, 2023.

-------, *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2023.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Kajian Biaya Pokok Penyediaan dan LCOE PLTS Nasional*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/HK.02/MEM.L/2021 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 sampai dengan Tahun 2030*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2021

-------, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 188.K/TL.03/MEM.L/2025 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2025 sampai dengan Tahun 2034*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2025.

-------, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2025-2060*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2025.

-------, *Kebijakan Tarif dan Skema Insentif Energi Baru Terbarukan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2022.

-------, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 191.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Batas Minimum Nilai Tingkat Komponen Dalam Negeri Gabungan Barang dan Jasa dalam Lingkup Proyek Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.

-------, *Laporan Tahunan Kementerian ESDM 2024*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2021.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan*

Umum. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2018.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2017.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2019.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2024 tentang Penggunaan Produk Dalam Negeri untuk Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.

-------, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2021 tentang Klasifikasi, Kualifikasi, dan Sertifikasi Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2021.

-------, *PLTS–Diesel Hybrid Handbook*. Jakarta: Kementerian ESDM, 2021.

-------, Potret PLTS Komunitas di Pesantren dan Desa Mandiri Energi. Jakarta: Kementerian ESDM, 2022.

-------, *Statistik EBT 2023*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2023.

-------, *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia 2022*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2023.

Kementerian ESDM dan Bappenas. *Roadmap NZE 2060*. Jakarta: Kementerian ESDM dan Bappenas, 2021/2022.

Kementerian Investasi/BKPM. *Renewable Energy Plan 2023–2030*. Jakarta: BKPM, 2023.

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 182 Tahun 2017 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Aktivitas Profesional, Ilmiah dan Teknis Golongan Pokok Aktivitas*

Arsitektur dan Keinsinyuran Analisis dan Uji Teknis Bidang Perencanaan Pembangkit Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2017.

-------, *Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 130 Tahun 2019 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pengadaan Listrik, Gas, Uap/Air Panas dan Udara Dingin Golongan Pokok Pengadaan Listrik, Gas, Uap/Air Panas dan Udara Dingin Bidang Pengoperasian Pembangkit Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2019.

-------, *Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 160 Tahun 2019 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Aktivitas Profesional, Ilmiah dan Teknis Golongan Pokok Aktivitas Arsitektur dan Keinsinyuran; Analisis dan Uji Teknis Bidang Pemeriksaan dan Pengujian Pembangkit Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2019.

-------, *Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 161 Tahun 2019 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Pengadaan Listrik, Gas, Uap/Air Panas dan Udara Dingin Golongan Pokok Pengadaan Listrik, Gas, Uap/Air Panas dan Udara Dingin Bidang Pemeliharaan Pembangkit Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2019.

-------, *Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 218 Tahun 2023 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Aktivitas Profesional, Ilmiah dan Teknis Golongan Pokok Aktivitas Arsitektur dan Keinsinyuran; Analisis dan Uji Teknis Bidang Pengawasan Pembangkit Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2022.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. *Enhanced Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2022.

-------, *Roadmap Net Zero Emission Indonesia 2060*. Jakarta: KLHK, 2022.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2022 tentang Tata Cara Pelaksanaan Pemenuhan Sertifikat Standar Jasa Konstruksi dalam Rangka Mendukung Kemudahan*

Perizinan Berusaha bagi Pelaku Usaha Jasa Konstruksi. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022.

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. *Sertifikat Tingkat Komponen Dalam Negeri Nomor [0000/SJ-IND.8/TKDN/00/0000] untuk Modul Surya ,atas Nama PT,* Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, [tahun].

Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia ,*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1961 tentang Pendirian Perusahaan Negara Listrik dan Gas*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1961.

Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia . *Enhanced Nationally Determined Contribution*. Jakarta: Ministry of Environment and Forestry, 2022.

Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 1972 tentang Perusahaan Umum Listrik Negara*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1972.

-------, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1994 tentang Pengalihan Bentuk Perusahaan Umum Listrik Negara Menjadi Perusahaan Perseroan (Persero)*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1994.

-------, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2012.

-------, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2022.

-------, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2014.

-------, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2017.

-------, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2021.

-------, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to the United Nations Framework*

Convention on Climate Change. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2016.

-------, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2007.

-------, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2009.

Kettl, Donald F. *The Politics of the Administrative Process*. 6th ed. Washington, D.C.: CQ Press, 2016.

Khalid, Fazlun M. *Islam and the Environment*. London: Ta-Ha Publishers, 2002.

Khalid, Fazlun M., dan Joanne O'Brien, eds. *Islam and Ecology*. London: Cassell, 1992.

Khamdan, Muh, *et.al.,* "Penguatan Ekoteologi dan Konstruksi Perlindungan Hak Asasi Lingkungan Berbasis Tafsir Al-Qur'an." *Jurnal Penelitian Ilmu Ushuluddin*, Vol. 4, No. 1, 2024, hal. 47-65. DOI: 10.15575 /jpiu.v4i1.32601.

Knowles, Malcolm S. *The Adult Learner*. Houston: Gulf Publishing, 1984.

Komarnicki, Przemyslaw, dan Pio Lombardi. *Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids*. Berlin–Heidelberg: Springer, 2017.

Komarnicki, Przemyslaw, et al. "Smart Grid Interoperability as Enabler for the Energy Transition: An Interoperability Roadmap by the Horizon Europe INT:NET Project." Paper presented at the 12th Symposium on Communications for Energy Systems (ComForEn), Vienna, 2022.

Komarnicki, Przemyslaw, et al. *Smart Grid and Energy Transition*. Berlin: Springer, 2018.

Komarnicki, Przemyslaw, Pio Lombardi, and Zbigniew A. Styczynski. *Smart Power Grids and Renewable Energy System*s. Berlin: Springer, 2017.

-------, *Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids*. Cham: Springer, 2017.

Komisi Pemberantasan Korupsi Republik Indonesia. *Panduan Pencegahan Korupsi*. Jakarta: Komisi Pemberantasan Korupsi Republik Indonesia, 2020.

Konsep Listrik dengan Energi Baru Terbarukan dalam Al-Qur'an: Tafsir Sains Tematik terhadap Kata Barqun. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 28 November 2024.

Kooiman, Jan. *Modern Governance*. London: Sage Publications, 1993.

Kotter, John P. "Leading Organizational Change in Energy Firms." *Journal of Change Management* 21, no. 4 ,2021, hal.475–493.

Kroposki, Benjamin C., *et.al.,* "Achieving a 100% Renewable Grid." *IEEE Power and Energy Magazine* vol.15, no. 2,2017,hal.61–73.

Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

Kumar, Rajesh. "Leadership Styles and Their Impact on the Performance of Renewable Energy Projects." *PhD diss*., University of California, Berkeley, 2021.

Kuntowijoyo. *Paradigma Islam*. Bandung: Mizan, 1991.

Kuramoto, Yoshiki. *Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence*. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

Kusuma, Rudi. "Model Bisnis dalam Pengelolaan PLTS untuk Pengembangan Ekonomi Lokal." *Jurnal Ekonomi Energi* vol.16, no. 1, 2021,hal.87–102.

Kusumawati, Dian. *Strategi Manajemen Energi Terbarukan di Indonesia*. Jakarta: Gramedia, 2022.

Kymlicka, Will. *Multicultural Citizenship: A Liberal Theory of Minority Rights*. Oxford: Oxford University Press, 1995.

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama Republik Indonesia, dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Waktu dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2013.

-------, *Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia, 2010.

-------, *Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama Republik Indonesia, 2010.

-------, *Tafsir Ilmi: Energi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains.* Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia, 2015.

-------, *Tafsir Ilmi: Penciptaan dan Pengelolaan Alam dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains.* Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia, 2012.

-------, and Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama Republik Indonesia, 2011.

-------, and Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Samudra dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2013.

Lamsal, Shree Bhagwan, dan Erich Birkhahn. *Renewable Energy for Sustainable Growth in Developing Countries*. London: CRC Press, 2021.

Lash, Scott. *Sociology of Postmodernism*. London: Routledge, 1990.

Latour, Bruno. *Politics of Nature*. Cambridge: Harvard University Press, 2004.

Leach, Michael, ed. *Energy Policy: The Globalization of Energy Demand*. London: Routledge, 2016.

Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. *Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 12 Tahun 2021 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah melalui Penyedia*. Jakarta: LKPP, 2023.

Leonard, Llewellyn. "Bridging Social and Environmental Risks: The Potential for an Emerging Environmental Justice Framework in South Africa." *Journal of Contemporary African Studies* 36, no. 1 ,2018,hal. 23–38.

Leopold, Aldo. *A Sand County Almanac*. Oxford: Oxford University Press, 1949.

Levy, David L., and Daniel Egan. "A Neo-Gramscian Approach to Corporate Political Strategy: Conflict and Accommodation in the Climate Change Negotiations." *Journal of Management Studies* 40, no. 4 ,2003,hal. 803-829.

Li, Mei. "Organizational Change in the Energy Sector: A Case Study of PLN's Transition to Renewable Energy." *PhD diss*., University of Sydney, 2021.

Lincoln, Yvonna S., and Egon G. Guba. *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: SAGE Publications, 1985.

Listiani, Eniya. "Energy Transition Policy to Achieve Net Zero Emission: Solar Energy." *Presentation at Indonesia Solar Summit* 2024, Jakarta, August 2024.

Liu, Chen-Ching, dan Stephen McArthur, ed. *Smart Grid Handbook*. 3 jilid. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, 2016.

Lockie, Stewart. "Sustainable Consumption and Ecological Reform." Dalam *The Ecological Modernisation Reader*. London: Routledge, 2009

Lovelock, James. *The Revenge of Gaia*. London: Penguin Books, 2006.

Lund, Henrik. *Renewable Energy Systems*. London: Academic Press, 2014.

Lund, Peter D., *et.al., Advanced Energy Systems*. London: Wiley, 2019.

Luque, Antonio, dan Steven Hegedus, eds. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. Edisi ke-2. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

Madjid, Nurcholish. *Islam Kemodernan dan Keindonesiaan*. Bandung: Mizan, 2008.

Mannan, M. Abdul. *Islamic Economics: Theory and Practice*. Lahore: Sh. Muhammad Ashraf, 1986.

Manẓūr, Abū al-Faḍl Jamāl al-Dīn Muḥammad ibn Mukarram ibn ʿAlī ibn Aḥmad al-Anṣārī al-Ifrīqī al-Miṣrī Ibn. *Lisān al-ʿArab*. 15 jilid. Beirut: Dār Ṣādir, 1990.

Marx, Karl, and Friedrich Engels. *The Communist Manifesto*. London: Penguin Classics, 2015.

Massachusetts Institute of Technology. *The Future of Solar Energy*. Cambridge, MA: MIT Energy Initiative, 2015.

Matin, Ibrahim Abdul. *Green Deen: What Islam Teaches about Protecting the Planet*. San Francisco: Berrett-Koehler, 2010.

Maududi, Abul A'la. *Towards Understanding Islam*. Lahore: Islamic Publications Ltd., 2016.

Maxwell, Joseph A. *Qualitative Research Design: An Interactive Approach*. Edisi ke-3. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2013.

McCauley, Darren, dan Raphael Heffron. "Just Transition: Integrating Climate, Energy and Environmental Justice." *Energy Policy* 119, 2018),hal.1–7.

McGinnis, Michael D, ed. *Polycentric Governance and Development: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1999.

-------, "Networks of Adjacent Action Situations in Polycentric Governance." *Policy Studies Journal* 39, no. 1 ,2011, hal. 51–78.

-------, *"Polycentric Governance in Theory and Practice: Dimensions of Aspiration and Practical Limitations."* Indiana University, 2016.

McKinsey & Company. *Global Energy Perspective 2023*. New York: McKinsey, 2023.

Meadowcroft, James. "What about the Politics? Sustainable Development, Transition Management, and Long-Term Energy Transitions." *Policy Sciences*, Vol. 42 No. 4 Tahun 2009, hal. 323–340. https://doi.org/10.1007/s11077-009-9097-z.

Meredith, Jack R., and Samuel J. Mantel Jr. *Project Management: A Managerial Approach*. 9th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2017.

Messenger, Roger, dan Jerry Ventre. *Photovoltaic Systems Engineering*. Boca Raton: CRC Press, 2017.

METI. *Peta Jalan Energi Surya Indonesia*. Jakarta: Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia, 2023.

Michigan Ross School of Business. "Faculty Profile: Venkat Ramaswamy." *Accessed June 7, 2025. https://michiganross.umich.edu/faculty-research/faculty/venkat-ramaswamy*.

Miles, Matthew B., and A. Michael Huberman. *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014.

Mintzberg, Henry. *Structure in Fives*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1983.

Mishkin, Frederic S. *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*. 11th ed. Boston: Pearson, 2015.

Mitchell, Catherine. *The Political Economy of Sustainable Energy*. London: Palgrave Macmillan, 2008.

Mohsenian-Rad, Amir-Hamed, *et.al.,* "Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Scheduling." *IEEE Transactions on Smart Grid* vol.1, no. 3 ,2010, hal. 320–331.

Mol, Arthur P. J., and David A. Sonnenfeld, eds. *Ecological Modernisation Around the World: Perspectives and Critical Debates*. London: Frank Cass, 2000.

-------, and Gert Spaargaren. "Ecological Modernisation Theory in Debate: A Review." *Environmental Politics* vol.9, no. 1,2000, hal.17-50. https://doi.org/ 10.1080/09644010008414511.

-------, "Ecological Modernisation Theory in Debate." In *The International Handbook of Environmental Sociology*, edited by Michael Redclift and Graham Woodgate, 628-643. Cheltenham: Edward Elgar, 2010.

-------, "Ecological Modernization Theory." In Elgar Encyclopedia of Environmental Sociology. Cheltenham: Edward Elgar, tt.h

-------, "Ecological Modernisation Theory in Debate." Dalam *The Ecological Modernisation Reader: Environmental Reform in Theory and Practice*, diedit oleh Arthur P. J. Mol, David A. Sonnenfeld, dan Gert Spaargaren, 17–49. London: Routledge, 2009.

-------, "Ecological Modernisation Theory: Taking Stock, Moving Forward." In Handbook of Environmental Sociology, edited by Stewart Lockie, David A. Sonnenfeld, and Dana R. Fisher, 15–30. London: Routledge, 2013.

Moleong, Lexy J. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2018.

Momoh, James A. *Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis*. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2012.

Moore, James F. "Business Ecosystems and Solar Power Projects." *Business Strategy and the Environment* ,vol.29, no. 6 ,2020, hal. 2329–2340.

Morgan, Gareth. *Images of Organization*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2006.

Morin, Edgar. *On Complexity*. Translated by Robert P. P. L. H. Veilleux. Cresskill: Hampton Press, 2008.

Mu'min, Ma'mun. "Metode Tafsir Inklusif: Upaya Membedah Eksklusivitas Interpretasi Al-Qur'an." *Jurnal STAIN Kudus*, Vol. 8, No. 1, 2014.

Mufakhir, A. *Tafsir Ilmi: Studi Kritis Terhadap Al-Tafsir Al-Kabir*. Cetakan ke-1. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah, 2014.

Muhammad. "Konsep Listrik dengan Energi Baru Terbarukan dalam Al-Qur'an: Tafsir Sains Tematik terhadap Kata Barqun." *Jurnal Cahaya*

Mandalika, Vol. 5, No. 2, 2024, hal. 1085–1101. DOI: 10.36312/ jcm.v5i2.3943.

Mulyadi, M. *Manajemen Keuangan untuk Proyek-Proyek Energi*. Yogyakarta: Andi Offset, 2018.

Munawaroh, Hidayatul. "Memahami Relasi Mutlaq dan Muqayyad dalam Tafsir Al-Quran." *Al-I'jaz: Jurnal Studi Al-Qur'an, Falsafah dan Keislaman,* vol.3, no. 1 ,2021, hal. 46-57.

Murni, Dewi. "Mutlaq dan Muqayyad." Syahadah: *Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Keislaman* vol.7, no. 1,2019, hal. 55–66.

Mustaqim, Abdul. *Epistemologi Tafsir Kontemporer*. Yogyakarta: LKiS, 2010.

-------, *Metode Penelitian Al-Qur'an dan Tafsir*. Yogyakarta: Idea Press, 2015.

Mustori. "Adopsi al-'Urf dalam Fatwa Dewan Syariah Nasional Majelis Ulama Indonesia Bidang Perbankan Syariah." *Disertasi*, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2022.

Myers, Daryl R., dan Keith Emery. *Terrestrial Solar Spectral Modeling Tools and Applications for Photovoltaic Devices: Preprint*. Conference Paper NREL/CP-560-31407. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2002.

Naess, Arne. *Ecology, Community and Lifestyle*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Nafisah, Mamluatun. "Alquran dan Konservasi Lingkungan ,Suatu Pendekatan Maqasid al-Syariah," *Jurnal Al Quds: Studi Alquran dan Hadis* ,vol.2, no. 1 ,2018

-------, "Al-Qur'an dan Konservasi Lingkungan: Suatu Pendekatan Maqasid al-Shari'ah." *Tesis*, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2017.

Naqvi, Syed Nawab Haider. *Ethics and Economics: An Islamic Perspective*. Leicester: Islamic Foundation, 1981.

Nasr, Seyyed Hossein. *Man and Nature: The Spiritual Crisis in Modern Man*. Chicago: ABC International Group, 1997.

-------, *Religion and the Order of Nature*. Oxford: Oxford University Press, 1996.

Nasution, Harun. *Islam Ditinjau dari Berbagai Aspeknya*. Jakarta: UI Press, 1985.

National Renewable Energy Laboratory. *Anti-Reflective Coatings for PV Applications*. Golden, CO: NREL, 2021.

-------, Glass-Glass Reliability Testing for PV Modules. Golden, CO: NREL, 2022.

-------, *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation Technologies*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021.

-------, Photovoltaic Fundamentals. Golden, CO: NREL, 2022.
-------, *Solar Resource Assessment. Golden*, CO: NREL, 2020.
-------, *Solar Spectra and PV Device Performance*. Golden, CO: NREL, 2021.
-------, *Wind Cooling Effects on PV Modules*. Golden, CO: NREL, 2020.
Nazerian, Amirhossein, *et.al.* "The Efficiency of Synchronization Dynamics and the Role of Network Syncreactivity." *Nature Communications*, Vol. 15 No. 1 Tahun 2024.
Nelson, Jenny. *The Physics of Solar Cells*. London: Imperial College Press, 2003.
Newell, Peter. *Globalization and the Environment*. Cambridge: Polity Press, 2010.
Nijsse, Femke J. M. M., and Jean-Francois Mercure. "The Momentum of the Solar Energy Transition." *Nature Communications* ,vol.14 ,no.1,2023, hal. 6542. https://doi.org /10.1038 /s41467-023-41971-7.
Nobel Prize. "Elinor Ostrom Facts." 2009. *https://www.nobelprize.org /prizes/economic-sciences/2009/ostrom/facts/.*
Nonaka, Ikujiro, dan Hirotaka Takeuchi. *The Knowledge-Creating Company*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
Nordhaus, William. *The Climate Casino*. New Haven: Yale University Press, 2013.
Nugraha, Yuda. "Penerapan Teknologi Solar Cell dalam Proyek PLTS." *Jurnal Teknik Elektro* 16, no. 2 ,2021,hal. 77–89.
Nur, Lutfi, *et.al.,* "Analisis Kepemimpinan Transformasional." *Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis* 12, no. 2 ,2021, hal. 185–200.
Nurjanah. "Estradisi Pelaku Korupsi menurut Hukum Islam dan Hukum Internasional." *Disertasi*, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2015.
Nurkholis. "Politik Kekuasaan dalam Perspektif Al-Qur'an." *Disertasi*, Program Pascasarjana Institut PTIQ Jakarta, 2021.
Oakland, James S. *Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases*. 4th ed. New York: Routledge, 2014.
OECD. *Energy Policies Beyond IEA Countries*. Paris: OECD Publishing, 2021.
OECD. *Green Growth Indicators*. Paris: OECD Publishing, 2022.
Olson, Mancur. *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965.
Omer, Amanai, *et.al.,* "Perspektif Islam tentang Keberlanjutan Lingkungan: Sebuah Analisis Konseptual." *Social Sciences* 11, no. 6 ,2022.
Organisation for Economic Co-operation and Development. *Government at a Glance 2021*. Paris: OECD Publishing, 2021.

-------, *Public Procurement and Energy Governance Report*. Paris: OECD, 2023.

Ostrom, Elinor. *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press, 2005.

-------, "Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems." *American Economic Review*, Vol. 100 No. 3 Tahun 2010, hal. 641–672. https://doi.org/10.1257/ aer.100. 3.641.

-------, "Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development." *World Development* vol.24, no. 6,1996, hal.1073-1087.

-------, "Polycentric Governance of Complex Economic Systems." *American Economic Review* vol.100, no. 3 ,2010, hal. 641-672.

-------, "Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change." *Global Environmental Change* vol.20, no. 4 ,2010, hal. 550-557. https://doi.org/10.1016/ j.gloenvcha. 2010.07.004.

-------, *A Polycentric Approach for Coping with Climate Change*. Policy Research Working Paper 5095. Washington, DC: World Bank, 2009.

-------, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Ostrom, Vincent, and Charles M. Tiebout. "The Organization of Government in Metropolitan Areas: A Theoretical Inquiry." *American Political Science Review,vol.* 55, no. 4 ,1961, hal. 831-842.

Pahlevi, Farida Sekti. "Harmonisasi Hukum Ekonomi dalam Mewujudkan Kemakmuran Masyarakat Indonesia." *ACTIVA: Jurnal Ekonomi Syariah*, Vol. 2, No. 1, 2019, hal. 35–52.

Parekh, Bhikhu. *Rethinking Multiculturalism: Cultural Diversity and Political Theory*. 2nd ed. Cambridge: Harvard University Press, 2006.

Parsons, Talcott. *The Social System*. Glencoe, IL: Free Press, 1951.

Partain, L. D. *Solar Cells and Their Applications*. New York: Wiley, 1995.

Perusahaan Listrik Negara. "Sejarah PLN." *Diakses* 10 Mei 2025. *https://web.pln.co.id/tentang-pln/profil/sejarah.*

-------, *Financial Sustainability Outlook & Corporate Financial Projection*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.

-------, *Laporan Tahunan 2023*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2024.

-------, *Pedoman Pengadaan Barang dan Jasa PLN*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.

-------, *Pilot Project Solar–Diesel Hybrid NTT & Papua*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2020.

-------, *PLN Grid Code*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.

-------, *PLTS Cirata Technical Notes: Floating Solar Photovoltaic Project at Cirata Reservoir*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.
-------, *Statistik PLN 2024*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2024.
-------, *Financial Sustainability Outlook & Corporate Financial Projection*, Jakarta: PLN, 2023.
-------, *Laporan Tahunan 2023* ,Jakarta: PLN, 2024.
-------, *Pedoman Pengadaan Barang dan Jasa PLN* ,Jakarta: PLN, 2023.
-------, *Laporan Kinerja Sistem Distribusi dan Transmisi PLN 2024.* Jakarta: PT PLN (Persero), 2024.
-------, *PLN Grid Code*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.
-------, *PLTS Cirata Technical Notes: Floating Solar Photovoltaic Project at Cirata Reservoir.* Jakarta: PT PLN (Persero), 2023.
-------, *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia*. Jakarta: PT PLN (Persero), n.d.
-------, *Statistik PLN 2023*. Jakarta: PLN, 2024.
Pierrehumbert, Raymond T. *Principles of Planetary Climate*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
Pigou, Arthur C. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan, 1920.
Pikovsky, Arkady, et.al. *Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
PLN Icon Plus. *Direktori Proyek PLTS Atap*. Jakarta: PLN Icon Plus, 2024.
PLN Nusantara Power. BESS Integration Report. Jakarta: PLN Nusantara Power, 2023.
PLN. *Rencana Strategis PLN 2021–2030*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2021.
PLN. *Statistik PLN 2023*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2024.
Plumwood, Val. *Environmental Culture: The Ecological Crisis of Reason*. London: Routledge, 2002.
Popper, Karl R. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge, 1959.
Porter, Michael E. *Competitive Advantage*. New York: Free Press, 1985.
-------, dan Claas van der Linde. "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship." *Journal of Economic Perspectives* 9, no. 4 ,1995, hal. 97–118.
Poteete, Amy R., et.l.. *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010.
Pourasl, Hamed H., and Reza Vatankhah Barenji. "Solar Energy Status in the World: A Comprehensive Review." *Energy Reports,vol.* 10, 2023 ,hal. 3474-3493. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.022.
Pourasl, Hamed H., dan Reza Vatankhah Barenji. "Solar Energy Status in the World: A Comprehensive Review." *Energy Reports,* vol.10 ,2023, hal. 3474–3493. DOI: 10.1016 /j.egyr.2023.10.022.

Prahalad, C. K., and Venkat Ramaswamy. “Co-opting Customer Competence.” *Harvard Business Review* ,vol. 78, no. 1 ,2000,hal.79-87.

-------, *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*. Boston: Harvard Business School Press, 2004.

Pramudito, Farhan. "Risiko dan Keberlanjutan dalam Proyek PLTS di Indonesia." *Jurnal Kebijakan Energi*, Vol. 8, No. 3, 2021, hal. 124–138.

-------, “Inovasi dalam Proyek Energi Terbarukan di Indonesia.” *Jurnal Teknologi dan Inovasi* ,vol. 22, no. 2,2022, hal. 112–126.

Prasetyo, Hadi. “Analisis Stakeholder dalam Pengelolaan Proyek PLTS.” *Jurnal Pengelolaan Energi,vol.* 15, no. 3 ,2021,hal. 132–146.

Pratama, Heru. “Implementasi Kebijakan Energi Terbarukan dalam Proyek PLTS di Indonesia.” *Disertasi*, Universitas Indonesia, 2020.

Purnomo, Bagus. “Kajian Tafsir Ayat Kauniyah Untuk Siswa dan Santri Dimulai Hari Ini.” *Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an*, 15 Maret 2021. Diakses pada 29 Juni 2025.

Pusat Penelitian Badan Keahlian Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. “Transisi Energi dan Komitmen Iklim Indonesia.” *Isu Sepekan*, Vol. II/PUSLIT, Desember 2021.

Putri, Dinda Silviana, and Haikal Arsalan. “Partisipasi Publik dalam Kebijakan Investasi Energi Terbarukan di Indonesia: Perspektif Demokrasi Energi.” *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional* vol.11, no. 3 ,2022, hal. 473-491. https://doi.org/10.33331 /rechtsvinding.v11i3.1025.

Quaschning, Volker. *Understanding Renewable Energy Systems*. London: Earthscan, 2016.

Quṭb, Sayyid Ibrāhīm Ḥusayn al-Shādhilī. *Fī Ẓilāl al-Qur’ān*. Cetakan ke-17. 6 jilid. Beirut–Kairo: Dār al-Shurūq, 1412 H/1992 M.

-------, *Fī Ẓilāl al-Qur’ān*, diterjemahkan oleh As’ad Yasin dan Abdul Aziz Salim Basyarahil dengan judul *Tafsir Fī Ẓilālil Qur’ān: Di Bawah Naungan Al-Qur’an*. 12 jilid. Cetakan ke-1. Jakarta: Gema Insani Press, 1422 H/2001 M.

Rahardjo, Dawam. "Dakwah Nabi Muhammad SAW dan Pembentukan Masyarakat Madani." *Jurnal Studi Islam*, Vol. 29, No. 2, 2020, hal. 234-250.

Rahardjo, Mudjia. *Metode Pengumpulan Data Penelitian Kualitatif*. Malang: UIN Malang Press, 2010.

Rahman, Ahmad. "Pengelolaan Proyek Energi Terbarukan dalam Menghadapi Perubahan Iklim." *Jurnal Manajemen Lingkungan*, Vol. 5, No. 1, 2021, hal. 23–34.

Rahman, Fazlur. *Major Themes of the Qur'an*. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

Raikar, Santosh, dan Seabron Adamson. *Renewable Energy Finance: Theory and Practice*. London: Academic Press, 2019.

Ramadhani, Moch Rafly Try. "Mengenal Muthlaq-Muqayyad dalam Kajian Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir." *Tafsir Al-Qur'an*, 11 January , 2021.

Ramaswamy, Venkat, and Francis J. Gouillart. *The Power of Co-Creation: Build It with Them to Boost Growth, Productivity, and Profits*. New York: Free Press, 2010.

-------, *The Co-Creation Paradigm*. Stanford, CA: Stanford University Press, 2014.

Rangkuti, Freddy. *Analisis SWOT untuk Perencanaan Strategis*. Jakarta: Gramedia, 2019.

Rawls, John. *A Theory of Justice*. Revised ed. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1999.

Raworth, Kate. *Doughnut Economics*. London: Random House, 2017.

Razykov, T. M., *et.al.,* "Solar Photovoltaic Electricity: Current Status and Future Prospects." *Solar Energy* vol.85, no. 8 ,2011, hal. 1580–1608.

REN21. *Renewables Global Status Report 2023*. Paris: REN21 Secretariat, 2023.

Rhodes, R. A. W. *Understanding Governance*. Buckingham: Open University Press, 1997.

Riḍā, Muḥammad Rashīd ibn ʿAlī. *Tafsīr al-Qur'ān al-Ḥakīm al-Shahīr bi-Tafsīr al-Manār*. Cetakan ke-2. 12 jilid. Kairo: Dār al-Manār, 1366 H/1947 M.

-------, *Tafsīr al-Qurʾān al-Ḥakīm*, *Tafsīr al-Manār.* Cairo: Al-Hayʾah al-Miṣriyyah al-ʿĀmmah li-al-Kitāb, 1990.

Rifkin, Jeremy. *The Third Industrial Revolution*. New York: Palgrave Macmillan, 2011.

Rizal, Sofyan. "Faktor-Faktor Pertumbuhan Ekonomi dalam Perspektif Ibn Khaldun dan Relevansinya dengan Teori Pertumbuhan Kontemporer." *Disertasi*, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2017.

Robbins, Stephen P. *Organizational Behavior*. New Jersey: Pearson Education, 2013.

-------, and Mary Coulter. *Management*. 14th ed. Boston: Pearson, 2018.

Rockström, Johan, *et.al.* "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature*, Vol. 461 No. 7263 Tahun 2009, hal. 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a.

Rogers, Everett M. *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press, 2003.

Roza, Yanti Mulia. "Konflik dan Akomodasi Antara Adat dan Agama dengan Pemerintah di Sumatera Barat Tahun 1999 hingga 2015."

Disertasi, Sekolah Pascasarjana UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2020.

Ṣābūnī, Muḥammad ‘Alī. *Ṣafwat al-Tafāsīr*. Beirut: Dār al-Qur’ān al-Karīm, 1981.

Sachs, Jeffrey D. *The Age of Sustainable Development*. New York: Columbia University Press, 2015.

Sachs, Wolfgang. *The Development Dictionary*. London: Zed Books, 2010.

Samuelson, Paul A. *Economics*. New York: McGraw-Hill, 1970.

Sardar, Ziauddin. *Reading the Qur’an*. Oxford: Oxford University Press, 2011.

Sari, Aulia. “Peran Kepemimpinan dalam Pengelolaan Proyek PLTS.” *Jurnal Sumber Daya Alam* ,vol.14, no. 4 ,2021, hal. 134–149.

Sawhney, Mohanbir. “Don't Homogenize, Synchronize.” *Harvard Business Review* vol.80, no. 7 ,2002, hal. 100-108.

Schön, Donald A. *The Reflective Practitioner*. New York: Basic Books, 1983.

Schumacher, E. F. *Small Is Beautiful*. London: Blond & Briggs, 1973.

Schwab, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum, 2016.

Scoones, Ian. *Sustainability and Rural Livelihoods*. Brighton: IDS Working Paper, 1998.

Sen, Amartya. *Development as Freedom*. New York: Alfred A. Knopf, 1999.

Senge, Peter. *The Fifth Discipline*. New York: Doubleday, 1990.

Sengupta, Manajit, dan Aron Habte. *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications*. Edisi ke-3. Technical Report NREL/TP-5D00-77635. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021.

Shahbaz, Muhammad, Aviral Kumar Tiwari, dan Avik Sinha, eds. *Energy-Growth Nexus in an Era of Globalization*. Singapore: Springer, 2022.

Shihab, M. Quraish. *Membumikan Al-Qur’an*. Bandung: Mizan, 1994.

-------, *Tafsir al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. 15 volume. Jakarta: Lentera Hati, 2002.

-------, *Tafsir Al-Mishbâh: Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Qur’an*. Edisi Baru. Cetakan ke-5. 15 volume. Jakarta: Lentera Hati, 2012

Shodiq, Muhammad. “Etika Eksplorasi Pertambangan Perspektif Al-Qur'an.” *Disertasi*, Program Studi Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir, Pascasarjana Universitas PTIQ Jakarta, 2018.

Shururi, Adib. “Keadilan Distributif Pengelolaan Rantai Suplai Hulu Migas Perspektif Al-Qur'an.” *Disertasi*, Pascasarjana Universitas PTIQ Jakarta, 2024.

Siddiqi, Muhammad Nejatullah. *Banking Without Interest*. Leicester: Islamic Foundation, 1983.

Sinha, Archana, dan Dana B. Sulas-Kern. "Glass/Glass Photovoltaic Module Reliability and Degradation: A Review." *Journal of Physics D: Applied Physics* vol, 54, no. 41 ,2021. Hal.41-300.

Sioshansi, Fereidoon P., ed. *Smart Grid: Integrating Renewable, Distributed & Efficient Energy*. London: Academic Press, 2012.

Siswanto, Djoko. "Perkembangan Pembaruan Rancangan Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional." *Presentasi pada Forum Akselerasi Energi Terbarukan Jawa Tengah, Semarang*, 19 Desember 2023.

SMA Solar Technology AG. "Inverter Technology Overview". *Niestetal:* SMA Solar Technology AG, 2022.

Smith, Ken G.,et.al., *Great Minds in Management: The Process of Theory Development*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

Soemarwoto, Otto. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan, 2004.

Soetadji, *et.al.,* "Argumen Listrik Tenaga Surya (Photovoltaic) Perspektif Fikih Energi dalam Al-Qur'an." *Ranah Research Journal* vol.7, no. 1 ,2024 ,hal. 11- 82.

Solar Energy International. *Photovoltaics: Design and Installation Manual*. Gabriola Island: New Society Publishers, 2007.

Solar Media Ltd.. *Solar Electric Handbook*. London: Solar Media Ltd., 2024.

Solehuddin, M. *Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Organisasi Modern*. Jakarta: Kencana, 2020.

Sonnenfeld, David A. "Contradictions of Ecological Modernisation: Pulp and Paper Manufacturing in South-East Asia," dalam *Ecological Modernisation Around the World*, disunting oleh Arthur P. J. Mol dan David A. Sonnenfeld, hal. 197–217. London: Frank Cass, 2000.

Sørensen, Bent. *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*. Edisi ke-5. London: Academic Press, 2017.

Sørensen, Eva, dan Jacob Torfing. *Theories of Democratic Network Governance*. London: Palgrave Macmillan, 2007.

Sovacool, Benjamin K. "What Are We Doing Here? Analyzing Fifteen Years of Energy Scholarship and Proposing a Social Science Research Agenda." *Energy Research & Social Science vol.* 1 ,2014, hal. 1-29.

Sovacool, Benjamin K. *Energy and Ethics: Justice and the Global Energy Challenge*. London: Palgrave Macmillan, 2013.

Sovacool, et.al., *The Governance of Energy Megaprojects: Politics, Hubris and Energy Security*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2013.

-------, *Global Energy Justice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

Spaargaren, Gert. "Sustainable Consumption: A Theoretical and Environmental Policy Perspective." In *The Ecological Modernisation Reader: Environmental Reform in Theory and Practice*, edited by Arthur P. J. Mol and David A. Sonnenfeld. London: Routledge, 2009.

SPLN. *Standar PLN tentang Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2020.

Staw, Barry M., dan Robert I. Sutton. "Managing Decision-Making in Solar Energy Projects." *Journal of Organizational Behavior* ,vol. 42, no. 5 ,2019, hal. 453–470.

Stevenson, William J. *Operations Management*. 8th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2005.

Stiglitz, Joseph E. *Globalization and Its Discontents*. New York: W. W. Norton, 2002.

Stiles, Joseph. *Strategic Collaboration: Building Relationships That Make a Difference*. Cambridge: Harvard Business School Press, 2016.

Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.

Suharyati, *et.al., Indonesia Energy Outlook*. Jakarta: BPPT, 2022.

Suhendar, *et.al.,* "Islam and Natural Resource Management: The Qur'anic Perspective." *Tajdid* ,vol,31, no. 1 ,2024.

Supriadi, Akhmad. "Integrating Qur'an and Science: Epistemology of Tafsir Ilmi in Indonesia." *Jurnal Refleksi*, Vol. 16, No. 2, Oktober 2017.

Suryadi, Riza. "Pemanfaatan Teknologi untuk Meningkatkan Efisiensi Proyek PLTS." *Jurnal Teknologi Energi* ,vol. 11, no. 3, 2021, hal. 78–90.

Suryadi, Riza. *Manajemen Proyek Energi Terbarukan: Pendekatan Praktis untuk Pengelolaan PLTS*. Yogyakarta: Andi, 2021.

Suryana, Yuli. *Kewirausahaan: Konsep dan Penerapan*. Jakarta: Salemba Empat, 2019.

Sustainable Economies and Societies for All. Geneva: International Labour Organization, 2021.

Sutopo, H. B. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Surakarta: UNS Press, 2006.

Sutrisno, Arif. "Pengaruh Kepemimpinan Transformasional terhadap Kinerja Proyek Energi Terbarukan di PLN." *Disertasi*, Universitas Gadjah Mada, 2021.

Syafi'i, Imam. *Pemikiran Islam Kontemporer: Telaah Atas Pemikiran-Pemikiran Reformis*. Jakarta: Erlangga, 2023.

-------, *Tafsir Al-Qur'an dan Sains: Studi Komparatif Antara Tafsir Klasik dan Tafsir Ilmi*. Jakarta: Rajagrafindo Persada, 2017.

Syah, Beny Elfian. “Sinkronisasi Kebijakan Keadilan Restoratif dalam Sistem Peradilan Pidana Terpadu.” *Disertasi*, Universitas Airlangga, 2024.

Tamam, Badru. “Ekoteologi dalam Tafsir Kontemporer.” *Disertasi,* UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2021.

Tandelilin, Eko. *Manajemen Strategik: Konsep, Kasus, dan Implikasi*. Yogyakarta: Kanisius, 2017.

Tanenbaum, Andrew S., and Maarten van Steen. *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

Tapscott, Don. *The Digital Economy*. New York: McGraw-Hill, 1996.

Taymiyyah, Taqī al-Dīn Aḥmad ibn ‘Abd al-Ḥalīm Ibn. *Muqaddimah fī Uṣūl al-Tafsīr*. Riyadh: Dār Ibn al-Jawzī, 1993.

Teece, David J. “Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance.” *Strategic Management Journal* ,vol. 28, no. 13 ,2007, hal. 1319-1350.

-------, *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*. Oxford: Oxford University Press, 2009.

-------, Gary Pisano, dan Amy Shuen. “Dynamic Capabilities and Strategic Management.” *Strategic Management Journal* vol 18, no. 7,1997, hal. 509–533.

Thinkers 50. “C. K. Prahalad.” Accessed June 7, 2025. *https://thinkers50.com /biographies/c-k-prahalad/.*

Tietenberg, Thomas, dan Lynne Lewis. *Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach*. 10th ed. Boston: Pearson, 2018.

Tilaar, H. A. R. *Pendidikan, Kebudayaan, dan Masyarakat Madani Indonesia*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2002.

Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan. *Energi dan Keadilan Sosial*. Jakarta: TNP2K, 2020.

Toffler, Alvin. *The Third Wave*. New York: Bantam Books, 1980.

Torfing, Jacob, *et.al., Interactive Governance: Advancing the Paradigm*. Oxford: Oxford University Press, 2012.

Tran, Ngoc Thanh, *et.al.,* “Environmental Management in Industrial Zones in Vietnam.” *Journal of Environmental Management* 67, no. 2 ,2003, hal. 125–138.

Trist, Eric L., and Fred E. Emery. *Towards a Social Ecology*. New York: Plenum Press, 1973.

Twidell, John, dan Tony Weir. *Renewable Energy Resources*. London: Routledge, 2015.

Umam, Chatibul. Beberapa Aspek Ilmiah Tentang Al-Qur'an, Jakarta: Pustaka Litera Antar Nusa, Cet. II, 1986.

UNDP Indonesia. *Solar Hybrid for Remote Areas*. Jakarta: UNDP, 2022.

United Nations Development Programme (UNDP). *Human Development Report: Energy and Sustainability*. New York: UNDP, 2021.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). *Education for Sustainable Development Goals*. Paris: UNESCO, 2017.

United Nations Environment Programme (UNEP). *Emissions Gap Report 2023*. Nairobi: UNEP, 2023.

United Nations Environment Programme, *Global Environment Outlook*. Nairobi: UNEP, 2022.

United Nations. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, 2015.

Universitas Indonesia. PV Performance in Tropical Climate. *Depok: Laporan Penelitian UI,* 2021.

Van der Leeuw, Sander, *et.al.,* "The Adaptive Capacity of Cities: A Manifesto for Research and Policy." *Global Environmental Change* ,vol.20, no. 3 ,2010, hal. 346–358.

Victor, David G. *Global Warming Gridlock*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

Victor, Peter A. *Managing without Growth: Slower by Design, Not Disaster*. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

Villalva, Marcelo Gradella, dan Ernesto Ruppert Filho. "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays." *IEEE Transactions on Power Electronics* 24, no. 5, 2009, hal. 1198–1208.

W. K. Kellogg Foundation. *Logic Model Development Guide*. Battle Creek, MI: W. K. Kellogg Foundation, 2004.

Wadud, Amina. "Qur'an and Social Change." *Contemporary Islamic Studies*, Vol. 12, 2022, hal. 112-130.

Walker, Gordon, dan Robin Devine-Wright. *Community Renewable Energy: What Should It Mean?* London: Routledge, 2008.

-------, *Environmental Justice: Concepts, Evidence and Politics*. London: Routledge, 2012.

Wang, Wei. "Commitment in Public-Private Partnerships for Solar Power Projects in China." *PhD diss*., Tsinghua University, 2020.

Wardhani, Vina. "Strategi Pengelolaan Proyek Energi Terbarukan di Indonesia." *Jurnal Pengelolaan Energi* 21, no. 2 , 2021,hal. 63–77.

Weber, Max. *Economy and Society,* Berkeley: University of California Press, 1978.

-------, *The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism*. London: Routledge, 2001.

Weitzman, Martin L. “Prices vs Quantities.” *Review of Economic Studies* vol. 41, no. 4 ,1974,hal. 477–491.

Wenham, Stuart R., *et.al., Applied Photovoltaics*. London: Routledge, 2013.

Whetten, David A. “What Constitutes a Theoretical Contribution?” *Academy of Management Review* ,vol.14, no. 4 ,1989,hal. 490-495.

White Jr., Lynn. “The Historical Roots of Our Ecologic Crisis.” *Science* 155, no. 3767 ,1967,hal. 1203–1207.

Widianto, Asep. “Pengelolaan Infrastruktur untuk Mendukung PLTS di Indonesia.” *Jurnal Manajemen Infrastruktur* vol.21, no. 2 ,2022,hal. 67–80.

Widiyani, Rosmha. "Teori Big Bang dalam Penciptaan Langit dan Bumi Menurut Al Qur'an." *Detikcom*, 2019. Diakses dari https:// inet.detik.com /science/d-4832745/teori.

Widodo, Joko. *Membangun Indonesia Hijau*. Jakarta: Sekretariat Negara, 2022.

Wijaya, Andy, and Sawidji Widoatmodjo. “Analisa Potensi dan Hambatan Penerapan Solar Photovoltaic terhadap Program Net-Zero Emission di Indonesia.” *Jurnal Manajemen Bisnis dan Kewirausahaan* vol.7, no. 3 ,2023, hal. 501-514. https://doi.org/10.24912/ jmbk.v7i3.23861.

Winter, Sidney G. “Understanding Dynamic Capabilities.” *Strategic Management Journal* vol.24, no. 10 ,2003,hal. 991-995. https://doi.org/10.1002/smj.318.

Wood, Allen J., Bruce F. Wollenberg, dan Gerald B. Sheblé. *Power Generation, Operation, and Control*. Hoboken, NJ: Wiley, 2014.

World Bank, “Green Bond Market Development in Emerging Economies “,*Washington, DC: World Bank*, 2022,hal. 33–39.

-------, State of *Electricity Access Report*. Washington, DC: World Bank, 2020.

-------, *Benchmarking Infrastructure Development 2020: Assessing Regulatory Quality to Prepare, Procure, and Manage PPPs and Traditional Public Investment in Infrastructure Projects*. Washington, DC: World Bank, 2020.

-------, *Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies*. Washington, DC: World Bank, 2020.

-------, *Electricity Access and Energy Transition*. Washington, DC: World Bank, 2020.

-------, *Floating Solar Handbook*. Washington, DC: World Bank, 2023.

-------, *Governance and Public Trust Indicators Report*. Washington, DC: World Bank, 2024.

-------, *Indonesia Solar Market and Bankability Assessment*. Washington, DC: World Bank, 2024.

-------, *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2023*. Washington, DC: World Bank, 2023.

-------, *Where Sun Meets Water: Floating Solar Handbook for Practitioners*. Washington, DC: World Bank, 2019.

World Commission on Environment and Development (WCED). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.

World Economic Forum. *Global Risks Report 2021*. 16th ed. Geneva: World Economic Forum, 2021.

-------, *The*, *Global Risks Report 2024*. Geneva: World Economic Forum, 2024.

World Energy Council. *Renewable Energy Projects Handbook*. London: World Energy Council, 2016.

Wüstenhagen, Rolf, and Maarten Wolsink. "Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept." *Energy Policy* vol.35, no. 5 ,2007, hal. 2683-2691.

Yadav, Ashiwani, *et.al.,* "Strategic Planning and Challenges to the Deployment of Renewable Energy Technologies in the World Scenario: Its Impact on Global Sustainable Development." *Environment, Development and Sustainability* ,vol.22 ,2020,hal.297–315

Yafie, Ali. *Merintis Fiqh Lingkungan Hidup*. Jakarta: UFUK Press, 2006.

Yager, R. R. "Fuzzy Multicriteria Decision Making." *Fuzzy Sets and Systems* vol.10, no. 3,1983, hal. 233–243.

Yahya, Harun. *Al Quran dan Sains: Memahami Metodologi Bimbingan Al Quran Bagi Sains*. Bandung: Penerbit Dzikra, 2004.

Yin, Robert K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. 6th ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2018.

Yunita, and Zahratul Idami. "Pengelolaan Lingkungan Hidup Menurut Perspektif Fiqih." *Jurnal Hukum Samudra Keadilan,*vol, 15, no. 2 ,2020,hal. 210-222. https://doi.org/10.33059 /jhsk.v15i2.2452.

Yuslem, Nawir. *Al-Burhan fi Ushul Fiqh: Kitab Induk Usul Fikih (Konsep Maslahah Imam al-Haramain al-Juwayni & Dinamika Hukum Islam)*. Cetakan ke-1. Bandung: Citapustaka, 2007.

Yusuf, Irfan. "Analisis Stakeholder dalam Proyek Energi Terbarukan." *Jurnal Manajemen Proyek Energi* vol.13, no. 2 ,2020, hal.15–28.

Zahra, Intan. "Tantangan dalam Pengembangan PLTS di Indonesia: Perspektif Manajerial." *Jurnal Pengelolaan Energi* vol.13, no. 3,2021, hal. 47–59.

Zahrah, Abū, Muḥammad ibn Aḥmad ibn Muṣṭafā ibn Aḥmad. *Zahrat al-Tafāsīr*. 10 jilid. Kairo: Dār al-Fikr al-ʿArabī, 1987.

Zarkasyi, Hamid Fahmy. *Misykat: Refleksi tentang Islam, Westernisasi dan Liberalisasi*. Jakarta: INSISTS, 2012.

Zhao, Wei. “Managing Multistakeholder Relationships in Solar Power Projects.” *Energy Policy,vol.* 135 , 2020, hal. 1054–1065.

Zhao, Xin, and Mei Li. “Renewable Energy Transition and Solar Energy Development: Global Trends and Challenges.” *Renewable Energy Journal*, vol 23, no 3,2022,hal. 45–62.

-------, “Stakeholder Analysis in Solar Power Projects: Implications for PLN and Local Communities.” *PhD diss.,* University of Melbourne, 2019.

Zięba, Marek. *Energy Governance and Sustainable Development*. London: Routledge, 2020.

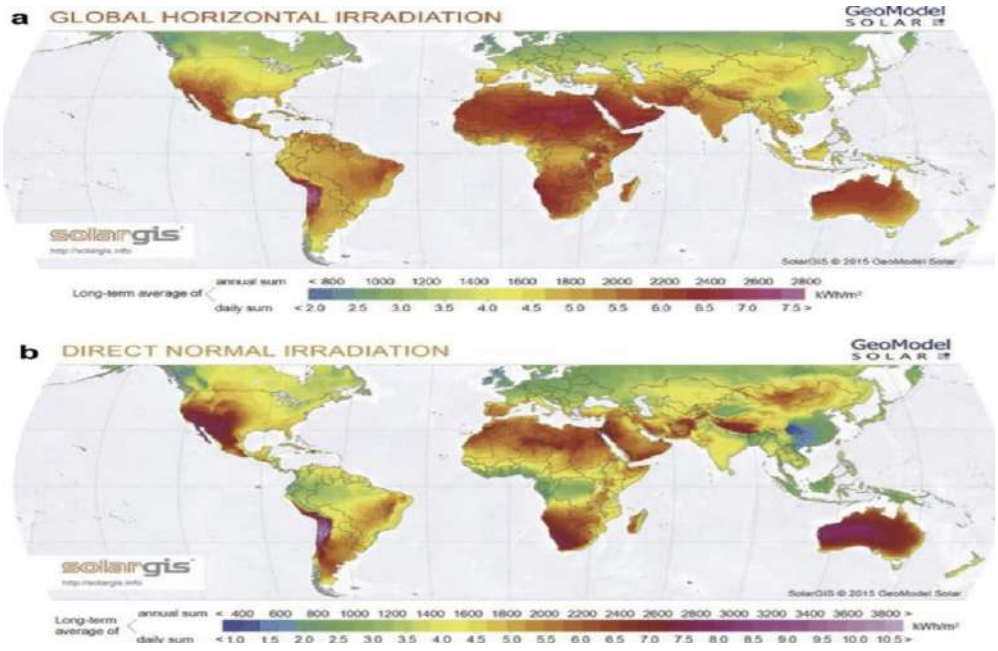
Zubair, Muhammad. *Islamic Perspectives on the Environment: A Guide to Sustainable Living*. New York: Routledge, 2018.

Zuhaili, Wahbah al-Din. *Tafsir al-Munir*. Diterjemahkan oleh Fatimah Zahra. Jakarta: Lentera Hati, 2021.

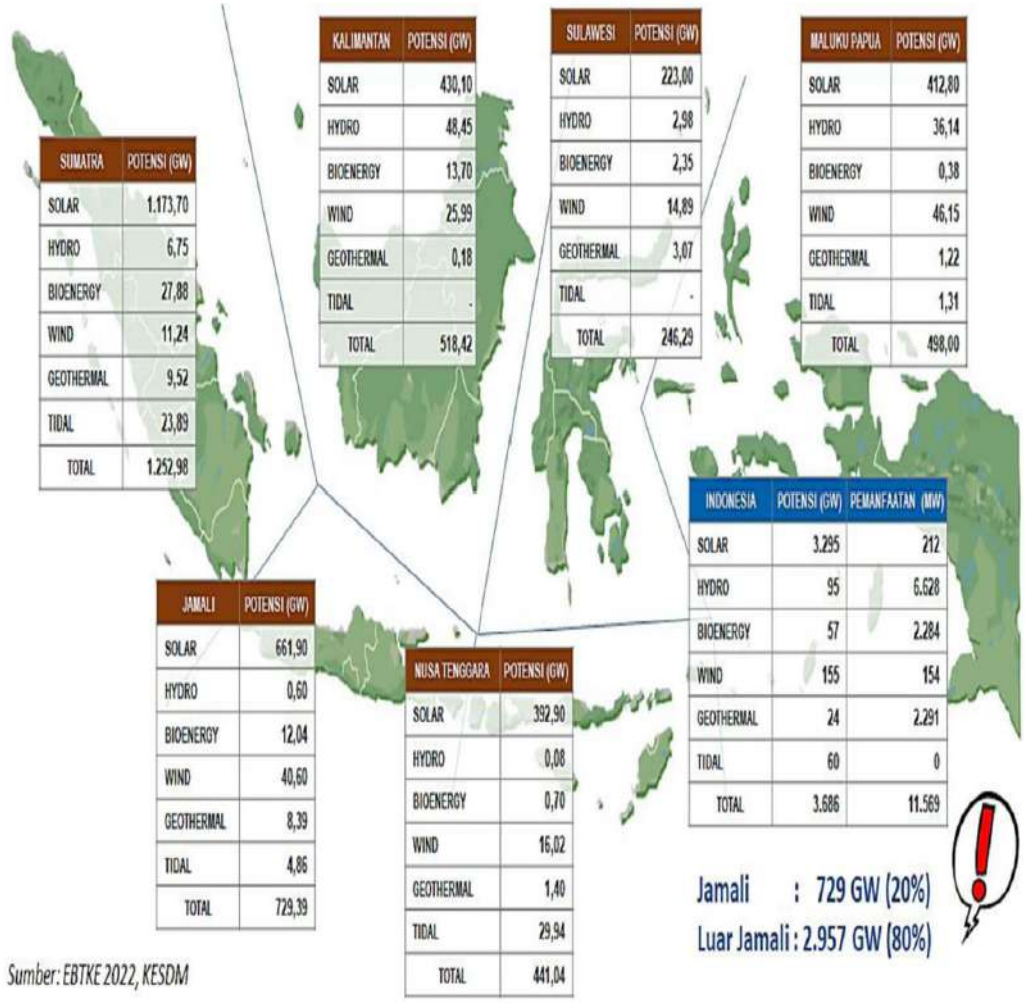
Zunaidi, Arif. “Productive Waqf in Maqasid Shariah Perspective.” *Al-’Adalah*, Vol. 25 No. 1 Tahun 2022, hal. 93–104. https://doi.org /10.35719 /aladalah.v25i1.286.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Global Intensitas Radiasi Matahari Berdasarkan Global Horizontal Irradiation (GHI) dan Direct Normal Irradiation (DNI sebagai Dasar Pengembangan Energi Surya (PLTS)



Lampiran 2. Sebaran Potensi EBT Indonesia Berdasarkan Wilayah Sistem Kelistrikan Nasional



Sumber: Direktorat Jenderal EBTKE, Kementerian ESDM RI, *Peta Sebaran Potensi Energi Baru Terbarukan Indonesia*, Jakarta, 2022.

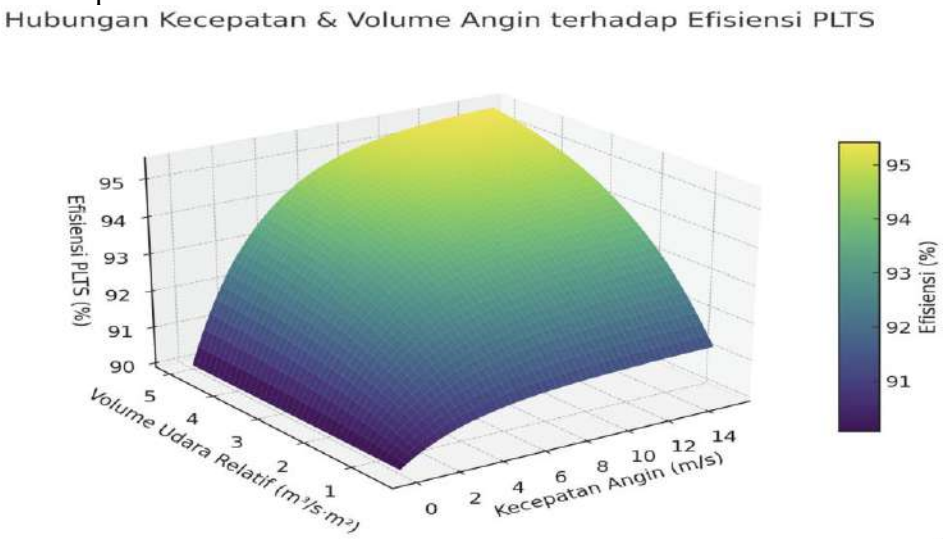
Lampiran 3. Ringkasan Potensi Teknis Solar PV Indonesia Berdasarkan Luas Area, Kapasitas, dan Potensi Energi`.

Table 8. Summary of solar PV technical potential in Indonesia (Scenario 4)

No	Province	Suitable Area (km^2)	Capacity Potential (GWp)	Generation Potential (TWh/year)
1	Aceh	2,094	86	120
2	Sumatera Utara	2,861	117	158
3	Sumatera Barat	873	36	49
4	Riau	7,059	289	375
5	Jambi	3,306	136	175
6	Sumatera Selatan	7,546	309	412
7	Bengkulu	371	15	22
8	Lampung	2,837	116	157
9	Kepulauan Bangka Belitung	2,546	104	137
10	Kepulauan Riau	310	13	17
11	DKI Jakarta	571	23	32
12	Jawa Barat	3,433	141	198
13	Jawa Tengah	4,637	190	280
14	DI Yogyakarta	677	28	41
15	Jawa Timur	4,607	189	289
16	Banten	935	38	52
17	Bali	507	21	32
18	Nusa Tenggara Barat	445	18	29
19	Nusa Tenggara Timur	6,203	254	416
20	Kalimantan Barat	3,421	140	188
21	Kalimantan Tengah	4,911	201	270
22	Kalimantan Selatan	2,158	88	116
23	Kalimantan Timur	3,660	150	194
24	Kalimantan Utara	933	38	52
25	Sulawesi Utara	263	11	16
26	Sulawesi Tengah	1,026	42	60
27	Sulawesi Selatan	1,033	42	62
28	Sulawesi Tenggara	1,781	73	105
29	Gorontalo	150	6	9
30	Sulawesi Barat	315	13	19
31	Maluku	1,544	63	90
32	Maluku Utara	295	12	17
33	Papua Barat	1,642	67	91
34	Papua	7,897	324	427
	Total	82,847	3,397	4,705

Note: The provinces are arranged based on official numbering by the Ministry of Home Affairs (MoHA, 2017) (see Appendix A for more details).

Lampiran 4. Visualisasi Pengaruh Kecepatan Angin dan Volume Udara terhadap Efisiensi Sistem PLTS

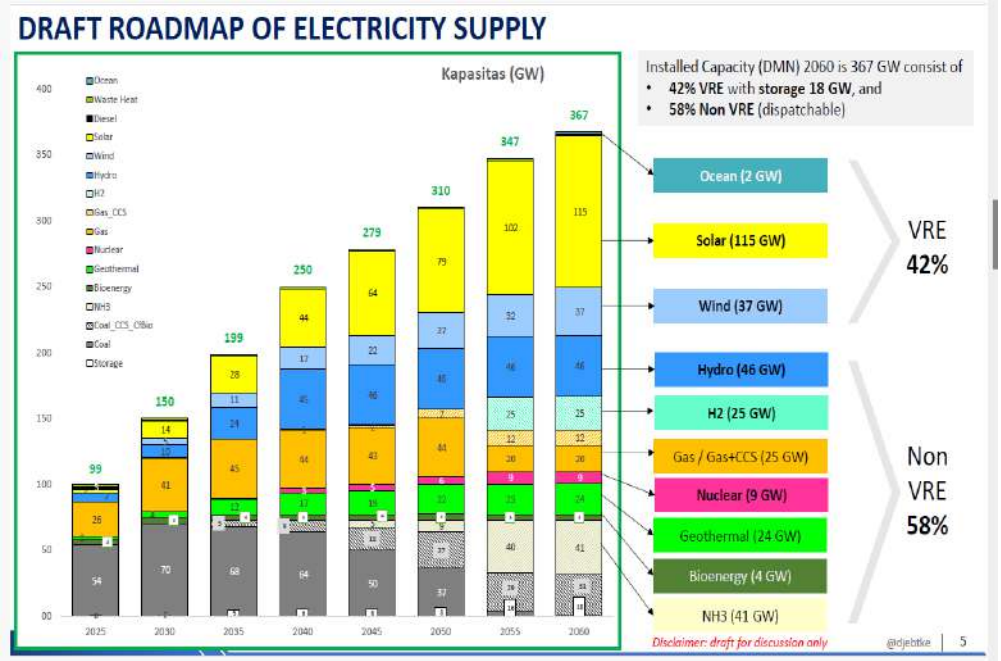


Lampiran 5. Komposisi Material dan Fungsi Teknis Lapisan Sel Surya Fotovoltaik pada Sistem PLTS

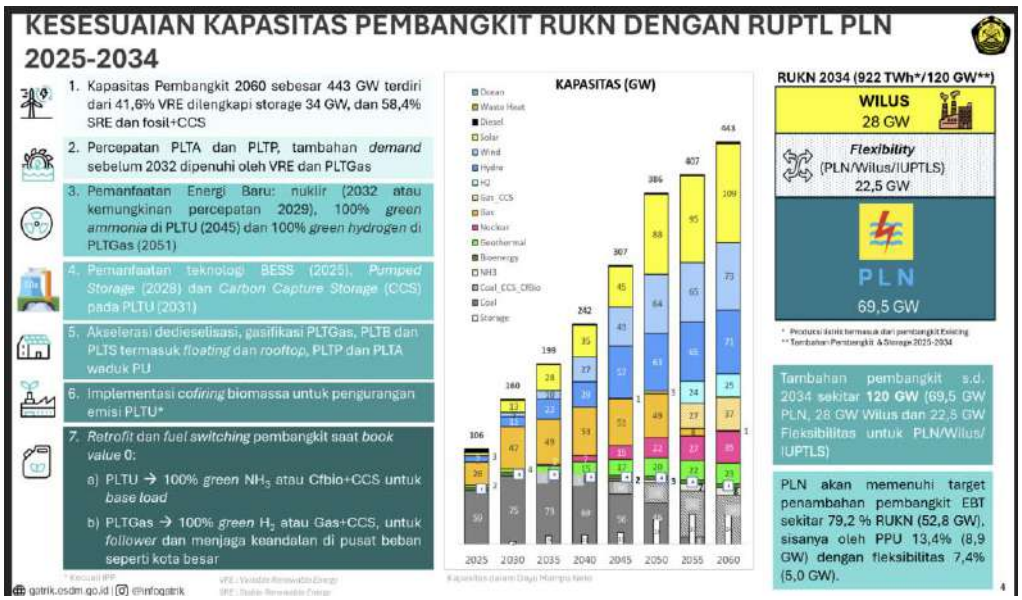
No	Nama Lapisan	Komposisi / Bahan	Fungsi Utama	Keterangan Teknis
1	Kaca Pelindung (Glass Cover)	Kaca tempered transparan tebal 3–4 mm	Melindungi lapisan dalam dari hujan, debu, dan benturan; menahan UV berlebihan.	Transmisi cahaya ≥ 91%.
2	Lapisan Anti-Refleksi (ARC)	SiNx (Silikon Nitrida) atau TiO_2	Mengurangi pantulan cahaya (reflektansi < 4%) sehingga lebih banyak foton diserap.	Warna kebiruan khas panel surya.
3	Lapisan Semikonduktor tipe-n	Silikon yang diberi doping *fosfor (P)*	Memiliki kelebihan elektron bebas → pembawa muatan negatif.	Ketebalan 0.3–0.5 µm.
4	Lapisan Semikonduktor tipe-p	Silikon yang diberi doping *boron (B)*	Kekurangan elektron → pembawa muatan positif (*holes*).	Ketebalan ±180 µm.
5	Sambungan p–n	Antara	Tempat terjadinya	Medan listrik

	Junction	lapisan tipe-p dan n	*efek fotovoltaik* — foton membebaskan elektron di area ini.	internal terbentuk di sini.
6	Kontak Depan (Front Contact Grid)	Logam perak (Ag) berbentuk jaring halus	Mengumpulkan elektron dari permukaan dan menyalurkannya ke sirkuit eksternal.	Garis logam tipis mengurangi bayangan (≤5%).
7	Kontak Belakang (Back Contact)	Aluminium (Al) atau perak (Ag)	Mereflesikan kembali foton dan menutup sirkuit arus listrik.	Menambah efisiensi penyerapan.
8	EVA (Ethylene Vinyl Acetate)	Polimer transparan elastis	Menyatukan dan melindungi lapisan sel dari getaran, air, dan oksigen.	Berfungsi sebagai “lem optik”.
9	Back Sheet (Lapisan Penutup Belakang)	PVF (Polyvinyl Fluoride) atau PET	Melindungi dari kelembapan, suhu tinggi, dan UV dari belakang.	Biasanya berwarna putih reflektif.
10	Frame (Bingkai Aluminium)	Aluminium anodized	Memberi kekuatan mekanik dan memudahkan pemasangan.	Isolator + tahan korosi

Lampiran 6.1. Proyeksi Kapasitas Pembangkit Nasional Berdasarkan menuju *Net Zero Emission* 2060(Sumber: DJEBTKE Draft Roadmap 2025–2060 (2024), Submit Agustus 24



Lampiran 6.2. Proyeksi Kapasitas Pembangkit Nasional Berdasarkan RUKN dan RUPTL PLN menuju *Net Zero Emission* 2060.



Lampiran 7. Tabel Proyeksi Pengembangan Kapasitas Pembangkit EBT dan Fosil dalam RUKN 2025–2060 Satuan: GW (Gigawatt)

Jenis Energi	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**	**2055**	**2060**
Coal (PLTU)	75	73	69	63	56	49	45	43
Coal + CCS + CfBio	0	0	0	3	5	8	10	12
Gas (PLTG/PLTGU)	46	47	49	51	53	54	55	56
Gas + CCS / H_2 / NH_3	0	0	0	0	1	3	4	5
Bioenergy	2	4	5	7	12	15	17	22
Geothermal (Panas Bumi)	9	11	15	17	20	22	24	25
Hydro (PLTA)	47	51	53	57	59	63	65	73
Wind (PLTB)	1	3	4	5	7	9	11	12
Solar (PLTS)	2	10	22	35	45	64	88	109
Nuclear (PLTN)	0	0	1	3	5	7	9	11
Ocean (PLTAL)	0	0	0	0	1	2	2	3
Waste Heat	0	0	0	0	0	1	1	2
Storage (BESS / Pumped Storage)	0	0	2	8	15	22	24	29
Total Kapasitas (GW)	182	199	242	307	386	407	421	443

Lampiran 8. Interkoneksi Supergrid dan Proyeksi Investasi Infrastruktur Ketenagalistrikan Nasional

Lampiran 9. Dinamika Kebijakan PLTS Atap dan Perubahan Skema NetMetering di Indonesia(Tiga Kali Perubahan Regulasi PLTS Atap di Indonesia)

No	Regulasi	Tahun	Pokok Perubahan	Status
1	Permen ESDM No. 49 Tahun 2018	2018	Memperkenalkan sistem Net Metering 65%, pelanggan PLN boleh menyalurkan listrik dari PLTS ke jaringan PLN dan mendapat kredit 65% dari energi ekspor.	Berlaku (dasar awal PLTS Atap)
2	Permen ESDM No. 26 Tahun 2021	2021	Mengubah rasio ekspor-impor menjadi 1:1 (100%), memperpanjang masa perjanjian hingga 25 tahun, menyederhanakan perizinan PLTS atap, dan menghapus biaya paralel bagi industri.	Revisi besar, pro-investasi PLTS
3	Permen ESDM No. 2 Tahun 2024	2024	Menghapus skema net metering sepenuhnya, menerapkan sistem self-consumption (tanpa ekspor energi), dan memperketat pengawasan teknis oleh PLN.	Regulasi terbaru, pro-stabilitas sistem PLN

Lampiran 10. Perbandingan Regulasi dan Insentif PLTS Atap antara Amerika Serikat dan Indonesia dalam Perspektif Transisi Energi

Aspek	**US Amerika Serikat**	**Indonesia**
Sistem Net Metering	Berlaku luas (1:1, dihitung kWh penuh).	Diperkenalkan 2018 (65%), dihapus 2024 (tidak berlaku lagi).
Insentif Pajak (ITC)	Potongan pajak 30% dari biaya PLTS.	Belum ada kebijakan nasional; hanya pembebasan PPN impor komponen PLTS tertentu.
Insentif Berbasis Kinerja (PBI)	Pembayaran berdasarkan kWh yang dihasilkan.	Tidak tersedia. Hanya proyek EBT tertentu (PLTB, PLTA) yang memiliki PPA berbasis kinerja.
Kebijakan Feed-in Tariff (FiT)	Ada di beberapa negara bagian (California, Hawaii, dll.).	Tidak berlaku untuk PLTS atap, hanya untuk pembangkit skala besar (utility scale).
Skema Self-consumption	Diterapkan opsional (pengguna dapat memilih).	Ditetapkan wajib sejak 2024 (tanpa ekspor ke grid).
Tujuan Regulasi Terbaru	Transisi energi berbasis masyarakat dan insentif pajak.	Menyeimbangkan beban PLN yang overcapacity dan menjaga stabilitas sistem.

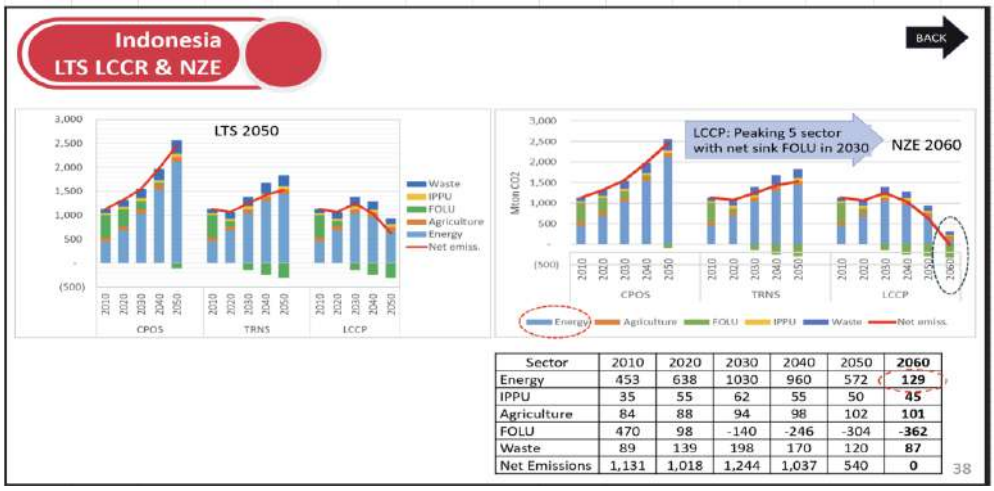
Lampiran 11. Tabel Perbandingan Faktor Emisi Pembangkit Listrik Berdasarkan Standar IPCC, IEA, NREL, dan Faktor Emisi Indonesia

TABEL PERBANDINGAN FAKTOR EMISI RESMI ($kgCO_2e/kWh$)
IPCC — IEA — NREL — Bappenas (Indonesia)
(Life-Cycle Emission Factors / Direct Generation Emission Factors)

No	Jenis Pembangkit	IPCC AR5 (2014) Life-cycle	IEA NZE 2050 (2021)	NREL LCA Database (2022)	Bappenas / Indonesia Grid/Plant Factor	Catatan Ilmiah
1	Solar PV	0.04–0.06	0.05	0.04–0.06	0 (tidak ada emisi langsung)	Sesuai global LCA, rendah
2	Wind	0.01–0.02	0.02	0.01–0.02	0	Terendah di semua teknologi
3	Hydropower	0.02–0.04	0.03	0.02–0.04	0.01–0.02 (tergantung reservoir)	Emisi CH_4 dari reservoir bisa naik
4	Geothermal	0.05–0.10	0.05	0.04–0.12	0.10–0.20	Ada fugitive gases CO_2/CH_4
5	Bioenergy	0.10–0.20	0.15	0.10–0.20	~0.15	Netral-karbon jika sustainable
6	Hydrogen (H_2)	—	0.10 (green mix)	0.10–0.12	—	Nilai bervariasi dengan sumber listrik
7	Ammonia (NH_3)	—	0.10	0.10	—	Biasanya dipakai co-firing
8	Gas (CCGT)	0.45–0.55	0.45	0.45–0.50	0.56 (Grid Indonesia Gas Share)	Direct emission + CH_4
9	Gas + CCS	0.10–0.15	0.10	0.10–0.15	—	85–90% CO_2 captured
10	Coal (Sub/SC)	0.82–1.05	0.95	0.90–1.10	0.92–1.00 (PLTU Indonesia)	Sumber emisi tertinggi
11	Coal + CCS	0.10–0.20	0.10	0.10–0.20	—	Bisa turun >90%
12	Nuclear	0.005–0.02	0.02	0.01–0.02	—	Rendah, mirip angin
13	Diesel	0.70–0.90	0.80	0.70–0.90	0.80–0.85 (PLTD Indonesia)	Tinggi, dipakai di daerah terpencil
14	Waste Heat	~0	~0	~0	—	Menggunakan panas sisa, hampir nol
15	Storage (Battery)	0 (operasional)	0	0	0	Emisi tergantung listrik pengisi

Kesimpulan Ilmiah yang Konsisten dengan Data Tabel
1. PLTS (PV) = 0.04–0.06 $kgCO_2/kWh$
Masuk kategori rendah, cocok untuk NZE 2060.
2. Angin – <0.02 $kgCO_2/kWh$
Teknologi terendah emisi, ideal sebagai base load hijau.
3. PLTU batubara – 0.95 $kgCO_2/kWh$
Sumber emisi terbesar → faktor utama dekarbonisasi PLN.

Lampiran 12. Proyeksi Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia Berdasarkan Skenario LTS-LCCR menuju *Net Zero Emission* 2060



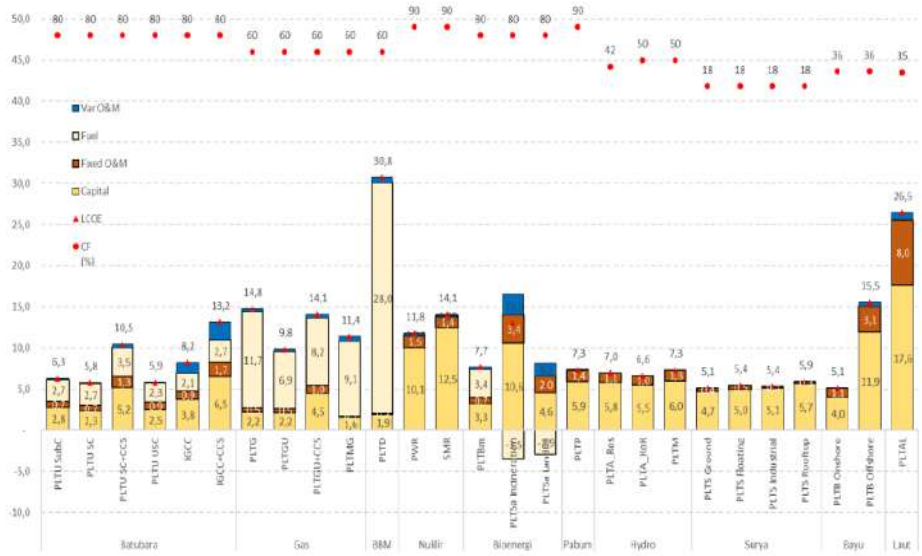
Sector	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Energy	453	638	1030	960	572	129
IPPU	35	55	62	55	50	45
Agriculture	84	88	94	98	102	101
FOLU	470	98	-140	-246	-304	-362
Waste	89	139	198	170	120	87
Net Emissions	1,131	1,018	1,244	1,037	540	0

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050* (Jakarta: KLHK, 2021), hal. 38.

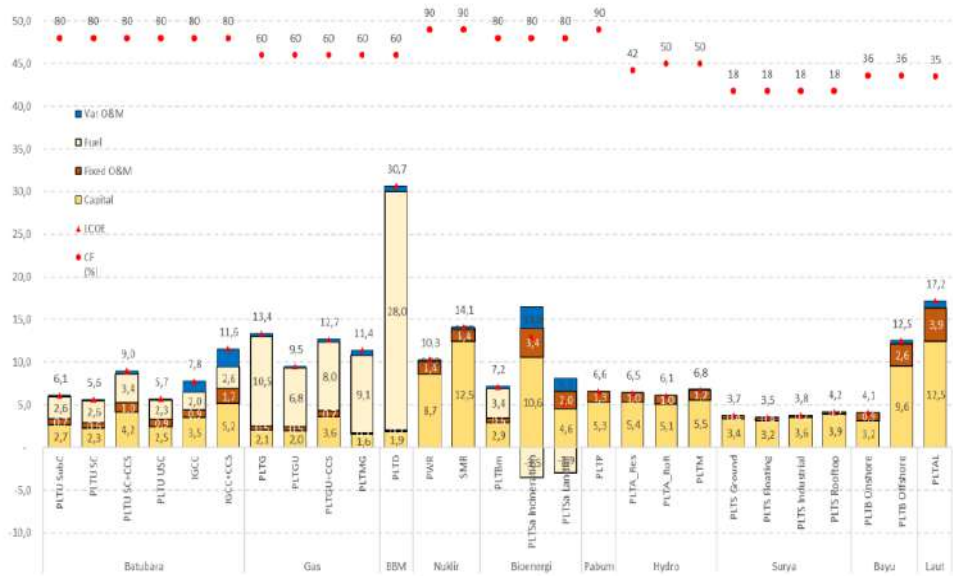
Lampiran 13. Roadmap Target Bauran Energi Primer dan Penurunan Emisi dalam Rancangan PP KEN Baru menuju NZE 2060

Sumber :Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *Rancangan Pembaruan Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN)*, Jakarta: Kementerian ESDM, 2023.

Lampiran 14. Proyeksi Levelized Cost of Electricity (LCOE) Berbagai Jenis Pembangkit Tahun 2030 dan 2050



Gambar 39. Proyeksi LCOE Pembangkit Tahun 2030



Gambar 40. Proyeksi LCOE Pembangkit Tahun 2050

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia dan Institute for Essential Services Reform (IESR), *Proyeksi LCOE Pembangkit Energi Indonesia Tahun 2030–2050*, Jakarta, 2023

Lampiran 15. Proyeksi Kapasitas Kelistrikan Global menuju *Net Zero Emission* 2050 Berdasarkan Skenario IEA

	Electrical Capacity (GW)					Shares (%)			CAAGR (%)	
	2019	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2050	2020-2030	2020-2050
Total capacity	7 484	7 795	14 933	26 384	33 415	100	100	100	6.7	5.0
Renewables	**2 707**	**2 994**	**10 293**	**20 732**	**26 568**	**38**	**69**	**80**	**13**	**7.5**
Solar PV	603	737	4 956	10 980	14 458	9	33	43	21	10
Wind	623	737	3 101	6 525	8 265	9	21	25	15	8.4
Hydro	1 306	1 327	1 804	2 282	2 599	17	12	8	3.1	2.3
Bioenergy	153	171	297	534	640	2	2	2	5.7	4.5
of which BECCS	-	-	*28*	*125*	*152*	-	*0*	*0*	*n.a.*	*n.a.*
CSP	6	6	73	281	426	0	0	1	28	15
Geothermal	15	15	52	98	126	0	0	0	13	7.4
Marine	1	1	11	32	55	0	0	0	34	16
Nuclear	**415**	**415**	**515**	**730**	**812**	**5**	**3**	**2**	**2.2**	**2.3**
Hydrogen-based	**-**	**-**	**139**	**1 455**	**1 867**	**-**	**1**	**6**	**n.a.**	**n.a.**
Fossil fuels with CCUS	**0**	**1**	**81**	**312**	**394**	**0**	**1**	**1**	**66**	**25**
Coal with CCUS	0	1	53	182	222	0	0	1	59	22
Natural gas with CCUS	-	-	28	130	171	-	0	1	n.a.	n.a.
Unabated fossil fuels	**4 351**	**4 368**	**3 320**	**1 151**	**677**	**56**	**22**	**2**	**-2.7**	**-6.0**
Coal	2 124	2 117	1 192	432	158	27	8	0	-5.6	-8.3
Natural gas	1 788	1 829	1 950	679	495	23	13	1	0.6	-4.3
Oil	440	422	178	39	25	5	1	0	-8.3	-9.0
Battery storage	**11**	**18**	**585**	**2 005**	**3 097**	**0**	**4**	**9**	**42**	**19**

198 International Energy Agency | Special Report

Sumber : International Energy Agency (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, revised version, October 2021 (4th revision), Paris: IEA, 2021, hlm. 198–199.

Lampiran 16. Proyeksi Emisi CO_2 Global Berdasarkan Skenario *Net Zero Emission* 2050 menurut International Energy Agency (IEA)

Table A.4: CO_2 emissions

	CO_2 emissions (Mt CO_2)					CAAGR (%)	
	2019	2020	2030	2040	2050	2020-2030	2020-2050
Total CO_2*	35 926	33 903	21 147	6 316	0	-4.6	n.a.
Combustion activities (+)	33 499	31 582	19 254	6 030	940	-4.8	-11
Coal	14 660	14 110	5 915	1 299	195	-8.3	-13
Oil	11 505	10 264	7 426	3 329	928	-3.2	-7.7
Natural gas	7 259	7 138	5 960	1 929	566	-1.8	-8.1
Bioenergy and waste	75	71	- 48	- 528	- 748	n.a.	n.a.
Industry removals (-)	1	1	214	914	1 186	75	28
Biofuels production	1	1	142	385	553	68	24
Direct air capture	-	-	71	528	633	n.a.	n.a.
Electricity and heat sectors	13 821	13 504	5 816	- 81	- 369	-8.1	n.a.
Coal	10 035	9 786	2 950	102	69	-11	-15
Oil	655	628	173	6	6	-12	-14
Natural gas	3 131	3 089	2 781	268	128	-1.0	-10
Bioenergy and waste	-	-	- 87	- 457	- 572	n.a.	n.a.
Other energy sector*	1 457	1 472	679	- 85	- 368	-7.4	n.a.
Final consumption*	20 647	18 928	14 723	7 011	1 370	-2.5	-8.4
Coal	4 486	4 171	2 935	1 186	117	-3.5	-11
Oil	10 272	9 077	6 973	3 242	880	-2.6	-7.5
Natural gas	3 451	3 332	2 668	1 453	303	-2.2	-7.7
Bioenergy and waste	75	71	40	- 70	- 176	-5.6	n.a.
Industry*	8 903	8 478	6 892	3 485	519	-2.0	-8.9
Iron and steel	2 507	2 349	1 778	859	220	-2.7	-7.6
Chemicals	1 344	1 296	1 199	654	66	-0.8	-9.5
Cement	2 461	2 334	1 899	906	133	-2.0	-9.1
Transport	8 290	7 153	5 719	2 686	689	-2.2	-7.5
Road	6 116	5 483	4 077	1 793	340	-2.9	-8.9
Passenger cars	3 121	2 746	1 626	547	85	-5.1	-11
Trucks	1 835	1 721	1 614	890	198	-0.6	-6.9
Aviation	1 019	621	783	469	210	2.4	-3.5
Shipping	883	800	705	348	122	-1.3	-6.1
Buildings	3 007	2 860	1 809	685	122	-4.5	-10
Residential	2 030	1 968	1 377	541	108	-3.5	-9.2
Services	977	892	432	144	14	-7.0	-13
Total CO_2 removals	1	1	317	1 457	1 936	79	29
Total CO_2 captured	40	40	1 665	5 619	7 602	45	19

**Includes industrial process emissions.*

Lampiran 17. Perbandingan Capital Cost, Capacity Factor, dan LCOE Teknologi Pembangkit Listrik di Berbagai Negara dalam Skenario NZE

Table B.1 ▷ Electricity generation technology costs by selected region in the NZE

	Financing rate (%)	Capital costs ($/kW)			Capacity factor (%)			Fuel, CO_2 and O&M ($/MWh)			LCOE ($/MWh)		
	All	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
United States													
Nuclear	8.0	5 000	4 800	4 500	90	80	75	30	30	30	105	110	110
Coal	8.0	2 100	2 100	2 100	20	*n.a.*	*n.a.*	90	170	235	220	*n.a.*	*n.a.*
Gas CCGT	8.0	1 000	1 000	1 000	55	25	*n.a.*	50	80	105	70	125	*n.a.*
Solar PV	3.7	1 140	620	420	21	22	23	10	10	10	50	30	20
Wind onshore	3.7	1 540	1 420	1 320	42	43	44	10	10	10	35	35	30
Wind offshore	4.5	4 040	2 080	1 480	42	46	48	35	20	15	115	60	40
European Union													
Nuclear	8.0	6 600	5 100	4 500	75	75	70	35	35	35	150	120	115
Coal	8.0	2 000	2 000	2 000	20	*n.a.*	*n.a.*	120	205	275	250	*n.a.*	*n.a.*
Gas CCGT	8.0	1 000	1 000	1 000	40	20	*n.a.*	65	95	120	100	150	*n.a.*
Solar PV	3.2	790	460	340	13	14	14	10	10	10	55	35	25
Wind onshore	3.2	1 540	1 420	1 300	29	30	31	15	15	15	55	45	40
Wind offshore	4.0	3 600	2 020	1 420	51	56	59	15	10	5	75	40	25
China													
Nuclear	7.0	2 800	2 800	2 500	80	80	80	25	25	25	65	65	60
Coal	7.0	800	800	800	60	*n.a.*	*n.a.*	75	135	195	90	*n.a.*	*n.a.*
Gas CCGT	7.0	560	560	560	45	35	*n.a.*	75	100	120	90	115	*n.a.*
Solar PV	3.5	750	400	280	17	18	19	10	5	5	40	25	15
Wind onshore	3.5	1 220	1 120	1 040	26	27	27	15	10	10	45	40	40
Wind offshore	4.3	2 840	1 560	1 000	34	41	43	25	15	10	95	45	30
India													
Nuclear	7.0	2 800	2 800	2 800	70	70	70	30	30	30	75	75	75
Coal	7.0	1 200	1 200	1 200	50	*n.a.*	*n.a.*	35	50	75	65	*n.a.*	*n.a.*
Gas CCGT	7.0	700	700	700	55	50	*n.a.*	45	45	50	55	60	*n.a.*
Solar PV	5.8	580	310	220	20	21	21	5	5	5	35	20	15
Wind onshore	5.8	1 040	980	940	26	28	29	10	10	10	50	45	40
Wind offshore	6.6	2 980	1 680	1 180	32	37	38	25	15	10	130	70	45

Notes: O&M = operation and maintenance; LCOE = levelised cost of electricity; kW = kilowatt; MWh = megawatt-hour; CCGT = combined-cycle gas turbine; n.a. = not applicable. Cost components and LCOE figures are rounded.

Sources: IEA analysis; IRENA Renewable Costing Alliance; IRENA (2020).

Lampiran 18. Tabel Emisi Energi dan Kontribusi PLTS Menuju NZE 2060**Keterangan.**

Tahun	**Emisi Energi ($MtCO_2e$)**	**Emisi Nasional ($MtCO_2e$)**	**Kontribusi Energi**	**Kapasitas PLTS (GW)**	**Potensi Reduksi Emisi oleh PLTS ($MtCO_2$/th)****
2020	638	1.018	62,7%	< 1	Sangat kecil
2025	914–984	-	-	1,94	8,08
2030	1.030–1.223	1.244	82,8%	13,64	56,74
2040	960–1.085	1.037	92,6%	43,14	179,49
2050	572–598	540	>100%*	77,26	321,46
2060	129	0 (NZE)	N/A	109,91	457,33

Keterangan

*) Persentase kontribusi energi melebihi 100% karena sektor lain, terutama **FOLU Net Sink**, telah menjadi penyerap karbon bersih sehingga total emisi nasional lebih kecil daripada emisi sektor energi.

**) Daya PLTS (1.94 GW) x (EF PLTU-EFPLTS)*365*24*0.5 * 1 GW/kwh CO2e
EF = Faktor Emisi (Emisi Factor) dlam kg Co2/kwh.
Misal PLTS th 2025 data RUKN 1.94 GW m maka Emisinya dalam 1 th+= 1.94 GW *(0.95-0,05)*365 hari x 24 jam x0,5=8.08 Mtco2 /th

Lampiran 19. Tabel Derivasi Kata dari Term-Term Sinkronisasi dalam Al-Qur'an

Tabel Lampiran 19.1. Kata Derivasi "ص – ف – ف" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	Al-Kahf (18) : 48	صَفًّا	Isim	berbaris
2	Ta Ha (20) : 64	صَفًّا	Isim	berbaris
3	Al-Hajj (22) : 36	صَوَآفَّ	Isim	berbaris
4	An-Nur (24) : 41	صَٰٓفَّٰتٍ	Isim	yang mengembangkan sayap
5	37. As-Saffat (37) : 1	وَالصَّٰٓفَّٰتِ	Isim	demi yang berbaris
6	As-Saffat (37) : 1	صَفًّا	Isim	barisan teratur
7	As-Saffat (37) : 165	لَصَآفُّونَ	Isim	bersaf-saf
8	At-Tur (52) : 20	مَصْفُوفَةٍ	Isim	yang teratur
9	As-Saff (61) : 4	صَفًّا	Isim	suatu barisan
10	Al-Mulk (67) : 19	صَٰٓفَّٰتٍ	Isim	yang mengembangkan sayap

11	An-Naba' (78) : 38	صَفًّا	Isim	bersaf-saf
12	Al-Ghasyiyah (88) : 15	مَصْفُوفَةٌ	Isim	yang tersusun
13	Al-Fajr (89) : 22	صَفًّا	Isim	(dengan) berbaris
14	Al-Fajr (89) : 22	صَفًّا	Isim	baris

Tabel Lampiran 19.2. Kata Derivasi بِقَدَرٍ (ق د ر) dalam Al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti
1	QS. Al-Baqarah (2):20	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
2	QS. Al-Baqarah (2):106	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
3	QS. Al-Baqarah (2):109	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
4	QS. Al-Baqarah (2):148	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
5	QS. Al-Baqarah (2):236	قَدَرُهُ	Isim	Kemampuannya
6	QS. Al-Baqarah (2):259	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
7	QS. Al-Baqarah (2):264	يَقْدِرُونَ	Fi'il	Mereka menguasai
8	QS. Al-Baqarah (2):284	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
9	QS. Āli 'Imrān (3):26	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa

10	QS. Āli ‘Imrān (3):29	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
11	QS. Āli ‘Imrān (3):165	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
12	QS. Āli ‘Imrān (3):189	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
13	QS. An-Nisā’ (4):133	قَدِيرًا	Isim	Maha Kuasa
14	QS. An-Nisā’ (4):149	قَدِيرًا	Isim	Maha Kuasa
15	QS. Al-Mā’idah (5):17	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
16	QS. Al-Mā’idah (5):19	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
17	QS. Al-Mā’idah (5):34	تَقْدِرُوا	Fi‘il	Kalian menguasai
18	QS. Al-Mā’idah (5):40	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
19	QS. Al-Mā’idah (5):120	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
20	QS. Al-An‘ām (6):17	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
21	QS. Al-An‘ām (6):37	قَادِرٌ	Isim	Berkuasa
22	QS. Al-An‘ām (6):65	الْقَادِرُ	Isim	Yang Berkuasa
23	QS. Al-An‘ām (6):91	قَدَرُوا	Fi‘il	Mereka memuliakan / mengagungkan
24	QS. Al-An‘ām (6):91	قَدْرِهِ	Isim	Kemuliaan-Nya / ukuran-Nya
25	QS. Al-An‘ām (6):96	تَقْدِيرُ	Isim	Ketentuan
26	QS. Al-Anfāl (8):41	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
27	QS. At-Taubah (9):39	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
28	QS. Yūnus (10):5	وَقَدَّرَهُ	Fi‘il	Dan Dia menetapkannya
29	QS. Yūnus (10):24	قَادِرُونَ	Isim	Orang-orang yang berkuasa
30	QS. Hūd (11):4	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
31	QS. Ar-Ra‘d (13):8	بِمِقْدَارٍ	Isim	Dengan ukuran

32	QS. Ar-Ra‘d (13):17	بِقَدَرِهَا	Isim	Menurut ukurannya
33	QS. Ar-Ra‘d (13):26	وَيَقْدِرُ	Fi‘il	Dan Dia menyempitkan
34	QS. Ibrāhīm (14):18	يَقْدِرُونَ	Fi‘il	Mereka menguasai
35	QS. Al-Ḥijr (15):21	بِقَدَرٍ	Isim	Dengan ukuran
36	QS. Al-Ḥijr (15):60	قَدَّرْنَا	Fi‘il	Kami telah menentukan
37	QS. An-Naḥl (16):70	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
38	QS. An-Naḥl (16):75	يَقْدِرُ	Fi‘il	Berkuasa
39	QS. An-Naḥl (16):76	يَقْدِرُ	Fi‘il	Berkuasa
40	QS. An-Naḥl (16):77	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
41	QS. Al-Isrā’ (17):30	وَيَقْدِرُ	Fi‘il	Dan Dia menentukan
42	QS. Al-Isrā’ (17):99	قَادِرٌ	Isim	Berkuasa
43	QS. Al-Kahf (18):45	مُقْتَدِرًا	Isim	Maha Berkuasa
44	QS. Al-Kahf (18):45	مُقْتَدِرًا	Isim	Maha Kuasa
45	QS. Ṭāhā (20):40	قَدَرٍ	Isim	Ketetapan waktu
46	QS. Al-Anbiyā’ (21):87	نَقْدِرَ	Fi‘il	Kami berkuasa
47	QS. Al-Ḥajj (22):6	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
48	QS. Al-Ḥajj (22):39	لَقَدِيرٌ	Isim	Sungguh Maha Kuasa
49	QS. Al-Ḥajj (22):74	قَدَرُوا	Fi‘il	Mereka mengagungkan
50	QS. Al-Ḥajj (22):74	قَدْرِهِ	Isim	Keagungan-Nya
51	QS. Al-Mu’minūn (23):18	بِقَدَرٍ	Isim	Dengan ukuran
52	QS. Al-Mu’minūn (23):18	لَقَادِرُونَ	Isim	Benar-benar berkuasa

53	QS. Al-Mu'minūn (23):95	لَقَادِرُونَ	Isim	Benar-benar berkuasa
54	QS. An-Nūr (24):45	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
55	QS. Al-Furqān (25):2	فَقَدَّرَهُ	Fi'il	Lalu menetapkannya
56	QS. Al-Furqān (25):2	تَقْدِيرًا	Isim	Dengan ukuran yang sempurna
57	QS. Al-Furqān (25):54	قَدِيرًا	Isim	Maha Kuasa
58	QS. An-Naml (27):57	قَدَّرْنَاهَا	Fi'il	Kami telah menetapkannya
59	QS. Al-Qaṣaṣ (28):82	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dan Dia menyempitkan
60	QS. Al-'Ankabūt (29):20	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
61	QS. Al-'Ankabūt (29):62	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dan Dia menyempitkan
62	QS. Ar-Rūm (30):37	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dan Dia menyempitkan
63	QS. Ar-Rūm (30):50	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
64	QS. Ar-Rūm (30):54	الْقَدِيرُ	Isim	Yang Maha Kuasa
65	QS. As-Sajdah (32):5	مِقْدَارُهُ	Isim	Kadarnya
66	QS. Al-Aḥzāb (33):27	قَدِيرًا	Isim	Maha Kuasa
67	QS. Al-Aḥzāb (33):38	قَدَرًا	Isim	Ketetapan
68	QS. Al-Aḥzāb (33):38	مَقْدُورًا	Isim	Yang telah ditetapkan
69	QS. Saba' (34):11	وَقَدِّرْ	Fi'il	Ukurlah
70	QS. Saba' (34):13	وَقُدُورٍ	Isim	Periuk-periuk
71	QS. Saba' (34):18	وَقَدَّرْنَا	Fi'il	Kami tetapkan
72	QS. Saba' (34):36	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dia menyempitkan
73	QS. Saba' (34):39	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dia menyempitkan

74	QS. Fāṭir (35):1	قَدِيرٌ	Isim	Maha Kuasa
75	QS. Fāṭir (35):44	قَدِيرًا	Isim	Maha Kuasa
76	QS. Yāsīn (36):38	تَقْدِيرُ	Isim	Ketetapan
77	QS. Yāsīn (36):39	قَدَّرْنَاهُ	Fi'il	Kami tetapkan baginya
78	QS. Yāsīn (36):81	بِقَادِرٍ	Isim	Yang berkuasa
79	QS. Az-Zumar (39):52	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Dan Dia menentukan
80	QS. Az-Zumar (39):67	قَدَرُوا	Fi'il	Mereka mengagungkan
81	QS. Az-Zumar (39):67	قَدْرِهِ	Isim	Keagungan-Nya
82	QS. Fuṣṣilat (41):10	وَقَدَّرَ	Fi'il	Dan Dia menentukan
83	Fuṣṣilat 41:12	تَقْدِيْرُ	Isim	Ketentuan
84	Fuṣṣilat 41:39	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
85	Asy-Syūrā 42:9	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
86	Asy-Syūrā 42:12	وَيَقْدِرُ	Fi'il	Menyempitkan / menentukan
87	Asy-Syūrā 42:27	بِقَدَرٍ	Isim	Dengan kadar
88	Asy-Syūrā 42:29	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
89	Asy-Syūrā 42:50	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
90	Az-Zukhruf 43:11	بِقَدَرٍ	Isim	Dengan ukuran
91	Az-Zukhruf 43:42	مُقْتَدِرُوْنَ	Isim	Yang berkuasa
92	Al-Aḥqāf 46:33	بِقَادِرٍ	Isim	Yang Kuasa
93	Al-Aḥqāf 46:33	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
94	Al-Fatḥ 48:21	تَقْدِرُوْا	Fi'il	Kalian menguasai
95	Al-Fatḥ 48:21	قَدِيْرًا	Isim	Maha Kuasa
96	Al-Qamar 54:12	قُدِرَ	Fi'il	Telah ditetapkan
97	Al-Qamar 54:42	بِمُقْتَدِرٍ	Isim	Yang Maha Berkuasa
98	Al-Qamar 54:49	بِقَدَرٍ	Isim	Dengan ukuran

99	Al-Qamar 54:55	مُقْتَدِرٍ	Isim	Yang Maha Berkuasa
100	Al-Wāqi'ah 56:60	قَدَّرْنَا	Fi'il	Kami telah menentukan
101	Al-Ḥadīd 57:2	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
102	Al-Ḥadīd 57:29	يَقْدِرُوْنَ	Fi'il	Mereka menguasai
103	Al-Ḥasyr 59:6	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
104	Al-Mumtaḥanah 60:7	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
105	At-Taghābun 64:1	قَدِيْرٌ	Isim l	Maha Kuasa
106	At-Ṭalāq 65:3	قَدَرًا	Isim	Ukuran
107	At-Ṭalāq 65:7	قُدِرَ	Fi'il	Ditentukan / disempitkan
108	At-Ṭalāq 65:12	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
109	At-Taḥrīm 66:8	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
110	Al-Mulk 67:1	قَدِيْرٌ	Isim	Maha Kuasa
111	Al-Qalam 68:25	قَادِرِيْنَ	Isim	Orang-orang yang mampu
112	Al-Ma'ārij 70:4	مِقْدَارُهُ	Isim	Kadarnya
113	Al-Ma'ārij 70:40	لَقَادِرُوْنَ	Isim	Benar-benar Maha Kuasa
114	Al-Muzzammil 73:20	يُقَدِّرُ	Fi'il	Menetapkan
115	Al-Muddatstsir 74:18	وَقَدَّرَ	Fi'il	Dan telah menetapkan
116	Al-Muddatstsir 74:19	قَدَّرَ	Fi'il	Dia menetapkan
117	Al-Muddatstsir 74:20	قَدَّرَ	Fi'il	Dia menetapkan
118	Al-Qiyāmah 75:4	قَادِرِيْنَ	Isim	Kami berkuasa
119	Al-Qiyāmah 75:40	بِقَادِرٍ	Isim	Yang Kuasa
120	Al-Insān 76:16	قَدَّرُوْهَا	Fi'il	Mereka mengukurnya
121	Al-Insān 76:16	تَقْدِيْرًا	Isim	Dengan ukuran
122	Al-Mursalāt 77:22	قَدَرٍ	Isim	Ketentuan
123	Al-Mursalāt 77:23	فَقَدَرْنَا	Fi'il	Lalu Kami menentukan
124	Al-Mursalāt 77:23	الْقَادِرُوْنَ	Isim	Yang menentukan

125	'Abasa 80:19	فَقَدَّرَهُ	Fi'il	Lalu Dia menentukannya
126	Aṭ-Ṭāriq 86:8	لَقَادِرٌ	Isim	Benar-benar Maha Kuasa
127	Al-A'lā 87:3	فَقَدَّرَ	Fi'il	Menentukan
128	Al-Fajr 89:16	فَقَدَرَ	Fi'il	Membatasi
129	Al-Balad 90:5	يَقْدِرَ	Fi'il	Berkuasa
130	Al-Qadr 97:1	الْقَدْرِ	Isim	Kemuliaan / Ketetapan
131	Al-Qadr 97:2	الْقَدْرِ	Isim	Kemuliaan / Ketetapan
132	Al-Qadr 97:3	الْقَدْرِ	Isim	Kemuliaan / Ketetapan

Tabel Lampiran 19.3.. Kata Derivasi "ع – و – ن" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	Al-Baqarah (2) : 153	أَسْتَعِينُواْ	Fi'il	mohonlah pertolongan
2	Al-Ma'idah (5) : 2	وَتَعَاوَنُواْ	Fi'il	dan tolong menolonglah kalian
3	Al-Ma'idah (5) : 2	تَعَاوَنُواْ	Fi'il	kalian tolong menolong
4	Al-A'raf (7) : 128	أَسْتَعِينُواْ	Fi'il	mohonlah pertolongan
5	Yusuf (12) : 18	اَلْمُسْتَعَانُ	Isim	tempat memohon pertolongan
6	Al-Kahf (18) : 95	فَأَعِينُونِي	Fi'il	maka bantulah aku
7	Al-Anbiya' (21) : 112	اَلْمُسْتَعَانُ	Isim	tempat memohon pertolongan
8	Al-Furqan (25) : 4	وَأَعَانَهُ	Fi'il	dan membantunya
9	Al-Ma'un (107) : 7	اَلْمَاعُونَ	Isim	pertolongan
10	Al-Kahf (18) : 95	فَأَعِينُونِي	Fi'il	maka bantulah aku
11	Al-Anbiya' (21) : 112	اَلْمُسْتَعَانُ	Isim	tempat memohon pertolongan
12	Al-Furqan (25) : 4	وَأَعَانَهُ	Fi'il	dan membantunya
13	Al-Ma'un (107) : 7	اَلْمَاعُونَ	Isim	pertolongan

Tabel Lampiran 19.4. Kata Derivasi "س – و - ي" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	Al-Baqarah (2) : 6	سَوَآءٌ	Isim	sama
2	Al-Baqarah (2) : 29	اَسْتَوٰىٓ	Fi'il	Dia menuju
3	Al-Baqarah (2) : 29	فَسَوّٰىهُنَّ	Fi'il	lalu Dia menyempurnakan
4	Al-Baqarah (2) : 108	سَوَآءَ	Isim	lurus
5	Ali 'Imran (3) : 64	سَوَآءٍ	Isim	yang sama
6	Ali 'Imran (3) : 113	سَوَآءً	Isim	sama
7	An-Nisa' (4) : 42	تُسَوّٰى	Fi'il	disama-ratakan
8	An-Nisa' (4) : 89	سَوَآءً	Isim	sama
9	An-Nisa' (4) : 95	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
10	Al-Ma'idah (5) : 12	سَوَآءَ	Isim	lurus
11	Al-Ma'idah (5) : 60	سَوَآءَ	Isim	lurus
12	Al-Ma'idah (5) : 77	سَوَآءَ	Isim	lurus
13	Al-Ma'idah (5) : 100	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
14	Al-An'am (6) : 50	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
15	Al-A'raf (7) : 54	اَسْتَوٰى	Fi'il	Dia bersemayam
16	Al-A'raf (7) : 193	سَوَآءٌ	Isim	sama saja
17	Al-Anfal (8) : 58	سَوَآءٍ	Isim	sama
18	Al-Taubah (9) : 19	يَسْتَوٗنَ	Fi'il	mereka sama
19	Yunus (10) : 3	اَسْتَوٰى	Fi'il	Dia bersemayam
20	Hud (11) : 24	يَسْتَوِيَانِ	Fi'il	sama keduanya
21	Hud (11) : 44	وَاسْتَوَتْ	Fi'il	dan berlabuh
22	Ar-Ra'd (13) : 2	اَسْتَوٰى	Fi'il	Dia bersemayam
23	Ar-Ra'd (13) : 10	سَوَآءٌ	Isim	sama saja
24	Ar-Ra'd (13) : 16	تَسْتَوِي	Fi'il	sama
25	Ar-Ra'd (13) : 16	تَسْتَوِي	Fi'il	sama
26	Ibrahim (14) : 21	سَوَآءٌ	Isim	sama saja
27	Al-Hijr (15) : 29	سَوَّيْتُهٗ	Fi'il	Aku telah menyempurnakannya
28	An-Nahl (16) : 71	سَوَآءٌ	Isim	sama
29	An-Nahl (16) : 75	يَسْتَوٗنَ	Fi'il	mereka sama
30	An-Nahl (16) : 76	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
31	Al-Kahf (18) : 37	سَوّٰىكَ	Fi'il	Dia menyempurnakanmu
32	Al-Kahf (18) : 96	سَاوٰى	Fi'il	telah sama
33	Maryam (19) : 10	سَوِيًّا	Isim	dalam keadaan sehat
34	Maryam (19) : 17	سَوِيًّا	Isim	yang normal
35	Maryam (19) : 43	سَوِيًّا	Isim	yang lurus
36	Ta Ha (20) : 5	اَسْتَوٰى	Fi'il	Dia bersemayam
37	Ta Ha (20) : 58	سُوًى	Isim	yang sama
38	Ta Ha (20) : 135	اَلسَّوِيِّ	Isim	sama
39	Al-Anbiya' (21) :	سَوَآءٍ	Isim	sama

	109			
40	Al-Hajj (22) : 25	سَوَاءً	Isim	sama
41	Al-Mu'minun (23) : 28	اِسْتَوَيْتَ	Fi'il	kamu telah naik
42	Al-Furqan (25) : 59	اَسْتَوَىٰ	Fi'il	Dia bersemayam
43	Asy-Syu'ara' (26) : 98	نُسَوِّيكُم	Fi'il	kita mempersamakan kalian
44	Asy-Syu'ara' (26) : 136	سَوَاءٌ	Isim	sama saja
45	Al-Qasas (28) : 14	وَاسْتَوَىٰ	Fi'il	dan dia telah sempurna
46	Al-Qasas (28) : 22	سَوَاءَ	Isim	lurus
47	Ar-Rum (30) : 28	سَوَاءٌ	Isim	sama
48	As-Sajdah (32) : 4	اَسْتَوَىٰ	Fi'il	Dia bersemayam
49	As-Sajdah (32) : 9	ّ َ ٰهُvسَ	Fi'il	Dia menyempurnakannya
50	As-Sajdah (32) : 18	يَسْتَوُۥنَ	Fi'il	mereka sama
51	Fathir (35) : 12	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
52	Fathir (35) : 19	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
53	Fathir (35) : 22	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
54	Ya Sin (36) : 10	وَسَوَاءٌ	Isim	dan sama saja
55	Ash-Shaffat (37) : 55	سَوَاءِ	Isim	tengah-tengah
56	Sad (38) : 22	سَوَاءِ	Isim	sama(lurus)
57	Sad (38) : 72	سَوَّيْتُهُۥ	Fi'il	Aku telah menyempurnakannya
58	Az-Zumar (39) : 9	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
59	Az-Zumar (39) : 29	يَسْتَوِيَانِ	Fi'il	keduanya sama
60	Ghafir (40) : 58	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
61	Fussilat (41) : 10	سَوَاءً	Isim	sama
62	Fussilat (41) : 11	اِسْتَوَىٰ	Fi'il	Dia menuju
63	Fussilat (41) : 34	تَسْتَوِي	Fi'il	sama
64	Az-Zukhruf (43) : 13	لِتَسْتَوُۥاْ	Fi'il	agar kalian bertakhta
65	Az-Zukhruf (43) : 13	اِسْتَوَيْتُمْ	Fi'il	kalian duduk
66	Ad-Dukhan (44) : 47	سَوَاءِ	Isim	ke tengah-tengah
67	Al-Jasiyah (45) : 21	سَوَاءً	Isim	sama
68	Al-Fath (48) : 29	فَاسْتَوَىٰ	Fi'il	lalu bersemayam
69	Al-Tur (52) : 16	سَوَاءٌ	Isim	sama saja
70	An-Najm (53) : 6	فَاسْتَوَىٰ	Fi'il	lalu dia menampakkan diri dalam wujud asli
71	Al-Hadid (57) : 4	اَسْتَوَىٰ	Fi'il	Dia bersemayam
72	Al-Hadid (57) : 10	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
73	Al-Hasyr (59) : 20	يَسْتَوِي	Fi'il	sama
74	Al-Mumtahanah (60) : 1	سَوَاءَ	Isim	sama(lurus)
75	Al-Munafiqun (63) : 6	سَوَاءٌ	Isim	sama saja

76	Al-Mulk (67) : 22	سَوِيًّا	Isim	sama/lurus
77	Al-Qiyamah (75) : 4	نُّسَوِّيَ	Fi'il	Kami menyempurnakan
78	Al-Qiyamah (75) : 38	فَسَوّٰى	Fi'il	lalu Dia sempurnakan
79	An-Naziat (79) : 28	فَسَوّٰىهَا	Fi'il	lalu Dia menyempurnakannya
80	Al-Infitar (82) : 7	فَسَوّٰىكَ	Fi'il	lalu menyempurnakan kamu
81	Al-A'la (87) : 2	فَسَوّٰى	Fi'il	lalu menyempurnakan
82	Asy-Syams (91) : 7	سَوّٰىهَا	Fi'il	penyempurnaannya
83	Asy-Syams (91) : 14	فَسَوّٰىهَا	Fi'il	lalu Dia meratakannya

Tabel Lampiran 19.5. Kata Derivasi "و – ز - ن" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata (Isim/Fi'il)	Arti Kata
1	Al-An'am (6) : 152	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan timbangan
2	Al-A'raf (7) : 8	وَالْوَزْنُ	Isim	dan timbangan
3	Al-A'raf (7) : 8	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya
4	Al-A'raf (7) : 9	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya
5	Al-A'raf (7) : 85	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan timbangan
6	Hud (11) : 84	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan timbangan
7	Hud (11) : 85	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan timbangan
8	Al-Hijr (15) : 19	مَوْزُونٍ	Isim	yang seimbang
9	Al-Isra' (17) : 35	وَزِنُوا۟	Fi'il	dan kalian timbanglah
10	Al-Kahf (18) : 105	وَزْنًا	Isim	timbangan
11	Al-Anbiya' (21) : 47	ٱلْمَوَٰزِينَ	Isim	timbangan
12	Al-Mu'minun (23) : 102	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya
13	Al-Mu'minun (23) : 103	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya
14	Asy-Syu'ara' (26) : 182	وَزِنُوا۟	Fi'il	dan kalian timbanglah
15	Asy-Syura (42) : 17	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan neraca
16	Ar-Rahman (55) : 7	ٱلْمِيزَانَ	Isim	timbangan
17	Ar-Rahman (55) : 8	ٱلْمِيزَانِ	Isim	timbangan itu
18	Ar-Rahman (55) : 9	ٱلْوَزْنَ	Isim	timbangan
19	Ar-Rahman (55) : 9	ٱلْمِيزَانَ	Isim	timbangan itu
20	Al-Hadid (57) : 25	وَالْمِيزَانَ	Isim	dan timbangan
21	Al-Mutaffifin (83) : 3	وَّزَنُوهُمْ	Fi'il	mereka menimbang
22	Al-Qari'ah (101) : 6	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya

23	Al-Qari'ah (101) : 8	مَوَٰزِينُهُۥ	Isim	timbangannya

Tabel Lampiran 19.6. Kata Derivasi dari "ص-ل-ح" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	Al-Baqarah (2) : 11	مُصۡلِحُونَ	Isim	Orang-orang yang melakukan perbaikan
2	Al-Baqarah (2) : 25	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
3	Al-Baqarah (2) : 62	صَٰلِحًا	Isim	yang saleh
4	Al-Baqarah (2) : 82	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
5	Al-Baqarah (2) : 130	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
6	Al-Baqarah (2) : 160	وَأَصۡلَحُواْ	Fi'il	dan mereka memperbaiki
7	Al-Baqarah (2) : 182	فَأَصۡلَحَ	Fi'il	lalu dia mendamaikan
8	Al-Baqarah (2) : 220	إِصۡلَاحٌ	Isim	pengurusan secara patut
9	Al-Baqarah (2) : 220	ٱلۡمُصۡلِحَ	Isim	yang mengadakan perbaikan
10	Al-Baqarah (2) : 160	وَأَصۡلَحُواْ	Fi'il	dan mereka memperbaiki
11	Al-Baqarah (2) : 182	فَأَصۡلَحَ	Fi'il	lalu dia mendamaikan
12	Al-Baqarah (2) : 220	إِصۡلَاحٌ	Isim	pengurusan secara patut
13	Al-Baqarah (2) : 220	ٱلۡمُصۡلِحَ	Isim	yang mengadakan perbaikan
14	Al-Baqarah (2) : 224	وَتُصۡلِحُواْ	Fi'il	dan mengadakan ishlah
15	Al-Baqarah (2) : 228	إِصۡلَٰحًا	Isim	perbaikan
16	Al-Baqarah (2) : 277	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
17	Ali 'Imran (3) : 39	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
18	Ali 'Imran (3) : 46	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
19	Ali 'Imran (3) : 57	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
20	Ali 'Imran (3) : 89	وَأَصۡلَحُواْ	Fi'il	dan mereka memperbaiki
21	Ali 'Imran (3) : 114	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
22	An-Nisa' (4) : 16	وَأَصۡلَحَا	Fi'il	dan memperbaiki diri
23	An-Nisa' (4) : 34	فَٱلصَّٰلِحَٰتُ	Isim	maka wanita² yang saleh
24	An-Nisa' (4) : 35	إِصۡلَٰحًا	Isim	perdamaian
25	An-Nisa' (4) : 57	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh

26	An-Nisa' (4) : 69	وَالصّٰلِحِينَ	Isim	dan orang² saleh
27	An-Nisa' (4) : 114	إِصْلَاحٍ	Isim	perdamaian
28	An-Nisa' (4) : 122	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
29	An-Nisa' (4) : 124	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
30	An-Nisa' (4) : 128	يُصْلِحَا	Fi'il	mengadakan perdamaian
31	An-Nisa' (4) : 128	صُلْحًا	Isim	perdamaian
32	An-Nisa' (4) : 128	وَالصُّلْحُ	Isim	dan perdamaian itu
33	An-Nisa' (4) : 129	تُصْلِحُوا۟	Fi'il	kalian mengadakan perbaikan
34	An-Nisa' (4) : 146	وَأَصْلَحُوا۟	Fi'il	dan mereka memperbaiki
35	An-Nisa' (4) : 173	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
36	Al-Ma'idah (5) : 9	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
37	Al-Ma'idah (5) : 39	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan memperbaiki diri
38	Al-Ma'idah (5) : 69	صَالِحًا	Isim	yang saleh
39	Al-Ma'idah (5) : 84	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	yang saleh
40	Al-Ma'idah (5) : 93	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
41	Al-Ma'idah (5) : 93	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
42	Al-An'am (6) : 48	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan mengadakan perbaikan
43	Al-An'am (6) : 54	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan mengadakan perbaikan
44	Al-An'am (6) : 85	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
45	Al-A'raf (7) : 35	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan mengadakan perbaikan
46	Al-A'raf (7) : 42	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
47	Al-A'raf (7) : 56	إِصْلٰحِهَا	Isim	perbaikannya
48	Al-A'raf (7) : 73	صٰلِحًا	Isim	Shaleh
49	Al-A'raf (7) : 75	صٰلِحًا	Isim	Shaleh
50	Al-A'raf (7) : 77	يُصْلِحُ	Isim	wahai Shaleh
51	Al-A'raf (7) : 85	إِصْلٰحِهَا	Isim	perbaikannya
52	Al-A'raf (7) : 142	وَأَصْلِحْ	Fi'il	dan perbaikilah
53	Al-A'raf (7) : 168	اَلصّٰلِحُونَ	Isim	Orang-orang yang saleh
54	Al-A'raf (7) : 170	الْمُصْلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang mengadakan perbaikan
55	Al-A'raf (7) : 189	صَالِحًا	Isim	seorang yang saleh
56	Al-A'raf (7) : 190	صَالِحًا	Isim	seorang yang saleh
57	Al-A'raf (7) : 196	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
58	Al-Anfal (8) : 1	وَأَصْلِحُوا۟	Fi'il	dan perbaikilah
59	At-Taubah (9) : 75	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
60	At-Taubah (9) : 102	صَالِحًا	Isim	yang saleh
61	At-Taubah (9) : 120	صٰلِحٌ	Isim	yang saleh
62	Yunus (10) : 4	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
63	Yunus (10) : 9	اَلصّٰلِحٰتِ	Isim	yang saleh
64	Yunus (10) : 81	يُصْلِحُ	Fi'il	memperbaiki

65	Hud (11) : 11	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
66	Hud (11) : 23	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
67	Hud (11) : 46	صٰلِحٌ	Isim	saleh
68	Hud (11) : 61	صٰلِحًا	Isim	Saleh
69	Hud (11) : 62	يٰصٰلِحُ	Isim	wahai Shaleh
70	Hud (11) : 84	صٰلِحًا	Isim	Saleh
71	Hud (11) : 88	اَلْإِصْلٰحَ	Isim	perbaikan
72	Hud (11) : 89	صٰلِح	Isim	Shaleh
73	Hud (11) : 117	مُصْلِحُونَ	Isim	Orang-orang yang melakukan perbaikan
74	Yusuf (12) : 9	صٰلِحِينَ	Isim	yang saleh
75	Yusuf (12) : 101	بِالصّٰلِحِينَ	Isim	dengan orang² yang saleh
76	Ar-Ra'd (13) : 23	صَلَحَ	Fi'il	berbuat baik
77	Ar-Ra'd (13) : 29	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
78	Ibrahim (14) : 23	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
79	An-Nahl (16) : 97	صَالِحًا	Isim	yang saleh
80	An-Nahl (16) : 119	وَأَصْلَحُواْ	Fi'il	dan mereka memperbaiki
81	An-Nahl (16) : 122	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
82	Al-Isra' (17) : 9	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
83	Al-Isra' (17) : 25	صٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang baik
84	Al-Kahf (18) : 2	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
85	Al-Kahf (18) : 30	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
86	Al-Kahf (18) : 46	اَلصّٰلِحٰتُ	Isim	yang saleh
87	Al-Kahf (18) : 82	صَالِحًا	Isim	seorang yang saleh
88	Al-Kahf (18) : 88	صَالِحًا	Isim	saleh
89	Al-Kahf (18) : 107	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
90	Al-Kahf (18) : 110	صَالِحًا	Isim	yang saleh
91	Maryam (19) : 60	صَالِحًا	Isim	yang saleh
92	Maryam (19) : 76	اَلصّٰلِحٰتُ	Isim	yang saleh
93	Maryam (19) : 96	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
94	Ta Ha (20) : 75	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
95	Ta Ha (20) : 82	صَالِحًا	Isim	yang saleh
96	Ta Ha (20) : 112	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
97	Al-Anbiya' (21) : 72	صٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
98	Al-Anbiya' (21) : 75	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	orang orang yang saleh
99	Al-Anbiya' (21) : 86	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	orang orang yang saleh
100	Al-Anbiya' (21) : 90	وَأَصْلَحْنَا	Fi'il	dan Kami telah memperbaiki
101	Al-Anbiya' (21) : 94	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
102	Al-Anbiya' (21) : 105	اَلصّٰلِحُونَ	Isim	yang saleh
103	Al-Hajj (22) : 14	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
104	Al-Hajj (22) : 23	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
105	Al-Hajj (22) : 50	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh

106	Al-Hajj (22) : 56	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
107	Al-Mu'minun (23) : 51	صَالِحًا	Isim	yang saleh
108	Al-Mu'minun (23) : 100	صَالِحًا	Isim	yang saleh
109	An-Nut (24) : 5	وَأَصْلَحُواْ	Fi'il	dan mereka memperbaiki
110	An-Nur (24) : 22	وَالصّٰلِحِينَ	Isim	dan orang² yang layak
111	An-Nur (24) : 55	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
112	Al-Furqan (25) : 70	صَالِحًا	Isim	yang saleh
113	Al-Furqan (25) : 71	صَالِحًا	Isim	yang saleh
114	Asy-Syu'ara' (26) : 83	بِالصّٰلِحِينَ	Isim	dengan orang² yang saleh
115	Asy-Syu'ara' (26) : 142	صٰلِحٌ	Isim	Saleh
116	Asy-Syu'ara' (26) : 152	يُصْلِحُونَ	Fi'il	mereka mengadakan perbaikan
117	Asy-Syu'ara' (26) : 227	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
118	An-Naml (27) : 19	صَالِحًا	Isim	yang saleh
119	An-Naml (27) : 19	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	yang saleh
120	An-Naml (27) : 45	صٰلِحًا	Isim	Saleh
121	An-Naml (27) : 48	يُصْلِحُونَ	Fi'il	melakukan perbaikan
122	Al-Qasas (28) : 19	الْمُصْلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang mengadakan perdamaian
123	Al-Qasas (28) : 27	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
124	Al-Qasas (28) : 67	صَالِحًا	Isim	yang saleh
125	Al-Qasas (28) : 80	صَالِحًا	Isim	yang saleh
126	Al-'Ankabut (29) : 7	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
127	Al-'Ankabut (29) : 9	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
128	Al-'Ankabut (29) : 9	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
129	Al-'Ankabut (29) : 27	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
130	Al-'Ankabut (29) : 58	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
131	Ar-Rum (30) : 15	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
132	Ar-Rum (30) : 44	صَالِحًا	Isim	yang saleh
133	Ar-Rum (30) : 45	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
134	Luqman (31) : 8	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
135	As-Sajdah (32) : 12	صَالِحًا	Isim	yang saleh
136	As-Sajdah (32) : 19	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
137	Al-Ahzab (33) : 31	صَالِحًا	Isim	yang saleh
138	Al-Ahzab (33) : 71	يُصْلِحْ	Fi'il	Dia akan memperbaiki
139	Saba' (34) : 4	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
140	Saba' (34) : 11	صَالِحًا	Isim	yang saleh

141	Saba' (34) : 37	صَالِحًا	Isim	yang saleh
142	Fathir (35) : 7	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
143	Fathir (35) : 10	ٱلصَّٰلِحُ	Isim	yang saleh
144	Fathir (35) : 37	صَالِحًا	Isim	yang saleh
145	Ash-Shaffat (37) : 100	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
146	Ash-Shaffat (37) : 112	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
147	Sad (38) : 24	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
148	Sad (38) : 28	كَٱلْمُصْلِحِينَ	Isim	yang saleh
149	Ghafir (40) : 8	صَلَحَ	Fi'il	berbuat baik
150	Ghafir (40) : 40	صَالِحًا	Isim	yang saleh
151	Ghafir (40) : 58	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
152	Fussilat (41) : 8	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
153	Fussilat (41) : 33	صَالِحًا	Isim	yang saleh
154	Fussilat (41) : 46	صَالِحًا	Isim	yang saleh
155	Asy-Syura (42) : 22	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
156	Fussilat (41) : 8	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
157	Fussilat (41) : 33	صَالِحًا	Isim	yang saleh
158	Fussilat (41) : 46	صَالِحًا	Isim	yang saleh
159	Asy-Syura (42) : 22	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
160	Asy-Syura (42) : 23	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
161	Asy-Syura (42) : 26	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
162	Asy-Syura (42) : 40	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan berbuat baik
163	Al-Jasiyah (45) : 15	صَالِحًا	Isim	yang saleh
164	Al-Jasiyah (45) : 21	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
165	Al-Jasiyah (45) : 30	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
166	Al-Ahqaf (46) : 15	صَالِحًا	Isim	yang saleh
167	Al-Ahqaf (46) : 15	وَأَصْلِحْ	Fi'il	dan berilah kebaikan
168	Muhammad (47) : 2	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
169	Muhammad (47) : 2	وَأَصْلَحَ	Fi'il	dan Dia telah memperbaiki
170	Muhammad (47) : 5	وَيُصْلِحُ	Fi'il	dan Dia akan memperbaiki
171	Muhammad (47) : 12	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
172	Al-Fath (48) : 29	ٱلصَّٰلِحَٰتِ	Isim	yang saleh
173	Al-Hujurat (49) : 9	فَأَصْلِحُوا۟	Fi'il	maka damaikanlah
174	Al-Hujurat (49) : 9	فَأَصْلِحُوا۟	Fi'il	maka damaikanlah
175	Al-Hujurat (49) : 10	فَأَصْلِحُوا۟	Fi'il	karena itu damaikanlah
176	Al-Munafiqun (63) : 10	ٱلصَّٰلِحِينَ	Isim	Orang-orang yang saleh
177	At-Taghabun (64) : 9	صَالِحًا	Isim	yang saleh

178	At-Talaq (65) : 11	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
179	At-Talaq (65) : 11	صَالِحًا	Isim	yang saleh
180	At-Tahrim (66) : 4	وَصٰلِحُ	Isim	dan orang baik
181	At-Tahrim (66) : 10	صٰلِحَيْنِ	Isim	dua orang yang saleh
182	Al-Qalam (68) : 50	اَلصّٰلِحِينَ	Isim	orang-orang yang saleh
183	Al-Jinn (72) : 11	اَلصّٰلِحُونَ	Isim	orang orang yang saleh
184	Al-Insyiqaq (84) : 25	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
185	Al-Buruj (85) : 11	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
186	At-Tin (95) : 6	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
187	Al-Bayyinah (98) : 7	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh
188	Al-'Asr (103) : 3	اَلصّٰلِحٰ	Isim	yang saleh

Tabel Lampiran 19.7.a. Kata Derivasi dari "ز – م - ر" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	Az-Zumar (39) : 71	زُمَرًا	Isim	berombongan
2	Az-Zumar (39) : 73	زُمَرًا	Isim	berombongan

Tabel Lampiran 19.7.b.. Kata Derivasi dari "ث – ب - ت" dalam al-Qur'an

No	Surat-Ayat	Kata Arab	Bentuk Kata	Arti Kata
1	An-Nisa' (4) : 71	ثُبَاتٍ	Isim	berkelompok-kelompok

Lampiran 20. Tabel Daftar Singkatan Dalam Disertasi

No	Singkatan	Kepanjangan / Arti		No	Singkatan	Kepanjangan / Arti
1	AI	Artificial Intelligence		59	ISO	International Organization for Standardization
2	AMI	Advanced Metering Infrastructure		60	KBBI	Kamus Besar Bahasa Indonesia
3	APBD	Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah		61	KEN	Kebijakan Energi Nasional

4	APBN	Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara		62	KPI	Key Performance Indicator
5	ASEAN	Association of Southeast Asian Nations		63	kWh	Kilowatt Hour
6	BESS	Battery Energy Storage System		64	LCOE	Levelized Cost of Energy
7	BMC	Business Model Canvas		65	LM	Logic Model
8	CAPEX	Capital Expenditure		66	LPMQ	Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
9	CCT	*Co-Creation Theory*		67	MAS	Multi-Agent System
10	CF	Conceptual Framework		68	MEMR	Ministry of Energy and Mineral Resources
11	CMT	Conceptual Model Theory		69	ML	Machine Learning
12	CO_2	Carbon Dioxide		70	MW	Megawatt
13	CO_2e	Carbon Dioxide Equivalent		71	MWh	Megawatt Hour
14	CPR	Common-Pool Resources		72	MWp	Megawatt Peak
15	CPS	Cyber Physical System		73	NDC	Nationally Determined Contribution
16	CSR	Corporate Social Responsibility		74	NEK	Nilai Ekonomi Karbon
17	CTF	Clean Technology Fund		75	NGO	Non-Governmental Organization
18	DART	Dialogue, Access, Risk Assessment, Transparency		76	NTT	Nusa Tenggara Timur
19	DEN	Dewan Energi Nasional		77	NZE	Net Zero Emissions

20	DER	Distributed Energy Resources		78	O&M	Operation and Maintenance
21	DNSP	Dewan Nasional Sinkronisasi PLTS		79	OPEX	Operational Expenditure
22	DSM	Dynamic System Model		80	PCO	Pulse-Coupled Oscillator
23	EBT	Energi Baru dan Terbarukan		81	PCOs	Pulse-Coupled Oscillators
24	EM	Ecological Modernization		82	PLN	Perusahaan Listrik Negara
25	EMS	Energy Management System		83	PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
26	EPC	Engineering, Procurement and Construction		84	PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
27	ESG	Environmental, Social and Governance		85	PLTD	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
28	ESS	Energy Storage System		86	PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
29	ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral		87	POLC	Planning, Organizing, Leading, Controlling
30	FIT	Feed-in Tariff		88	PPA	Power Purchase Agreement
31	GCF	Green Climate Fund		89	PTP	Precision Time Protocol
32	GDP	Gross Domestic Product		90	PV	Photovoltaic
33	GHG	Greenhouse Gas		91	R&D	Research and Development
34	GHI	Global Horizontal Irradiation		92	RBV	Resource-Based View

35	GNH	Gross National Happiness		93	REC	Renewable Energy Certificate
36	GNP	Gross National Product		94	RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative
37	GPI	Genuine Progress Indicator		95	RUEN	Rencana Umum Energi Nasional
38	GPS	Global Positioning System		96	RUKN	Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional
39	GST	General Systems Theory		97	RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
40	GW	Gigawatt		98	SAIDI	System Average Interruption Duration Index
41	GWp	Gigawatt Peak		99	SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
42	GWh	Gigawatt Hour		100	SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
43	GWP	Global Warming Potential		101	SDA	Sumber Daya Alam
44	HEMS	Home Energy Management System		102	SDGs	Sustainable Development Goals
45	ICT	Information and Communication Technology		103	SDM	Sumber Daya Manusia
46	IEC	International Electrotechnical Commission		104	SG	Smart Grid
47	IEA	International Energy Agency		105	SPV	Solar Photovoltaic
48	IEEE	Institute of Electrical and		106	SSE	Steady-State

		Electronics Engineers				Economy
49	IESR	Institute for Essential Services Reform		107	SSM	Soft Systems Methodology
50	IKN	Ibu Kota Nusantara		108	STS	Socio-Technical Systems
51	IM	Integrative Model		109	TOPCon	Tunnel Oxide Passivated Contact
52	IoT	Internet of Things		110	TW	Terawatt
53	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change		111	TWh	Terawatt Hour
54	IPP	Independent Power Producer		112	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
55	IPOOI	Input–Process–Output–Outcome–Impact		113	USD	United States Dollar
56	IRENA	International Renewable Energy Agency		114	UV	Ultraviolet
57	IR	Infrared		115	VRE	Variable Renewable Energy
58	ISEW	Index of Sustainable Economic Welfare		116	WEC	World Energy Council

RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Gagah Daruhadi
Tempat, Tanggal Lahir	: Surakarta, 22 September 1954
Alamat	: Jl. Flamingo VII JC 16 No. 15 dan 16, Bintaro Jaya Sektor 9, Tangerang Selatan, Banten

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Jenjang Pendidikan	Institusi	Tahun
1	Madrasah Ibtidaiyah	Gabugan, Sragen	1961–1965
2	Sekolah Dasar	SD Negeri 1 Gabugan, Sragen	1966–1968
3	Sekolah Menengah Pertama	SMP Negeri 5 Surakarta	1969–1971
4	Sekolah Menengah Atas	SMA Negeri 1 Surakarta	1972–1974
5	Sarjana (S1) Teknik Elektro	Institut Teknologi Bandung (ITB)	1975 –1983
6	Magister Manajemen (MM)	Universitas Esa Unggul, Jakarta	2020–2021
7	Magister Manajemen Pendidikan Islam (MPI)	Universitas PTIQ Jakarta	2022–2026
8	Doktor Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir	Universitas PTIQ Jakarta	2023–2026

C. PENGALAMAN PEKERJAAN

No	Periode	Instansi/Perusahaan	Jabatan
1	1979–1983	PT Nurtanio (Industri Pesawat Terbang Nusantara)	Avionic Engineer
2	1983–1986	PT Citaconas Consultant	Leader, Medium and Low Voltage Division
3	1986–1990	PT Desigras Consultant	Manager, Electrical and Mechanical Division
4	1990–2007	PT Meta Epsi Eng-MEDCO GROUP Company	Senior Engineer, Project Manager, General Manager, Deputy Director, Director
5	2007–2016	PT Mega Power Teknindo	President Director
6	2017–Sekarang	PT Mega Power Holding	Chief Executive Officer (CEO)

D. PENGALAMAN ORGANISASI

No	Periode	Organisasi	Jabatan
1	2008–2012	Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Badan Kejuruan Elektro Pusat	Sekretaris Jenderal
2	2008–2012	Masyarakat Ketenagalistrikan Indonesia (MKI)	Wakil Koordinator Bidang Usaha
3	2008–2012	Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia (AKLI) DKI Jakarta	Ketua Bidang Usaha
4	2012–2016	Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia (AKLI) Nasional	Ketua III Bidang Usaha Besar Nasional
5	2017–2022	Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia (AKLI) Nasional	Ketua V Bidang Kerja Sama Antar Lembaga Nasional
6	2018–Sekarang	Asosiasi Kontraktor Listrik dan Mekanikal Indonesia (AKLIMA)	Komisaris
7	2011–Sekarang	Masyarakat Ketenagalistrikan Indonesia (MKI)	Pengurus Anggota
8	2015–Sekarang	Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia (METI)	Anggota Perusahaan dan Personil
9	2007–Sekarang	Masjid Raya Bintaro Jaya (MRBJ),Tangerang Selatan	Pendiri, Pengurus, Pengawas, dan Pembina
11	2017–Sekarang	Yayasan Nur Iman Mursyidi, Islamic Entrepreneur Boarding College (IEBC) Sragen	Pendiri dan Pembina

E. PENGHARGAAN DAN PIAGAM

No	Tahun	Penghargaan/Piagam	Pemberi Penghargaan
1	2001	Head of Schedule Project Substaion 230kV/13 KV Kota Batak Dan Nort Duri. 2x250 MVA	PT Caltex Pacific Indonesia
2	2024	Piagam Penghargaan Kehormatan atas Kontribusi dalam Industri EPC Ketenagalistrikan 2024	Majalah Listrik Indonesia
3	2026	Listrik Indonesia Award 2026	Majalah Listrik Indonesia

F. PENGALAMAN INTERNASIONAL

No	Tahun	Kegiatan	Negara
1	1995	Engineering Conference Project Financing by Credit Export	Perancis,Japan,Italy.Germany
2	1996	Technical Coordination Meeting dengan Hitachi dan Tomen Corporation	Jepang
3	1999	Technical and Business Visit	Italia
4	2000	Technical Meeting dan Business Coordination dengan Alstom	Amerika Serikat
5	2006	International Power & Electrical Exhibition	India
6.	2009	Inpection 500 KV HV LA Product Mega Power Project.	Germany
7	2012	International Power & Electrical Exhibition	India
8	2012	AFEEC Conference Meeting	Malaysia
9	2013	International PAFECA Meeting	Bali, Indonesia
10	2016	PAFECA Conference Meeting	Bangkok, Thailand
11	2019	PAFECA Conference Meeting	Korea Selatan
12	1995–2017	International Procurement & Material Handling	Eropa, Amerika, Jepang, India, dan Asia

G. KARYA ILMIAH DAN PUBLIKASI

1. Strategic Formulation Analysis of Business Development of PT Mega Power Teknindo. *Return: Study of Management, Economic and Business*, 2023.
2. Epistemology as A Way of Knowing. *Journal of Social Science*, Vol. 5 No. 5, 2024.
3. Phenomenological Method as A Theoretical Basis of Qualitative Methods. *International Journal of Social Health (IJSH)*, Vol. 3 No. 9, 2024.

4. Reading Al-Burhān fī Uṣūl al-Fiqh by Al-Juwaini: A Study of Tube Baby Case Resolution. *International Journal of Social Service and Research (IJSSR)*, Vol. 4 No. 9, 2024.
5. Munasabah Science of the Qur'an. *International Journal of Social Service and Research (IJSSR)*, Vol. 4 No. 8, 2024.
6. Al-Qur'an Solutions in Internal and External Moderation of Religious People in Indonesia. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Science (IJOMS)*, Vol. 3 No. 11, 2024.
7. Pendekatan Ekonomi dalam Kajian Islam (Haji dan Umroh). *Blantika: Multidisciplinary Journal*, Vol. 2 No. 11, 2024.
8. Al-Qur'an and Astrophysics. *INJURITY: Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 3 No. 8, 2024.
9. Kritik Wacana Tafsir tentang Tafsir Ilmi: Ilmu-Ilmu Murni (Pure Sciences). *Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian*, Vol. 3 No. 8, 2024.
10. "Research Data Collection." *International Journal of Social Service and Research* 4, no. 7 (2024): 1800–1812., https://doi.org/10.46799/ijssr.v4i7.863

H. BIDANG KEAHLIAN

1. Sistem Tenaga Listrik dan Ketenagalistrikan
2. Engineering, Procurement and Construction (EPC)
3. Manajemen Proyek dan Infrastruktur
4. Sertifikat Kompetensi Ketenaga listrikan ESDM dari th 2005
5. Serifikat PII Level Utama dari tahun 2008
6. Sertifikasi ISO 1900 dari tahun 1995 dan kompetensi lainya s(eperti Energi Terbarukan PLTS) dari tahun 2017
7. Tata Kelola Energi
8. Sedang Belajar Tafsir Al-Qur'an dan Tafsir Ilmi

I. PENGALAMAN KEISLAMAN DAN DAKWAH

No	Periode	Kegiatan/Organisasi	Jabatan/Keterangan
1	1971–1974	Masjid Priyobadan, Surakarta	Marbot Masjid
2	1972–1974	Rohani Islam (ROHIS) SMA	Aktivis dan Pengurus
3	1976–1983	Masjid Salman Institut Teknologi Bandung (ITB)	Lembaga Majelis Dakwah
5	1978–1983	Institut Teknologi Bandung (ITB)	Asisten Agama Islam
7	2007–Sekarang	Masjid Raya Bintaro	Pendiri, Pengurus,

		Jaya (MRBJ)	Pengawas, dan Pembina
9	2017–Sekarang	Yayasan Nur Iman Mursyidi	Pendiri dan Pembina
10	2021–Sekarang	Islamic Entrepreneur Boarding College (IEBC) Sragen	Mengajar