

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kebijakan Transisi Energi dan Urgensinya: Global, Nasional, dan di PLN

Secara global, kebijakan transisi energi didefinisikan sebagai kumpulan instrumen politik, ekonomi, dan institusional yang bertujuan untuk mengubah sistem energi dari dominasi bahan bakar fosil ke bauran karbon yang lebih rendah dan pada akhirnya mencapai emisi *net zero*. Genc dan Kosempel (2023) memeriksa penelitian ekonomi tentang transisi energi dan menunjukkan bahwa ini bukan hanya pengganti teknologi tetapi juga proses reorganisasi institusi, insentif, dan harga yang berdampak pada pertumbuhan, inflasi, dan stabilitas keuangan. Mereka menekankan bahwa jika negara tidak segera membuat kebijakan transisi, mereka akan menghadapi risiko transisi seperti aset terlanter, harga energi yang tidak stabil, dan tekanan fiskal akibat subsidi energi fosil yang tidak terkendali. Namun, Nassary et al. (2025) menekankan bahwa transisi energi secara efektif memungkinkan penciptaan lapangan kerja baru, investasi baru, dan daya saing yang lebih baik bagi negara berkembang, asalkan ada kerangka kebijakan yang jelas dan dapat diandalkan untuk menarik modal swasta jangka panjang.

Furqan (2025) menyarankan pembentukan *Just Transition Fund Global* (JTF) untuk membantu negara berkembang mengurangi emisi karbon di sektor energi sambil mempertahankan stabilitas sosial dan agenda pembangunan. Studi tersebut menegaskan bahwa kebijakan transisi energi yang hanya berfokus pada penurunan emisi tanpa mempertimbangkan manfaat dan distribusi beban di antara kelompok negara dan kelompok sosial akan menimbulkan resistensi politik dan memperlambat pelaksanaannya. Paz (2023) menambahkan bahwa pergeseran menuju ekonomi rendah karbon juga mengubah pola perdagangan internasional karena peningkatan permintaan

untuk teknologi rendah karbon dan pengetatan regulasi perubahan perbatasan karbon. Akibatnya, kebijakan transisi energi harus diintegrasikan dengan kebijakan perdagangan di Asia. Gambaran ini menunjukkan bahwa transisi energi adalah masalah di berbagai tingkat, termasuk perjanjian internasional, komitmen nasional, dan strategi perusahaan utilitas listrik.

Soemanto et al. (2023) melihat peran bahan bakar minyak (BBM) dalam transisi menuju *net zero emissions* di Indonesia. Mereka menemukan bahwa, baik dalam pembangkitan listrik maupun sektor transportasi, sektor energi Indonesia masih sangat bergantung pada batubara dan minyak. Selain meningkatkan kerentanan terhadap perubahan harga energi di seluruh dunia, ketergantungan ini meningkatkan tekanan fiskal melalui subsidi energi. Akibatnya, mereka menekankan bahwa mencapai jalur pencapaian target net zero akan sangat sulit tanpa reformasi subsidi BBM, pembatasan pembangunan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) baru, dan percepatan penetrasi energi terbarukan.

Handayani dan Maharani (2025) memeriksa kerangka regulasi energi Indonesia dan menemukan bahwa kebijakan transisi energi masih tersebar di banyak undang-undang dan peraturan sektoral, dan tidak ada koordinasi yang baik antara kementerian dan lembaga. Fragmentasi regulasi ini dapat menyebabkan sinyal kebijakan yang tidak konsisten bagi bisnis dan lembaga keuangan, yang dapat menghambat mobilitas investasi dalam energi terbarukan. Mereka berpendapat bahwa untuk membuat arah kebijakan transisi energi jelas dan dapat diterima oleh seluruh pemangku kepentingan, diperlukan harmonisasi regulasi, yang mencakup penyesuaian Undang-Undang Ketenagalistrikan, kebijakan energi nasional, dan peraturan turunan terkait energi terbarukan.

Sato (2024), berbicara lebih lanjut tentang industri ketenagalistrikan, menunjukkan bahwa pembangkit listrik terus menjadi salah satu penyebab utama emisi energi nasional, terutama karena PLTU batubara masih banyak digunakan dan PLTD terus digunakan di sistem kelistrikan kecil dan terpencil. Studi tersebut menekankan bahwa skenario dekarbonisasi yang

realistis memerlukan kombinasi antara percepatan pengembangan energi terbarukan skala besar (PLTS, PLTB, PLTA, dan PLTP), penghapusan PLTU batubara secara bertahap, dan program de-dieselisasi khusus untuk menangani sistem diesel yang terpisah. IESR (2025) mendukung pendapat ini melalui Indonesia Energy Transition Outlook 2025, yang menunjukkan bahwa biaya pembangkitan energi terbarukan, khususnya PLTS, terus menurun sementara biaya sosial dan ekonomi untuk mempertahankan sistem berbasis fosil meningkat. Selain itu, laporan tersebut menekankan adanya perbedaan antara realisasi proyek di lapangan dan target kebijakan, yang sangat dipengaruhi oleh kualitas manajemen perencanaan dan eksekusi kebijakan energi.

Selain itu, literatur tentang transisi energi di Indonesia menekankan betapa pentingnya aspek spasial dalam pembuatan kebijakan energi. Potensi energi Indonesia sangat beragam. Ini termasuk potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di Papua dan Sulawesi, potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Nusa Tenggara Timur dan Maluku, dan potensi pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) di wilayah pesisir selatan Jawa dan Sulawesi. Karakteristik spasial sumber energi, bagaimanapun, belum sepenuhnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis pembangkit, terutama dalam program transisi energi nasional, seperti de-dieselisasi di wilayah 3T.

Di banyak daerah terdepan, terluar, dan tertinggal, pilihan teknologi pembangkit masih cenderung seragam dan *top-down*, dan terbatas integrasi dengan dokumen perencanaan energi daerah seperti Rencana Umum Energi Daerah (RUED) dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Kondisi ini mencerminkan masalah pemerintahan ruang, di mana kebijakan nasional belum sepenuhnya menyesuaikan diri dengan keadaan geografis, sumber daya alam, dan kemampuan lokal. Menurut literatur tentang transisi energi di negara kepulauan, pendekatan berbasis karakteristik wilayah adalah kunci untuk keberlanjutan sistem energi terdesentralisasi dari segi teknis, ekonomi, dan sosial. Oleh karena itu, aspek spasial dan tata kelola lintas level menjadi

komponen penting dalam diskusi tentang kebijakan dekarbonisasi dan de-dieselisasi di Indonesia.

Di tingkat korporasi, PLN telah mengumumkan komitmennya terhadap transisi energi melalui PLN *Energy Transition: Strategy and Progress Report*. Lapornya menunjukkan jalur dekarbonisasi PLN, termasuk target bauran energi terbarukan, pengurangan emisi, dan program yang menjadi prioritas perusahaan, seperti *co-firing biomass*, *retirement* awal PLTU, dan de-dieselisasi PLTD di sistem kecil (PLN, 2024). Menurut laporan tersebut, de-dieselisasi adalah salah satu komponen strategi transisi, terutama untuk wilayah 3T yang selama ini bergantung pada PLTD dengan BPP yang tinggi dan rentan terhadap fluktuasi harga minyak. Selain itu, seperti yang ditunjukkan oleh IESR (2023) dalam studi LCOE/LCOS, PLTS yang dikombinasikan dengan Sistem Penyimpanan Energi Baterai/*Battery Energy System Storage* (BESS) telah menjadi lebih kompetitif daripada PLTD. Ini terutama berlaku jika mempertimbangkan biaya bahan bakar dan potensi kenaikan harga minyak dalam jangka panjang. Ini memberi PLN dan pemerintah dasar ekonomi yang kuat untuk mendorong kebijakan de-dieselisasi sebagai bagian dari portofolio transisi energi.

Faktor sosial dan pembangunan menunjukkan betapa pentingnya kebijakan transisi energi. Seperti yang ditunjukkan oleh studi tentang dampak ketenagakerjaan transisi energi di Indonesia, pergeseran menuju sistem energi yang lebih rendah karbon memiliki kemungkinan untuk menciptakan lapangan kerja baru di bidang energi terbarukan, manufaktur teknologi, dan layanan yang terkait. Namun, mereka juga menunjukkan kemungkinan kehilangan pekerjaan di sektor tradisional yang bergantung pada energi fosil (*Employment Impacts of Energy Transition in Indonesia*, 2023). Sebaliknya, Blum et al. (2013) menunjukkan bahwa elektrifikasi pedesaan yang bergantung pada jaringan perkampungan dengan teknologi terbarukan di Indonesia dapat menurunkan ketergantungan pada diesel, mengurangi biaya operasional jangka panjang, dan meningkatkan akses masyarakat ke energi yang aman. Dua perspektif ini mendukung argumen bahwa kebijakan transisi

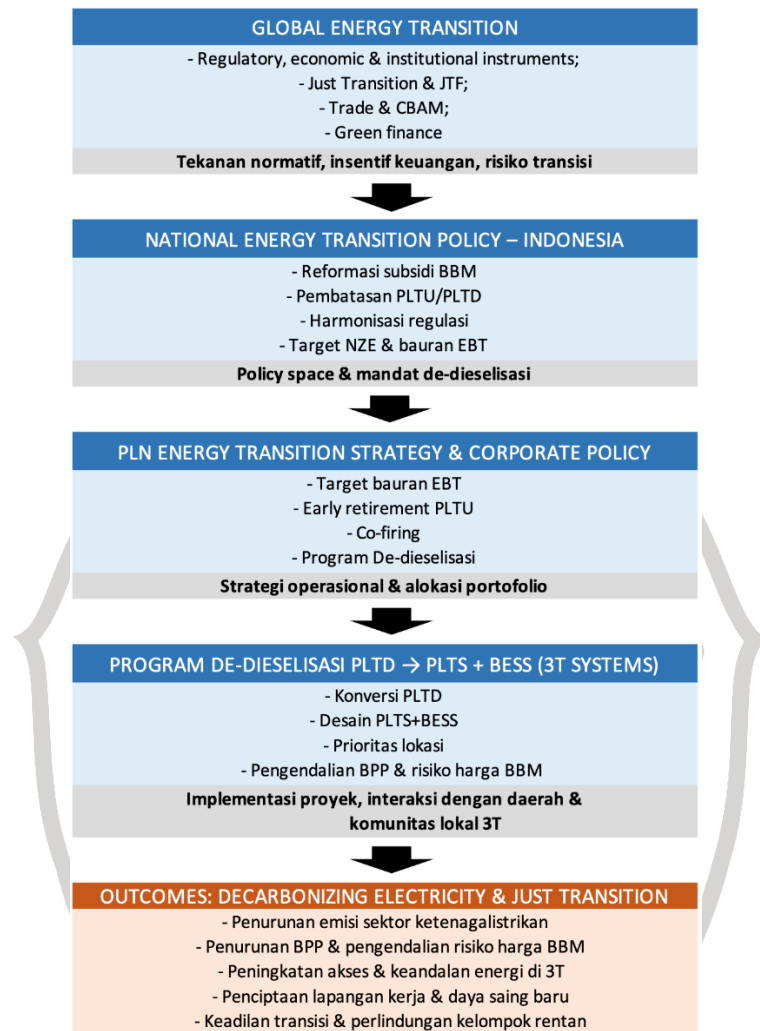
energi, seperti de-dieselisasi, adalah bagian dari agenda keadilan energi dan pembangunan sosial-ekonomi, serta lingkungan. Tabel 2.1 berikut merupakan rangkuman literatur saat ini untuk memberikan gambaran tentang posisi kebijakan pada berbagai tingkatan.

Tabel 2.1 Ringkasan Kebijakan Transisi Energi pada Level Global, Nasional, dan PLN

Level Kebijakan	Dokumen/Referensi Kunci	Fokus Utama	Implikasi bagi De-dieselisasi PLTD–PLTS+BESS
Global	Genc dan Kosempel (2023); Furqan (2025); Paz (2023); Nassary et al. (2025)	Stabilitas makro, keadilan transisi, perubahan pola perdagangan	Menekan negara utilitas untuk menurunkan emisi, mencari solusi rendah karbon yang layak secara ekonomi dan sosial
Nasional	Soemanto et al. (2023); Handayani dan Maharani (2025); Sato (2024)	Reformasi subsidi energi, pembatasan fosil, harmonisasi regulasi	Menciptakan <i>policy space</i> bagi program de-dieselisasi sebagai bagian strategi dekarbonisasi nasional
Korporat (PLN)	PLN (2024); IESR (2023; 2025)	Strategi dekarbonisasi perusahaan, portofolio proyek prioritas	Menginstitusikan de-dieselisasi sebagai program strategis, justifikasi finansial berbasis LCOE/LCOS

Hubungan antara kebijakan nasional, global, dan PLN terhadap program de-dieselisasi digambarkan secara visual sebagai sebuah "hirarki kebijakan". Gambar 2.1 menunjukkan bagaimana komitmen global mempengaruhi target nasional, yang kemudian diterjemahkan ke dalam strategi korporat PLN, yang diimplementasikan dalam proyek spesifik seperti de-dieselisasi PLTD menjadi PLTS+BESS. Karena menunjukkan bahwa keberhasilan de-dieselisasi tidak hanya ditentukan oleh keputusan teknis, tetapi juga konsistensi dan efektivitas kebijakan di setiap tingkat

pemerintahan, kerangka ini penting bagi penelitian tentang pemerintahan bertingkat-tingkat.



Gambar 2.1 Hubungan antara kebijakan global, nasional, dan PLN terhadap Program De-dieselsiasi

Dewan Energi Nasional (DEN) adalah lembaga strategis lintas kementerian yang bertanggung jawab untuk merumuskan, mengoordinasikan, dan mengevaluasi kebijakan energi nasional yang sesuai dengan tujuan jangka panjang negara. Peran DEN dalam Program De-dieselsiasi seharusnya dapat ditunjukkan secara praktis sebagai undang-undang yang menyatukan berbagai sektor dan tingkat pemerintahan.

Saat ini, kebijakan de-dieselisasi tersebar di berbagai instrumen RUEN, RUPTL, Perpres EBT, dan kebijakan korporat PLN, tetapi tidak ada institusi utama yang memastikan bahwa mereka diterapkan secara konsisten di lapangan. Apabila DEN tidak berfungsi dengan baik sebagai pengarah kebijakan sistem terisolasi, kebijakan nasional sering kali berhenti pada tingkat normatif dan tidak terintegrasi dengan mekanisme perencanaan daerah atau rencana operasional PLN. Kondisi ini meningkatkan temuan tentang ketidaksesuaian aturan dalam kerangka pengelolaan *Multi-Level Governance* (MLG), di mana koordinasi vertikal dan horizontal belum berjalan dengan baik.

2.2. Program De-dieselisasi PLN dan Perannya terhadap Decarbonizing Electricity

Secara operasional, de-dieselisasi di konteks PLN dapat dipahami sebagai proses *phase-out* PLTD yang selama ini menjadi tulang punggung sistem kelistrikan di daerah terpencil, kemudian menggantikannya dengan pembangkit energi terbarukan, terutama PLTS yang dipadukan dengan BESS, dan dalam beberapa studi juga dikombinasikan dengan sumber lain seperti angin atau LNG skala kecil. Waluyo dan Ciptomulyono (2022), melalui studi pada PLTD Kangean, menunjukkan bahwa pemilihan skema manajemen pembangkit dalam program de-dieselisasi harus mempertimbangkan berbagai kriteria multi-dimensi seperti keandalan pasokan, biaya, risiko operasional, dan aspek institusional, yang kemudian mereka analisis menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan *Goal Programming*. Sementara itu, Ikhsanuddin dan Raharja (2021) mengembangkan model penentuan prioritas de-dieselisasi unit PLTD PLN dengan melakukan pemetaan lokasi yang paling tepat untuk dimodernisasi terlebih dahulu berdasarkan indikator teknis, ekonomi, dan kebijakan.

Di sisi lain, Maulana (2024) mengulas pengembangan infrastruktur PV dan BESS dalam sistem *microgrid* Indonesia dan menunjukkan bahwa kombinasi PLTS+BESS memberikan peningkatan keandalan daya dan pengurangan emisi signifikan dibandingkan PLTD murni, terutama di sistem yang tidak terhubung jaringan interkoneksi besar. Studi ini juga menekankan pentingnya desain kapasitas BESS yang tepat agar *cycling* baterai dan biaya penggantian tidak justru meningkatkan biaya sistem secara keseluruhan. Kusuma dan Dalimi (2023) dalam studi de-dieselisasi PLTD Merawang di Bangka Belitung menambahkan dimensi teknologi angin dan surya dalam satu konfigurasi hibrida, dan menemukan bahwa kombinasi teknologi terbarukan tersebut secara keekonomian dapat menurunkan BPP dibandingkan skenario tetap PLTD, terutama ketika proyeksi harga BBM naik dan ada insentif kebijakan tertentu. Temuan-temuan ini memperlihatkan bahwa de-dieselisasi bukan hanya agenda kebijakan, tetapi juga agenda rekayasa sistem dan optimasi portofolio pembangkitan di tingkat lokal.

Dari perspektif *decarbonizing electricity*, Sato (2024) menunjukkan bahwa sistem diesel terisolasi menyumbang porsi emisi yang tidak kecil dibandingkan kontribusi kapasitasnya yang relatif kecil terhadap total pembangkitan nasional, karena intensitas emisi PLTD yang tinggi dan efisiensi yang relatif rendah. Studi optimasi bauran pembangkitan tanpa target waktu spesifik oleh *The Optimization of Power Generation Mix to Achieve Net Zero Emission Pathway in Indonesia* (2022) juga mengindikasikan bahwa pengurangan PLTD di sistem kecil dan penggantian dengan PLTS+BESS dapat menjadi salah satu langkah awal dekarbonisasi yang “rendah penyesalan” (*low-regret option*) karena memberikan manfaat ekonomi (pengurangan biaya bahan bakar) sekaligus manfaat lingkungan (pengurangan emisi) (*Optimization of Power Generation Mix*, 2022). IESR (2023) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan bahwa LCOE PLTS dan LCOS BESS yang semakin menurun, ketika diukur dalam horizon investasi jangka panjang, membuat skenario PLTS+BESS semakin

kompetitif terhadap PLTD, khususnya di lokasi dengan iradiasi tinggi dan biaya logistik BBM yang mahal.

Blum et al. (2013) memberikan landasan yang penting terkait kelistrikan pedesaan di Indonesia. Mereka menunjukkan bahwa *village grids* berbasis energi terbarukan, misalnya PLTMH dan PLTS, memiliki potensi biaya listrik yang kompetitif dibandingkan diesel, khususnya ketika memperhitungkan biaya bahan bakar dan emisi dalam jangka panjang. Meskipun penelitian tersebut belum secara eksplisit membahas PLTS+BESS seperti dalam konteks program de-dieselisasi PLN saat ini, logika ekonominya serupa: sistem diesel yang tampak murah pada saat investasi awal dapat menjadi sangat mahal dalam siklus hidup karena biaya bahan bakar dan risiko volatilitas harga. Studi *techno-economic* di Filipina oleh Stojanovski et al. (2020) mengenai hibrida PLTS+BESS-diesel di *island grids* juga menemukan bahwa skenario dengan penetrasi PLTS yang tinggi mampu menurunkan konsumsi diesel dan emisi secara substansial, dengan implikasi kebijakan bahwa regulator perlu menyesuaikan skema tarif, insentif, dan desain pasar agar investasi teknologi ini dapat. Pengalaman Filipina ini relevan sebagai pembandingan internasional untuk menilai desain kebijakan dan tata kelola program de-dieselisasi di Indonesia.

Dalam konteks PLN, *PLN Energy Transition: Strategy and Progress Report* menempatkan program de-dieselisasi sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi yang menyoroti sistem kecil dan terpencil, di mana jaringan transmisi belum ekonomis untuk diperluas dan di mana ketergantungan pada BBM sangat tinggi (PLN, 2024). Laporan tersebut menjelaskan bahwa de-dieselisasi di wilayah 3T bertujuan tidak hanya mengurangi emisi, tetapi juga mengendalikan BPP dan meningkatkan keandalan pasokan bagi masyarakat, termasuk pelanggan sosial seperti sekolah, puskesmas, dan fasilitas publik. IESR (2025) mencatat bahwa implementasi de-dieselisasi memerlukan sinergi dengan kebijakan nasional terkait subsidi energi, mekanisme pembiayaan hijau, dan peran lembaga pendanaan internasional yang mendorong proyek energi terbarukan skala kecil (IESR, 2025). Di sinilah

penelitian *Multi-Level Governance* menjadi relevan: program de-dieselisasi berada di persimpangan kebijakan nasional, strategi korporat, dan kapasitas kelembagaan di level daerah.

Secara kebijakan, Soemanto et al. (2023) menegaskan bahwa peran BBM dalam transisi energi Indonesia harus ditata ulang melalui kombinasi pengendalian permintaan, diversifikasi sumber energi, dan penataan ulang subsidi. De-dieselisasi PLTD menjadi PLTS+BESS sejalan dengan strategi pengendalian permintaan BBM di sektor ketenagalistrikan, sekaligus memberikan alternatif pembangkitan yang lebih bersih dan stabil. Handayani dan Maharani (2025) menyoroti bahwa tanpa kerangka regulasi yang jelas mengenai tarif, *power purchase agreement* potensi IPP untuk PLTS+BESS, dan pengaturan aset PLTD yang dipensiunkan (misalnya terkait penghapusan aset dan pengelolaan limbah), program de-dieselisasi berisiko terhambat di tahap implementasi. Dari sisi keadilan, Furqan (2025) mengingatkan bahwa transisi seperti de-dieselisasi juga harus mempertimbangkan dampak pada pekerja lokal, pemasok BBM, dan masyarakat yang sebelumnya bergantung pada rantai nilai diesel, sehingga desain kebijakan perlu memasukkan elemen kompensasi dan program pendampingan.

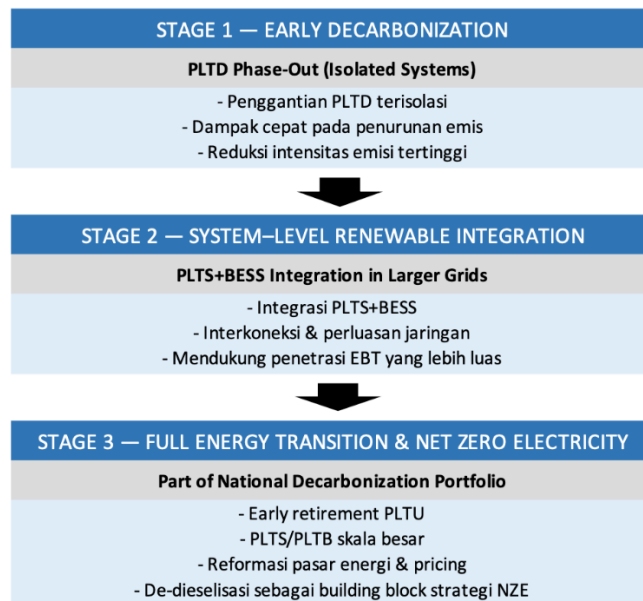
Untuk memperjelas posisi program de-dieselisasi PLN dalam agenda dekarbonisasi, Tabel 2.2 merangkum hubungan antara dimensi teknis, ekonomi, dan tata kelola berdasarkan literatur yang telah dikaji.

Tabel 2.2 Program De-dieselisasi PLN dalam Perspektif *Decarbonizing Electricity*

Dimensi	Temuan Kunci Literatur	Relevansi bagi Penelitian
Teknis	PLTS+BESS meningkatkan keandalan dan menurunkan emisi dibanding PLTD di sistem mikro (<i>microgrid</i>) (Maulana, 2024; Stojanovski et al., 2020)	Menjadi basis bahwa de-dieselisasi merupakan solusi teknis yang layak, sehingga fokus penelitian dapat diarahkan pada aspek tata kelola multi-level
Ekonomi	LCOE PLTS dan LCOS BESS menurun dan semakin kompetitif dibanding PLTD, terutama di daerah dengan biaya logistik BBM tinggi	Menguatkan argumen bahwa hambatan de-dieselisasi lebih banyak terkait kelembagaan dan kebijakan, bukan semata-mata keekonomian teknologi

	(IESR, 2023; Blum et al., 2013; Kusuma dan Dalimi, 2023)	
Tata kelola (GRC)	Keberhasilan de-dieselisasi dipengaruhi oleh konsistensi kebijakan nasional, strategi korporat PLN, dan kapasitas pelaksanaan di level daerah (Sato, 2024; PLN, 2024; Handayani dan Maharani, 2025)	Menjadi landasan pengembangan kerangka <i>Multi-Level Governance</i> dalam penelitian ini

Secara konseptual, kontribusi de-dieselisasi terhadap *decarbonizing electricity* dapat divisualisasikan dalam sebuah “jalur dekarbonisasi bertahap” sesuai Gambar 2.2. Pada tahap awal, de-dieselisasi mengurangi emisi di sistem kecil dengan dampak relatif cepat, karena menggantikan pembangkit dengan intensitas emisi tertinggi (PLTD). Pada tahap menengah, program ini terintegrasi dengan ekspansi jaringan, interkoneksi, dan pengembangan pasar listrik yang memungkinkan integrasi lebih luas energi terbarukan. Pada tahap lanjut, de-dieselisasi menjadi bagian dari portofolio penuh kebijakan dekarbonisasi sektor ketenagalistrikan yang mencakup *early retirement* PLTU, pengembangan PLTS/PLTB skala besar, dan reformasi pasar energi. Pola bertahap ini penting bagi penelitian karena menunjukkan bahwa de-dieselisasi tidak berdiri sendiri, tetapi merupakan salah satu *building block* dalam strategi dekarbonisasi yang lebih luas.



Gambar 2.2 Jalur Dekarbonisasi Bertahap

2.3. Teori *Governance* dan Relevansinya dalam Transisi Energi

Konsep *governance* berkembang untuk menggambarkan bagaimana keputusan publik dihasilkan melalui interaksi antara negara, pasar, dan masyarakat. Menurut Hooghe dan Marks (2001) dalam "*Unraveling the Central State: Types of Multi-Level Governance*", *governance* modern ditandai oleh distribusi kewenangan ke berbagai aktor dan level pemerintahan sehingga kebijakan tidak lagi dimonopoli oleh pemerintah pusat. Mereka menegaskan bahwa *governance* bukan hanya struktur, melainkan proses koordinasi lintas aktor untuk mencapai tujuan kolektif. Dalam konteks energi, ini berarti bahwa pemerintah pusat, pemerintah daerah, utilitas seperti PLN, lembaga donor, dan masyarakat lokal memiliki peran saling terkait.

Scharpf (1997) menjelaskan *governance* sebagai "*self-organizing, interorganizational networks*" yang bergantung pada negosiasi, bukan hierarki. *Governance* di sektor publik sangat dipengaruhi oleh kemampuan aktor untuk membangun konsensus dalam kondisi preferensi dan kapabilitas yang berbeda-beda (Scharpf, 1997). Hal ini relevan bagi proyek transisi energi seperti de-dieselsiasi, yang memerlukan koordinasi lintas kementerian, pemda, PLN, vendor teknologi, dan lembaga pendanaan.

Dalam sejarah perkembangan *governance*, Bache dan Flinders (2004) menambahkan bahwa *governance* muncul sebagai respons terhadap meningkatnya kompleksitas kebijakan modern dan keterbatasan negara dalam mengendalikan seluruh proses kebijakan secara terpusat. Pada sektor energi, kompleksitas ini meningkat karena faktor pasar, teknologi, geopolitik, dan lingkungan yang saling berinteraksi. Penelitian "*Three Decades of Multi-Level Governance Research*" menunjukkan bahwa *governance* berkembang menjadi pendekatan analitis untuk memahami bagaimana aktor multilevel berinteraksi dalam kebijakan lintas batas seperti energi dan iklim (Bache dan Flinders, 2004)

Dalam konteks Indonesia, *governance* juga dipengaruhi oleh struktur desentralisasi. Blum et al. (2013) dalam studi tentang elektrifikasi desa di Indonesia menekankan bahwa keberhasilan sistem energi terbarukan bergantung pada interaksi pemerintah daerah, lembaga komunitas, dan operator energi. Mereka menunjukkan bahwa meskipun kebijakan nasional mendukung energi terbarukan, implementasi di daerah sering terkendala kapasitas teknis dan kelembagaan (Blum et al., 2013). Hal ini memperkuat pentingnya analisis *governance* dalam transisi energi Indonesia.

Dengan demikian, teori *governance* menjadi landasan penting dalam penelitian ini karena program de-dieselisasi PLN bukan hanya transformasi teknis, tetapi transformasi tata kelola yang menuntut koordinasi lintas tingkatan pemerintahan dan kelembagaan. Hal ini membuka jalan untuk membahas *Multi-Level Governance* (MLG) secara lebih mendalam.

2.4. *Multi-Level Governance* (MLG)

2.4.1. Konsep *Multi-Level Governance* (MLG) dan Perkembangannya

Konsep *Multi-Level Governance* diperkenalkan oleh Hooghe dan Marks (1992–2001) untuk mendeskripsikan bagaimana otoritas publik terdistribusi ke berbagai level: global, nasional, regional, dan

local, dalam kebijakan Uni Eropa. Mereka mengklasifikasikan MLG menjadi dua tipe:

- a. MLG Tipe I, yaitu struktur pemerintahan yang bersifat *general-purpose*, hierarkis, dan stabil (misal: pemerintah pusat–provinsi–kabupaten).
- b. MLG Tipe II, yaitu struktur fleksibel dan *issue-based* yang melibatkan jaringan, lembaga *ad hoc*, dan kolaborasi lintas batas.

MLG terus berkembang sebagai kerangka teoretis dalam menganalisis kebijakan publik. MLG kini digunakan untuk menganalisis kebijakan iklim, energi, kota pintar, dan digitalisasi. Mereka menyimpulkan bahwa MLG mampu menjelaskan ketergantungan lintas aktor, fragmentasi kewenangan, serta dinamika koordinasi vertikal dan horizontal.

Dalam analisis historisnya, Piattoni (2010) menunjukkan bahwa MLG memiliki tiga dimensi:

- a. *Theoretical*: menjelaskan struktur kewenangan yang tersebar.
- b. *Structural*: melihat siapa yang berperan dalam kebijakan (state + non-state actors).
- c. *Procedural*: menjelaskan bagaimana kebijakan dihasilkan melalui koordinasi dan negosiasi.

Sementara itu, OECD (2021) menjelaskan bahwa MLG menjadi alat untuk meningkatkan kualitas kebijakan yang membutuhkan kolaborasi lintas sektor dan wilayah. OECD menyebutkan bahwa keberhasilan kebijakan biasanya ditentukan oleh *coordination capacity*, *policy coherence*, dan *institutional alignment* antar level pemerintahan (OECD, 2021).

Lebih jauh, dalam konteks energi, MLG digunakan untuk memahami bagaimana kebijakan transisi energi dipengaruhi oleh interaksi antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, perusahaan energi, lembaga internasional, investor, dan komunitas lokal. Literatur ini menjadi dasar kuat untuk mengkaji program de-dieselisasi PLN.

2.4.2. *Multi-Level Governance* (MLG) dalam Konteks Transisi Energi dan Elektrifikasi Daerah Terpencil

Transisi energi adalah isu lintas-level yang paling sering dianalisis menggunakan MLG. Bazilian et al. (2018) menunjukkan bahwa keputusan transisi energi tidak hanya dipengaruhi oleh pemerintah pusat, tetapi juga pemerintah daerah, pelaku industri, lembaga donor, dan komunitas lokal. Mereka menemukan bahwa koordinasi lemah antar-level dapat menyebabkan risiko struktur biaya, risiko rantai pasok, dan ketidaksesuaian kebijakan.

Dalam konteks elektrifikasi pedesaan, Blum et al. (2013) menunjukkan bahwa proyek energi terbarukan di desa-desa Indonesia sering gagal bukan karena teknologi, tetapi karena lemahnya koordinasi antara pemerintah pusat, pemda, dan operator lokal. Ini merupakan contoh kasus yang sangat cocok untuk MLG, karena keputusan ada di berbagai level: kementerian (regulasi), PLN (operator), dan desa.

Studi global juga menguatkan relevansi MLG. Di Filipina, Stojanovski et al. (2020) menunjukkan bahwa elektrifikasi pulau terpencil berbasis PLTS+BESS memerlukan koordinasi intensif antara regulator energi nasional, operator *grid* (NPC-SPUG), pemda, dan donor internasional. Ketidakterpaduan kebijakan dapat menyebabkan misalignment investasi dan kegagalan proyek.

Di Kenya, Ahlborg et al. (2018) menyimpulkan bahwa keberhasilan *mini-grid* tergantung pada interaksi antara politik nasional, preferensi pemda, dan inovasi sektor swasta. Mereka menyebut struktur transisi energi di Kenya sebagai “*multi-layered governance arena*” yang penuh dengan negosiasi antara aktor-aktor dengan kepentingan berbeda.

Di Tanzania dan Mozambik, Eder et al. (2015) menunjukkan bahwa elektrifikasi pedesaan berbasis energi terbarukan bergantung

pada kombinasi regulasi pusat, dukungan donor, dan kapasitas eksekusi pemda.

Semua temuan ini menunjukkan bahwa transisi energi, termasuk de-dieselisasi, tidak mungkin berhasil tanpa tata kelola multi-level yang efektif.

2.5. Kerangka *Governance–Risk–Control* (GRC) dalam Mengkaji *Multi-Level Governance* (MLG) Program De-dieselisasi

Kerangka *Governance–Risk–Control* (GRC) digunakan untuk mengevaluasi efektivitas tata kelola, pengelolaan risiko, dan pengendalian internal dalam organisasi. Dalam konteks transisi energi, GRC telah digunakan untuk menilai kesiapan institusional, risiko kebijakan, dan efektivitas mekanisme pengawasan. OECD (2021) menyatakan bahwa keberhasilan MLG bergantung pada tiga elemen:

- a. *Governance*: koherensi kebijakan antar level pemerintahan.
- b. *Risk Management*: kemampuan mengidentifikasi dan mengelola risiko lintas lembaga.
- c. *Control*: mekanisme formal yang memastikan kepatuhan dan akuntabilitas.

Blum et al. (2013) menunjukkan bahwa proyek energi terbarukan di desa desa banyak gagal akibat lemahnya kontrol, kurangnya akuntabilitas operator lokal, dan ketidakjelasan peran antar lembaga. Ini adalah indikator risiko MLG yang sangat relevan untuk de-dieselisasi.

Bazilian et al. (2018) menekankan bahwa dalam proyek energi, risiko *governance* mencakup:

- a. risiko koordinasi kebijakan,
- b. risiko regulasi,
- c. risiko kelembagaan,
- d. risiko rantai pasok,
- e. risiko investasi.

Semua risiko ini muncul secara inheren dalam program de-dieselisasi PLN. Dalam konteks PLN, laporan PLN *Energy Transition Strategy* (2024) mengakui adanya risiko implementasi berupa:

- a. ketidaksiapan infrastruktur daerah,
- b. koordinasi pusat–daerah,
- c. dualisme regulasi energi terbarukan,
- d. risiko sosial di masyarakat lokal,
- e. risiko pembiayaan proyek.

2.6. Dampak Lingkungan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan Implikasi Emisi Karbon Pada Program De-dieselisasi

Literatur internasional secara konsisten menunjukkan bahwa sistem kelistrikan *isolated* berbasis diesel memiliki jejak lingkungan yang tidak proporsional dibandingkan skala kapasitasnya. Kondisi ini disebabkan oleh kombinasi rendahnya efisiensi termal PLTD skala kecil, pola operasi yang fluktuatif (*start–stop cycling* dan beban parsial), serta ketergantungan pada rantai pasok bahan bakar minyak (BBM) yang panjang dan tidak efisien di wilayah kepulauan dan terpencil. *International Energy Agency* (IEA) dan *International Renewable Energy Agency* (IRENA) mencatat bahwa intensitas emisi PLTD pada sistem *isolated* dapat mencapai 0,75–0,85 tCO₂ per MWh, jauh lebih tinggi dibandingkan sistem kelistrikan terinterkoneksi. Selain emisi gas rumah kaca, PLTD juga menghasilkan polutan lokal seperti *nitrogen oxides* (NO_x), *sulfur oxides* (SO_x), dan *particulate matter* (PM_{2.5}) yang meningkatkan risiko gangguan pernapasan, penyakit kardiovaskular, serta menurunkan kualitas hidup masyarakat lokal, kelompok yang umumnya memiliki akses terbatas terhadap layanan kesehatan.

Dari perspektif mitigasi perubahan iklim, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menegaskan bahwa substitusi pembangkit diesel dengan sistem energi terbarukan terdesentralisasi, seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang dikombinasikan dengan *battery energy storage*

systems (BESS), biomassa, maupun gasifikasi biomassa lokal, merupakan salah satu opsi mitigasi yang paling *cost-effective* dan cepat direalisasikan di wilayah terpencil. Tidak seperti pembangkit skala besar yang membutuhkan investasi transmisi yang mahal dan kompleks, sistem terdesentralisasi memungkinkan pengurangan emisi secara langsung di titik konsumsi energi (*point-of-use decarbonization*), sekaligus mengurangi risiko lingkungan tambahan akibat transportasi BBM, seperti tumpahan bahan bakar dan degradasi ekosistem pesisir. Dengan demikian, de-dieselsiasi tidak hanya berkontribusi pada penurunan emisi karbon, tetapi juga menghasilkan *co-benefits* lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Namun demikian, manfaat lingkungan dari de-dieselsiasi tidak bersifat otomatis dan sangat bergantung pada konteks tata kelola. Studi empiris oleh Ahlborg et al. dan Sovacool menunjukkan bahwa banyak proyek energi terbarukan di wilayah *remote* gagal mencapai kinerja lingkungan yang diharapkan bukan karena keterbatasan teknologi, melainkan akibat kegagalan koordinasi kelembagaan, lemahnya kapasitas institusional lokal, dan ketidakjelasan akuntabilitas lintas-level. Dalam banyak kasus, sistem PLTS+BESS beroperasi di bawah kapasitas desain, mengalami kegagalan pemeliharaan dini, atau bahkan ditinggalkan, sehingga PLTD tetap beroperasi sebagai sumber listrik utama. Akibatnya, potensi penurunan emisi karbon yang telah diperhitungkan dalam dokumen perencanaan tidak pernah terealisasi secara nyata.

Untuk memenuhi ekspektasi jurnal lingkungan, manfaat mitigasi karbon program de-dieselsiasi perlu ditunjukkan melalui perhitungan emisi yang transparan dan seimbang. Pada sisi PLTD eksisting, estimasi emisi operasional umumnya dihitung berdasarkan konsumsi BBM dengan pendekatan inventarisasi berbasis aktivitas:

$$E_{PLTD} = Fuel(kL) \times EF_{diesel}(tCO_2/kL) = Fuel(kL) \times EF_{diesel}(tCO_2/kL)$$

Berdasarkan data sekunder PLN hingga Juni 2025, total penghematan BBM dari Program Eliminasi BBM mencapai 1.346.498 kL per tahun.

Dengan menggunakan faktor emisi diesel 2,68 tCO₂/kL, maka emisi karbon yang berpotensi dihindari berada pada kisaran ±3,61 juta tCO₂ per tahun. Pendekatan ini lazim digunakan dalam estimasi awal karena tidak memerlukan data produksi listrik rinci per lokasi, serta konsisten dengan praktik pelaporan emisi berbasis faktor emisi.

Namun, perbandingan yang adil menuntut perhatian pada emisi siklus hidup (*life-cycle emissions*) dari teknologi pengganti. Sistem PLTS+BESS tidak sepenuhnya nol emisi karena terdapat emisi dari produksi material, manufaktur modul dan baterai, transportasi, konstruksi, operasi–pemeliharaan, penggantian komponen, hingga *end-of-life*. Berbagai studi *life-cycle assessment* (LCA) menunjukkan bahwa jejak karbon PLTS berada pada orde puluhan gram CO₂e per kWh, misalnya sekitar 10–36 gCO₂e/kWh, tergantung teknologi modul dan sumber energi manufaktur, jauh lebih rendah dibandingkan emisi operasional PLTD yang dapat mendekati ~1 kgCO₂/kWh. Dengan demikian, meskipun PLTS menghasilkan emisi di hulu (*upstream*), intensitasnya tetap sangat kecil dibandingkan pembangkit berbasis diesel.

Komponen BESS menambah kompleksitas karena emisi utamanya berasal dari proses manufaktur baterai, termasuk pemrosesan material katoda dan anoda, energi pabrik sel, dan *pack assembly*. Literatur LCA menunjukkan rentang emisi manufaktur baterai yang lebar, berkisar ~56–494 kgCO₂ per kWh kapasitas baterai, tergantung kimia baterai dan sumber listrik manufaktur. Oleh karena itu, emisi BESS perlu diamortisasi terhadap energi listrik yang benar-benar disalurkan selama umur pakai (*throughput*), dengan mempertimbangkan jumlah siklus, *depth of discharge* (DoD), dan efisiensi sistem. Dalam ilustrasi konservatif, dengan emisi manufaktur 100–200 kgCO₂/kWh_{cap}, 3.000 siklus, DoD 80%, dan efisiensi 90%, emisi teramortisasi BESS berada pada kisaran ±46–93 gCO₂e/kWh. Nilai ini menunjukkan bahwa BESS dapat menjadi komponen dominan emisi siklus hidup apabila utilisasi rendah atau siklus tidak tercapai akibat kegagalan operasi dan pemeliharaan.

Untuk menilai reduksi emisi bersih, emisi PLTD yang dihindari dibandingkan dengan emisi siklus hidup PLTS+BESS. Dengan asumsi konsumsi spesifik genset 0,27–0,33 liter/kWh, penghematan BBM 1,346 miliar liter per tahun setara dengan sekitar 4,1–5,0 TWh listrik per tahun. Jika intensitas emisi PLTS berada pada kisaran 25–44 gCO₂e/kWh dan kontribusi teramortisasi BESS 20–90 gCO₂e/kWh, maka tambahan emisi sistem pengganti berada pada kisaran ±0,18–0,67 juta tCO₂e per tahun. Dengan demikian, bahkan pada skenario konservatif, program de-dieselsiasi tetap menghasilkan reduksi emisi bersih sekitar ±3,0–3,4 juta tCO₂e per tahun.

Lebih jauh, OECD dan IRENA menekankan bahwa kegagalan tata kelola multi-level dalam proyek transisi energi sering menghasilkan “*environmental performance gap*”, yaitu selisih antara manfaat lingkungan yang direncanakan dan manfaat yang benar-benar dicapai. Dalam konteks sistem *isolated* yang tersebar secara geografis dan melibatkan banyak aktor lintas level, *kualitas Multi-Level Governance* menjadi faktor penentu apakah potensi reduksi emisi tersebut dapat direalisasikan atau justru hilang akibat keterlambatan proyek, kegagalan OM (*Operation* dan *Maintenance*), dan lemahnya akuntabilitas. Dengan demikian, literatur lingkungan dan energi secara kolektif menegaskan bahwa penurunan emisi karbon merupakan outcome institusional yang sangat bergantung pada tata kelola, bukan semata-mata hasil pemilihan teknologi. Celah analitis inilah yang menjadi fokus utama penelitian ini, dengan menempatkan Program De-dieselsiasi PLN sebagai studi kasus untuk memahami bagaimana *Multi-Level Governance* memediasi atau justru menghambat realisasi manfaat lingkungan dari transisi energi di wilayah 3T.