

Energi Bersih untuk Kehidupan Berkelanjutan:

Paradigma Baru Pembangunan Hijau

Oleh Rudy C Tarumingkeng



Rudy C Tarumingkeng: **Energi Bersih untuk Kehidupan Berkelanjutan**
- Paradigma Baru Pembangunan Hijau

Oleh:

[Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD](#)

Professor of Management NUP: 9903252922

Rektor, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan
Rektor, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari)

Coordinator, CIDA/DIKTI SFU Burnaby BC Canada 1988-1991

Rektor, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Ketua Dewan Guru Besar, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Ketua Senat Akademik, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

rudyct75@gmail.com

ENERGI BERSIH UNTUK KEHIDUPAN BERKELANJUTAN: PARADIGMA BARU PEMBANGUNAN HIJAU

Pendahuluan

Di abad ke-21, energi tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai soal pasokan listrik, bahan bakar, atau kapasitas pembangkit. Energi telah menjadi poros yang menghubungkan tiga agenda besar sekaligus: pertumbuhan ekonomi, keadilan sosial, dan keberlanjutan ekologis. Pada masa lalu, pembangunan sering diukur melalui logika yang sederhana: semakin besar konsumsi energi, semakin tinggi produksi, dan semakin cepat pula pertumbuhan ekonomi. Logika ini memang sempat berhasil mendorong industrialisasi, memperluas konektivitas, dan mengangkat taraf hidup jutaan orang. Namun, ia dibangun di atas fondasi yang kini makin rapuh, yaitu ketergantungan besar pada energi fosil, biaya kesehatan yang tersembunyi akibat polusi, kerentanan geopolitik terhadap fluktuasi harga bahan bakar, serta krisis iklim yang makin nyata di berbagai wilayah dunia. ([World Health Organization](#))

Di sinilah gagasan **energi bersih** memperoleh arti yang jauh lebih mendalam daripada sekadar penggantian sumber energi. Energi bersih adalah pintu masuk menuju perubahan paradigma pembangunan. Ia menggeser cara pandang lama yang menempatkan alam hanya sebagai

sumber ekstraksi, menuju cara pandang baru yang melihat energi sebagai bagian dari sistem kehidupan yang harus menopang generasi kini tanpa merusak kemampuan generasi mendatang untuk hidup layak. Karena itu, pembicaraan tentang energi bersih sesungguhnya adalah pembicaraan tentang masa depan peradaban: bagaimana negara, pasar, teknologi, dan masyarakat sipil membangun tata kehidupan yang lebih tahan guncangan, lebih adil, dan lebih bijaksana secara ekologis. (IPCC)

Perubahan ini bukan semata idealisme normatif. Ia sedang berlangsung di hadapan kita. IEA memperkirakan pangsa energi terbarukan dalam pembangkitan listrik global naik dari 32% pada 2024 menjadi 43% pada 2030, dan selama 2025–2030 energi terbarukan diproyeksikan memenuhi lebih dari 90% pertumbuhan permintaan listrik global. IEA juga menyebut energi terbarukan diperkirakan melampaui batubara sebagai sumber pembangkitan listrik terbesar secara global pada akhir 2025 atau paling lambat pertengahan 2026. Pada saat yang sama, IRENA mencatat penambahan kapasitas energi terbarukan global mencapai 585 GW pada 2024, atau lebih dari 90% dari total ekspansi kapasitas listrik dunia pada tahun itu. Artinya, dunia sedang bergerak dari era “energi kotor untuk pertumbuhan cepat” ke era “energi bersih untuk ketahanan dan keberlanjutan.” (IEA)

Namun, arah baru ini juga memunculkan pertanyaan akademik yang penting. Apakah energi bersih hanya berarti panel surya, turbin angin, dan kendaraan listrik? Ataukah ia menuntut perubahan lebih mendasar dalam desain kebijakan, perilaku konsumsi, struktur industri, relasi pusat-daerah, dan cara kita mengukur kemajuan? Tulisan ini berargumen bahwa energi bersih harus dipahami sebagai **paradigma baru pembangunan hijau**, yaitu kerangka pembangunan yang tidak lagi mengejar pertumbuhan ekonomi secara sempit, melainkan mengintegrasikan efisiensi energi, dekarbonisasi, kesehatan publik, pemerataan akses, inovasi teknologi, dan keadilan antargenerasi dalam satu arsitektur pembangunan.

1. Memahami Energi Bersih sebagai Konsep Sistemik

Secara sederhana, energi bersih adalah energi yang menghasilkan emisi dan polusi jauh lebih rendah dibandingkan sistem energi fosil konvensional. Akan tetapi, dalam pengertian yang lebih komprehensif, energi bersih tidak berhenti pada jenis sumber energinya. Ia juga mencakup **efisiensi energi, elektrifikasi penggunaan akhir, penyimpanan energi, modernisasi jaringan listrik, digitalisasi sistem,** dan bahkan **akses energi bersih untuk memasak**. Dengan kata lain, energi bersih bukan sekadar mengganti satu komoditas dengan komoditas lain, melainkan merancang ulang seluruh sistem energi agar lebih efisien, lebih fleksibel, dan lebih rendah emisi. IRENA menekankan bahwa baterai, sistem hibrida, dan digitalisasi menjadi semakin vital untuk integrasi energi terbarukan variabel; bahkan alat digital berbasis AI mulai berperan dalam meningkatkan kinerja aset dan responsivitas jaringan. ([IRENA](#))

Karena itu, energi bersih adalah konsep yang bersifat **sistemik**. Sebuah negara tidak dapat mengklaim bergerak ke energi bersih hanya karena membangun PLTS dalam jumlah tertentu, sementara bangunan-bangunannya tetap boros energi, transportasinya bergantung pada bahan bakar kotor, dapur rumah tangga masih menggunakan bahan bakar berpolusi tinggi, dan jaringan listriknya belum mampu menyerap listrik dari sumber yang tersebar. Dalam pendekatan sistemik, keberhasilan energi bersih diukur dari kemampuan suatu bangsa menurunkan intensitas karbon, memperluas akses yang adil, memperkecil biaya kesehatan akibat polusi, meningkatkan keandalan pasokan, dan menciptakan ekosistem ekonomi baru yang lebih produktif.

Dari perspektif pembangunan, ini merupakan pergeseran epistemologis yang penting. Paradigma lama memandang energi sebagai input bagi produksi. Paradigma baru memandang energi sebagai **infrastruktur**

kehidupan. Ia menentukan kualitas udara yang kita hirup, biaya rumah tangga yang kita tanggung, daya saing industri yang kita bangun, hingga keadilan sosial yang dapat kita wujudkan. Maka, ketika kita berbicara tentang energi bersih untuk kehidupan berkelanjutan, sesungguhnya kita sedang membicarakan relasi antara teknologi dan martabat manusia.

2. Mengapa Paradigma Lama Tidak Lagi Memadai

Paradigma energi konvensional lahir dalam konteks abad industri, ketika kelimpahan batubara, minyak, dan gas menjadi mesin pertumbuhan ekonomi. Di banyak negara, pembangunan dipercepat oleh pembangkit besar berbahan bakar fosil yang terpusat, industri padat energi, dan subsidi yang membuat energi tampak murah di permukaan. Tetapi "murah" di sini sering kali menipu, sebab harga pasar tidak memasukkan biaya eksternal seperti polusi udara, kerusakan ekosistem, gangguan kesehatan, kemacetan logistik bahan bakar, serta kerentanan terhadap gejolak harga global. WHO menegaskan bahwa paparan polusi udara berkaitan erat dengan stroke, penyakit jantung iskemik, penyakit paru obstruktif kronik, kanker paru, dan pneumonia. Dalam kerangka ekonomi-politik, hal ini berarti sistem energi kotor sesungguhnya memindahkan biaya dari neraca perusahaan ke tubuh manusia dan anggaran kesehatan publik. ([World Health Organization](#))

Paradigma lama juga tidak cocok dengan konteks risiko abad ke-21. Ketika harga energi global berkejut akibat konflik geopolitik, negara yang sangat bergantung pada impor bahan bakar menjadi rentan. Ketika perubahan iklim memicu cuaca ekstrem, sistem energi yang tidak tangguh menghadapi beban ganda: permintaan meningkat, infrastruktur terganggu, dan biaya pemulihan melonjak. Ketika kota-kota bertumbuh, polusi menjadi persoalan produktivitas tenaga kerja dan kualitas hidup. Di titik ini, energi bersih bukan sekadar proyek lingkungan; ia adalah strategi mengurangi risiko sistemik.

Selain itu, paradigma lama cenderung sangat terpusat. Pembangkit besar dibangun jauh dari masyarakat, keputusan dibuat dari atas, dan warga hanya diposisikan sebagai konsumen pasif. Model ini efektif untuk era industrialisasi awal, tetapi tidak selalu cocok bagi wilayah kepulauan, daerah terpencil, atau komunitas yang memiliki potensi energi lokal. Dalam konteks demikian, sistem yang terlalu terpusat dapat menciptakan ketimpangan akses. Laporan Tracking SDG 7 menunjukkan bahwa solusi terdesentralisasi seperti mini-grid dan solar off-grid sangat penting untuk menjangkau komunitas terpencil, terutama karena penduduk yang belum teraliri listrik banyak tinggal di wilayah yang rapuh, berpendapatan rendah, dan berjauhan dari jaringan utama. ([World Bank](#))

3. Paradigma Baru Pembangunan Hijau

Paradigma baru pembangunan hijau menempatkan energi bersih sebagai pilar utama transformasi. Bukan sekadar demi menurunkan emisi, tetapi juga untuk membentuk ekonomi yang lebih tahan terhadap guncangan, lebih inovatif, dan lebih inklusif. Dalam paradigma ini, pertumbuhan ekonomi tidak dipisahkan dari kualitas lingkungan dan kesejahteraan sosial. Sebaliknya, ketiganya dilihat sebagai tujuan yang saling memperkuat.

Pembangunan hijau berbeda dari sekadar “penghijauan kosmetik.” Ia bukan penambahan label ramah lingkungan pada model pembangunan lama. Pembangunan hijau adalah perubahan struktur insentif dan arah investasi. IEA mencatat bahwa investasi energi global pada 2025 diperkirakan mencapai USD 3,3 triliun, dan sekitar USD 2,2 triliun di antaranya mengalir ke energi bersih—meliputi energi terbarukan, nuklir, jaringan, penyimpanan, bahan bakar rendah emisi, efisiensi, dan elektrifikasi—atau dua kali lipat lebih besar daripada investasi ke minyak, gas, dan batubara. Ini menunjukkan bahwa logika ekonomi global mulai

membaca energi bersih bukan sebagai beban, melainkan sebagai pusat pertumbuhan masa depan. ([IEA](#))

Akan tetapi, paradigma baru ini juga mengandung unsur etik. Ia menolak ide bahwa pembangunan dapat dianggap sukses bila PDB naik tetapi udara memburuk, masyarakat miskin tetap hidup dalam ketidakpastian energi, dan beban ekologis diwariskan ke generasi berikut. Paradigma baru justru bertanya: apakah pertumbuhan menciptakan kualitas hidup yang lebih baik? Apakah teknologi memperluas akses atau justru memperdalam ketimpangan? Apakah transisi energi memberi manfaat bagi komunitas lokal, atau hanya menggeser rente dari satu kelompok ke kelompok lain? Pertanyaan-pertanyaan ini menjadikan pembangunan hijau bukan hanya agenda teknokratik, melainkan agenda moral dan kelembagaan.

4. Pilar-Pilar Paradigma Energi Bersih

a. Dekarbonisasi dan stabilitas iklim

Pilar pertama adalah dekarbonisasi. Dunia kini menghadapi tekanan besar untuk menurunkan emisi jika ingin menjaga tujuan iklim internasional tetap dalam jangkauan. IRENA menegaskan bahwa tripling kapasitas energi terbarukan dan pelipatan ganda efisiensi energi sampai 2030 merupakan prasyarat penting agar sasaran 1,5°C tetap mungkin. Namun, rencana nasional yang ada saat ini baru mengarah pada sekitar setengah pertumbuhan yang dibutuhkan; dunia masih menghadapi kekurangan sekitar 3,8 TW dari target 2030 dan perlu menaikkan investasi tahunan ke kapasitas terbarukan menjadi sekitar USD 1,5 triliun per tahun pada 2024–2030. ([IRENA](#))

Dari sudut pandang pembangunan, dekarbonisasi bukan sekadar kewajiban global. Ia adalah strategi adaptif untuk menghindari biaya kerusakan jangka panjang. Negara yang lambat bertransisi berisiko menghadapi aset terlantar, biaya kesehatan yang meningkat, tekanan

dagang terkait karbon, dan ketertinggalan teknologi. Dengan demikian, energi bersih harus dibaca sebagai investasi pencegahan sekaligus investasi masa depan.

b. Kesehatan publik dan kualitas hidup

Pilar kedua adalah kesehatan. Argumen ini sering diremehkan karena diskursus energi terlalu lama didominasi oleh urusan tarif dan kapasitas. Padahal, kualitas energi sangat memengaruhi kualitas udara, dan kualitas udara sangat memengaruhi kualitas hidup. WHO menunjukkan bahwa polusi udara berdampak pada hampir seluruh organ tubuh dan berhubungan dengan berbagai penyakit serius. Dalam rumah tangga, penggunaan bahan bakar kotor untuk memasak juga memperburuk risiko kesehatan, terutama bagi perempuan, anak, dan kelompok rentan. ([World Health Organization](#))

Karena itu, transisi ke energi bersih memberi manfaat kesehatan yang tidak kecil. Ketika kota mengurangi pembakaran bahan bakar fosil, ketika rumah tangga beralih ke teknologi memasak yang lebih bersih, dan ketika pembangkit listrik rendah emisi menggantikan sumber yang sangat polutif, manfaatnya tidak hanya terlihat pada indikator emisi, tetapi juga pada penurunan penyakit, peningkatan produktivitas, dan berkurangnya beban biaya kesehatan. Ini menjelaskan mengapa energi bersih sesungguhnya adalah kebijakan kesehatan masyarakat yang bekerja melalui sektor energi.

c. Ketahanan energi dan keamanan nasional

Pilar ketiga adalah ketahanan energi. Sistem energi berbasis fosil sering bergantung pada rantai pasok bahan bakar, impor, volatilitas harga, dan dinamika geopolitik global. Sebaliknya, sumber energi terbarukan seperti surya, angin, air, dan panas bumi berbasis pada potensi domestik. IRENA menegaskan bahwa energi terbarukan menguntungkan karena membatasi ketergantungan pada pasar bahan bakar internasional dan

memperkuat keamanan energi. Bahkan, energi terbarukan pada 2024 membantu menghindari biaya bahan bakar fosil hingga ratusan miliar dolar secara global. ([IRENA](#))

Ketahanan energi dalam paradigma baru bukan berarti swasembada dalam pengertian tertutup, melainkan kemampuan suatu negara untuk mengelola sumber daya lokal, mendiversifikasi pasokan, memperkuat jaringan, dan mengurangi kerentanan terhadap guncangan eksternal. Negara dengan bauran energi yang lebih bersih dan beragam akan lebih siap menghadapi krisis harga, gangguan pasokan, atau tekanan geopolitik.

d. Efisiensi ekonomi dan daya saing baru

Pilar keempat adalah efisiensi ekonomi. Salah satu perubahan paling penting beberapa tahun terakhir adalah melemahnya anggapan bahwa energi bersih selalu lebih mahal. IRENA melaporkan bahwa 91% proyek energi terbarukan skala utilitas yang beroperasi pada 2024 menghasilkan listrik dengan biaya lebih rendah daripada alternatif fosil baru termurah. Secara rata-rata, PLTS pada 2024 sekitar 41% lebih murah dan pembangkit angin darat sekitar 53% lebih murah dibandingkan alternatif fosil baru termurah. ([IRENA](#))

Data ini penting karena mengubah logika kebijakan. Bila dulu argumen mendukung energi terbarukan sering bertumpu pada alasan moral atau lingkungan, kini alasan ekonominya semakin kuat. Energi bersih bukan lagi "opsi mahal yang harus disubsidi demi masa depan," melainkan semakin menjadi "opsi rasional untuk sistem energi yang lebih murah, stabil, dan modern." Bagi industri, ini berarti peluang menurunkan biaya jangka panjang. Bagi pemerintah, ini berarti kesempatan mengalihkan belanja dari subsidi bahan bakar ke investasi produktif seperti jaringan, penyimpanan, inovasi, dan perlindungan sosial transisi.

e. Inklusi sosial dan keadilan energi

Pilar kelima adalah keadilan energi. Kemajuan energi tidak dapat hanya diukur dari total kapasitas nasional; ia juga harus dinilai dari siapa yang mendapat manfaat, siapa yang tertinggal, dan siapa yang menanggung biaya transisi. Laporan SDG 7 menunjukkan bahwa meskipun hampir 92% penduduk dunia kini memiliki akses dasar ke listrik, lebih dari 666 juta orang masih belum memiliki akses, dan sekitar 2,1 miliar orang masih bergantung pada bahan bakar serta teknologi memasak yang polutif. Solusi terdesentralisasi dan pembiayaan yang terjangkau menjadi kunci untuk menjembatani kesenjangan tersebut. ([World Bank](#))

Dalam kerangka ini, energi bersih harus diposisikan sebagai instrumen keadilan sosial. Energi bukan sekadar utilitas; ia adalah syarat bagi pendidikan, kesehatan, kewirausahaan, dan partisipasi sosial. Desa yang mendapat listrik andal memperoleh peluang belajar lebih panjang, penyimpanan dingin untuk hasil pertanian, layanan kesehatan malam hari, dan akses digital yang lebih baik. Artinya, setiap kilowatt-jam dari energi bersih dapat dibaca sebagai perluasan ruang hidup manusia.

5. Energi Bersih sebagai Arsitektur Teknologi Baru

Paradigma baru pembangunan hijau juga menuntut perubahan dalam arsitektur teknologi. Sistem energi bersih modern dibangun atas empat lapis yang saling terkait.

Lapis pertama adalah **sumber energi terbarukan**: surya, angin, air, panas bumi, bioenergi berkelanjutan, dan dalam konteks tertentu energi laut. Lapis kedua adalah **jaringan**: transmisi, distribusi, interkoneksi, dan smart grid yang memungkinkan listrik dari banyak titik terserap secara efisien. Lapis ketiga adalah **fleksibilitas**: baterai, pumped storage, demand response, dan integrasi beban yang dapat merespons variasi produksi. Lapis keempat adalah **kecerdasan sistem**: digitalisasi, sensor, prakiraan cuaca, analitik data, dan AI untuk pengelolaan beban serta pemeliharaan prediktif. IRENA menegaskan bahwa kemajuan baterai,

sistem hibrida, dan alat digital berbasis AI semakin penting untuk integrasi energi terbarukan variabel. ([IRENA](#))

Dari sini terlihat bahwa transisi energi bukan persoalan “membangun PLTS sebanyak mungkin.” Banyak negara justru menghadapi kendala integrasi jaringan, keterlambatan perizinan, keterbatasan kapasitas transmisi, dan biaya pembiayaan yang tinggi. IRENA memperingatkan bahwa tantangan integrasi grid dan pembiayaan kini menjadi hambatan yang semakin menonjol, terutama di negara berkembang dan pasar yang terkendala modal. Jadi, sukses energi bersih bergantung bukan hanya pada teknologi primer, tetapi juga pada kualitas institusi, regulasi, dan pembiayaan.

Bayangkan sebuah kawasan industri di masa depan. Atap gudang dipasang panel surya, beban puncak diatur secara digital, baterai menyimpan kelebihan listrik siang hari, kendaraan logistik sebagian sudah beralih ke listrik, dan pabrik memanfaatkan sistem efisiensi energi untuk menekan pemborosan. Dalam model seperti ini, energi bersih bukan aksesoris, melainkan fondasi daya saing. Industri menjadi lebih tahan terhadap kenaikan harga bahan bakar, lebih mudah memenuhi standar ESG, dan lebih siap masuk ke rantai pasok global yang menuntut jejak karbon rendah.

6. Tren Global: Dunia Sedang Bergerak, tetapi Belum Cukup Cepat

Secara global, transisi ke energi bersih mengalami kemajuan cepat, tetapi belum cukup cepat untuk memenuhi target iklim dan pembangunan berkelanjutan. Pada 2024, dunia menambah 585 GW kapasitas energi terbarukan, mencapai total 4.448 GW, dan energi terbarukan menyumbang lebih dari 90% penambahan kapasitas listrik dunia. IEA juga menunjukkan bahwa pertumbuhan pembangkitan dari energi terbarukan dan nuklir menyumbang lebih dari 80% pertumbuhan produksi listrik global pada 2024. Ini adalah sinyal kuat bahwa struktur energi global mulai berubah secara fundamental. ([IRENA](#))

Namun, dunia masih belum berada pada lintasan ideal. IRENA menilai rencana nasional saat ini belum cukup untuk mencapai target tripling renewables pada 2030. Di sisi lain, kemajuan sangat timpang secara geografis. Beberapa negara bergerak cepat karena memiliki industri manufaktur kuat, biaya modal rendah, dan kebijakan yang stabil. Sementara itu, banyak negara berkembang menghadapi biaya pendanaan yang tinggi, jaringan yang lemah, dan keterbatasan fiskal. Jadi, tantangan utama bukan lagi membuktikan bahwa energi bersih dapat bekerja, melainkan memastikan bahwa ia dapat bekerja **secara adil** di semua konteks pembangunan. ([IRENA](#))

Dari perspektif tata kelola global, inilah persoalan besar abad ini: bagaimana menghindari situasi di mana transisi energi hanya dinikmati negara yang sudah kaya modal, sementara negara berkembang tertinggal karena biaya pembiayaan lebih tinggi. IEA dan Bank Dunia sama-sama menekankan pentingnya pembiayaan, reformasi lembaga keuangan, dan dukungan internasional agar kesenjangan tersebut tidak makin lebar. ([World Bank](#))

7. Dimensi Sosial-Ekonomi: Pekerjaan, Keterampilan, dan Transisi yang Adil

Salah satu kekuatan utama paradigma energi bersih adalah kapasitasnya menciptakan struktur ekonomi baru. IRENA bersama ILO memperkirakan lapangan kerja energi terbarukan global telah mencapai setidaknya 16,6 juta pada edisi 2025 review yang terbit Januari 2026; pada edisi sebelumnya, 2023 saja sudah tercatat 16,2 juta pekerjaan, dengan sektor surya dan biofuel sebagai penyumbang utama. IRENA juga menekankan bahwa keterampilan, pendidikan, dan pembelajaran seumur hidup menjadi syarat strategis bagi keberhasilan transisi. ([IRENA](#))

Akan tetapi, penciptaan lapangan kerja tidak terjadi secara otomatis dan merata. Transisi energi selalu melibatkan redistribusi kesempatan. Pekerjaan di energi bersih sering memerlukan kompetensi yang berbeda

dari sektor fosil: instalasi, pemeliharaan digital, analitik sistem, manufaktur komponen, rekayasa jaringan, dan pengelolaan data. Artinya, pendidikan vokasi, politeknik, universitas, dan pelatihan kerja harus ikut berubah. Tanpa itu, transisi bisa menghasilkan paradoks: proyek hijau tumbuh, tetapi tenaga kerja lokal tidak siap, sehingga manfaat ekonominya bocor ke luar.

Dalam konteks inilah konsep **just transition** menjadi penting. Transisi yang adil berarti pekerja dan komunitas yang sebelumnya hidup dari ekonomi fosil tidak dibiarkan menanggung beban sendirian. Mereka perlu mendapatkan jaminan sosial, pelatihan ulang, dukungan relokasi, penciptaan industri baru, dan rencana pembangunan wilayah pascatambang atau pasca-PLTU. Jika transisi diabaikan sebagai soal teknis belaka, resistensi sosial akan menguat. Sebaliknya, bila ia dibangun sebagai kontrak sosial baru, energi bersih dapat menjadi motor rekonsiliasi antara pertumbuhan dan keadilan.

8. Indonesia: Potensi Besar, Capaian Bertahap, Tantangan Nyata

Indonesia merupakan contoh yang sangat menarik dalam pembahasan energi bersih. Di satu sisi, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar. Kementerian ESDM menyebut potensi EBT Indonesia mencapai lebih dari 3.600 GW, dan pada sejumlah publikasi resmi dikutip sekitar 3.687 GW. Potensi itu tersebar pada surya, hidro, bioenergi, angin, panas bumi, dan energi laut. Namun, pemanfaatannya sampai 2025 masih sekitar 15,6 GW, artinya baru sebagian kecil dari total potensi yang telah digunakan. ([Kementerian ESDM](#))

Di sisi lain, Indonesia juga menghadapi realitas sebagai negara kepulauan besar dengan kebutuhan pembangunan yang beragam. Meski rasio elektrifikasi nasional pada triwulan I 2025 telah mencapai 99,83%, ESDM mencatat masih ada sekitar 5.700 desa dan 1,3 juta rumah tangga yang belum terjangkau listrik PLN. Fakta ini sangat penting secara konseptual: transisi energi Indonesia tidak bisa hanya berfokus

pada dekarbonisasi sistem besar, tetapi juga harus menyelesaikan agenda keadilan akses. Dalam konteks Indonesia, pembangunan energi bersih harus selalu bergerak pada dua kaki: **menurunkan emisi** dan **memperluas pemerataan**. ([Kementerian ESDM](#))

Perkembangan terbaru menunjukkan ada kemajuan, walau belum secepat target awal. Laporan kinerja resmi ESDM menunjukkan realisasi bauran EBT pada akhir 2024 sekitar 13,17% termasuk penggunaan BBN. Pada 2025, bauran energi EBT meningkat menjadi 15,75%, sedangkan khusus sektor ketenagalistrikan capaian bauran EBT mencapai 16,3%, melampaui target RUKN untuk ketenagalistrikan sebesar 15,9%. Ini menunjukkan adanya kenaikan, tetapi juga mengingatkan bahwa perjalanan menuju sistem energi yang jauh lebih bersih masih panjang. ([Kementerian ESDM](#))

9. Panas Bumi, Surya, dan Pemerataan Energi: Narasi Indonesia yang Sedang Bertumbuh

Indonesia memiliki keunggulan khas yang tidak dimiliki semua negara: **panas bumi**. Kementerian ESDM menyebut potensi panas bumi Indonesia mencapai sekitar 23,6 GW, sementara kapasitas terpasang saat ini sekitar 2,6 GW. Indonesia juga disebut sebagai produsen listrik panas bumi terbesar kedua di dunia, dengan kontribusi sekitar 5,3% terhadap bauran energi nasional. Pada akhir 2024, pemerintah menilai panas bumi sebagai salah satu "low hanging fruit" untuk menaikkan porsi EBT karena sifatnya andal dan cocok sebagai pembangkit baseload rendah emisi. ([Kementerian ESDM](#))

Selain panas bumi, tenaga surya sangat penting karena skala potensinya besar dan penerapannya lentur: dari atap rumah, bangunan komersial, lahan terbuka, hingga sistem terapung dan mini-grid desa. Surya memberi peluang bagi desentralisasi, sementara panas bumi memberi stabilitas. Hidro memberi daya untuk wilayah tertentu, bioenergi berperan dalam konteks Indonesia karena terkait kebijakan biodiesel,

dan angin mulai memperoleh ruang lebih besar. Dengan kata lain, sistem energi bersih Indonesia yang ideal bukan mono-teknologi, melainkan **portofolio** yang menyesuaikan karakter geografis dan sosial-ekonomi tiap wilayah.

Bayangkan sebuah desa pegunungan atau pulau kecil yang sebelumnya hanya menikmati listrik beberapa jam pada malam hari. Ketika PLTS komunal, mikrohidro, atau sistem hibrida mulai beroperasi, yang berubah bukan hanya lampu yang menyala. Anak-anak dapat belajar lebih lama, freezer ikan atau hasil panen dapat bekerja, sinyal komunikasi menjadi lebih stabil, dan usaha kecil bisa tumbuh. Dalam narasi seperti ini, energi bersih berfungsi sebagai **alat pemberdayaan sosial**. Karena itu, program pemerataan energi bukan sekadar proyek teknis, melainkan proyek peradaban yang mengubah ritme hidup masyarakat.

10. RUPTL 2025–2034: Arah Baru Ketenagalistrikan Indonesia

Salah satu perkembangan paling penting dalam konteks Indonesia adalah RUPTL PLN 2025–2034. Menurut Kementerian ESDM, total tambahan kapasitas pembangkit yang direncanakan mencapai 69,5 GW hingga 2034. Dari jumlah tersebut, sekitar 76% atau 52,9 GW akan berasal dari EBT dan sistem penyimpanan energi; rinciannya 42,6 GW EBT dan 10,3 GW storage, sementara sisanya 16,6 GW berasal dari pembangkit fosil. Jenis EBT yang akan dikembangkan meliputi surya 17,1 GW, hidro 11,7 GW, angin 7,2 GW, panas bumi 5,2 GW, dan bioenergi 0,9 GW. ([Kementerian ESDM](#))

RUPTL ini penting bukan hanya karena angkanya besar, tetapi karena ia merefleksikan perubahan paradigma. Pertama, storage dimasukkan secara eksplisit sebagai bagian dari strategi, yang berarti kebijakan mulai membaca bahwa masa depan energi bersih memerlukan fleksibilitas sistem, bukan hanya kapasitas pembangkitan. Kedua, fokus lima tahun kedua RUPTL bergeser makin kuat ke EBT dan storage. Ketiga, dukungan jaringan juga diperbesar: pemerintah menargetkan pembangunan

transmisi hampir 48.000 kilometer sirkuit serta gardu induk berkapasitas total 108.000 MVA. PLN bahkan menyebut pembangunan **Green Super Grid** sepanjang 47.758 kms sebagai tulang punggung penyaluran listrik dari sumber EBT yang tersebar jauh dari pusat beban. ([Kementerian ESDM](#))

Dari sisi sosial-ekonomi, RUPTL 2025–2034 diproyeksikan membuka investasi sekitar Rp2.967,4 triliun dan menciptakan lebih dari 1,7 juta lapangan kerja baru, dengan porsi sangat besar di kategori green jobs. Program ini juga menysasar elektrifikasi 5.758 desa yang belum teraliri listrik dan sekitar 780 ribu rumah tangga. Jika dilaksanakan secara konsisten, RUPTL bukan hanya dokumen teknis PLN, melainkan cetak biru transformasi pembangunan nasional berbasis energi bersih. ([PT PLN \(Persero\)](#))

11. Bioenergi dan Kompleksitas Jalan Indonesia

Indonesia juga memiliki jalur transisi yang khas melalui bioenergi, khususnya biodiesel. Pada 2025, implementasi B40 mencapai 14,2 juta kL, melampaui target indikator tahunan, dan menurut ESDM kebijakan ini menurunkan impor solar sekitar 3,3 juta kL, menghemat devisa Rp130,21 triliun, serta menurunkan emisi sekitar 38,88 juta ton CO₂ ekuivalen. Pemerintah juga menekankan efek nilai tambah dan penyerapan tenaga kerja dari rantai nilai sawit-biodiesel. ([Kementerian ESDM](#))

Namun, secara akademik bioenergi harus dibahas secara jernih dan tidak romantik. Ia memang dapat berkontribusi pada transisi, khususnya dalam konteks ketahanan energi dan substitusi impor. Tetapi keberlanjutannya bergantung pada tata kelola lahan, produktivitas, perlindungan hutan, pengelolaan rantai pasok, serta standar keberlanjutan yang ketat. Jika bioenergi dikelola buruk, manfaat karbonnya bisa diperdebatkan. Karena itu, bioenergi di Indonesia sebaiknya diposisikan sebagai bagian dari portofolio transisi yang harus

tunduk pada prinsip **sustainability by design**, bukan sekadar ekspansi produksi.

12. Tantangan Besar Transisi Energi Bersih

Walau arah perubahan makin jelas, transisi energi bersih tidak berjalan tanpa hambatan. Tantangan pertama adalah **jaringan listrik**. Banyak proyek EBT tidak terkendala di teknologi pembangkit, melainkan pada transmisi, interkoneksi, dan kemampuan sistem menyerap listrik yang variabel. IRENA menekankan bahwa bottleneck grid, keterlambatan perizinan, dan biaya integrasi menjadi kendala yang makin penting. Ini berarti pembangunan energi bersih harus bergerak seiring dengan reformasi perencanaan sistem listrik. ([IRENA](#))

Tantangan kedua adalah **pembiayaan**. Di banyak negara berkembang, biaya modal yang tinggi membuat LCOE energi terbarukan menjadi kurang kompetitif meskipun biaya teknologinya sudah turun. IRENA menunjukkan bahwa perbedaan struktur biaya antara kawasan bisa sangat dipengaruhi oleh biaya pembiayaan. Bank Dunia dan laporan SDG 7 juga menyoroti kebutuhan akan modal murah, pembiayaan konsesional, dan instrumen mitigasi risiko untuk mempercepat akses energi dan transisi. ([IRENA](#))

Tantangan ketiga adalah **kapasitas kelembagaan dan kualitas tata kelola**. Proyek energi bersih sering memerlukan koordinasi lintas kementerian, pemerintah daerah, badan usaha, masyarakat lokal, dan lembaga pembiayaan. Jika perizinan lambat, skema harga tidak pasti, pengadaan tidak transparan, dan data kurang solid, investor akan menunda keputusan. Paradigma baru pembangunan hijau karena itu menuntut negara yang lebih mampu, bukan negara yang lebih lemah: negara yang dapat merancang insentif, mengelola konflik, memfasilitasi investasi, dan memastikan manfaat sosial tersebar.

Tantangan keempat adalah **konflik sosial-ekologis**. Proyek yang disebut "hijau" pun dapat memunculkan penolakan bila masyarakat merasa tidak dilibatkan, tanah mereka terancam, atau manfaat ekonomi tidak jelas. Itulah sebabnya ESDM dalam Program Patriot Energi menekankan pentingnya edukasi masyarakat, pemetaan potensi energi lokal, dan pembentukan organisasi pengelola energi yang mandiri. Energi bersih hanya akan berkelanjutan bila dibangun bersama masyarakat, bukan di atas masyarakat. ([Kementerian ESDM](#))

13. Dari Energi Bersih ke Kehidupan Berkelanjutan

Apa hubungan langsung antara energi bersih dan kehidupan berkelanjutan? Jawabannya: sangat erat. Kehidupan berkelanjutan menuntut tersedianya kebutuhan dasar yang andal tanpa memperbesar kerusakan ekologis. Energi berada di tengah kebutuhan itu. Pendidikan memerlukan listrik. Kesehatan memerlukan pendinginan obat, penerangan, dan alat medis. Pangan memerlukan irigasi, penyimpanan, pengolahan, dan logistik. Ekonomi digital memerlukan listrik yang stabil. Air bersih memerlukan pompa dan sistem distribusi. Dengan demikian, kualitas energi secara langsung memengaruhi kualitas keberlanjutan.

Bila energi bersih terintegrasi dengan baik, ia menciptakan lingkaran kebajikan. Biaya operasional dapat turun, polusi berkurang, kesehatan membaik, produktivitas meningkat, dan investasi baru tumbuh. Sebaliknya, bila energi tetap kotor dan tidak efisien, kehidupan berkelanjutan akan selalu rapuh: rumah tangga rentan terhadap harga, kota rentan terhadap polusi, dan negara rentan terhadap krisis pasokan. Karena itu, transisi energi sesungguhnya adalah syarat material bagi keberlanjutan sosial.

Dalam konteks ini, **kehidupan berkelanjutan** bukan berarti hidup serba kurang atau antikemajuan. Ia justru berarti kualitas hidup yang lebih tinggi dengan jejak ekologis yang lebih rasional. Rumah yang hemat energi bukan rumah yang lebih miskin, melainkan rumah yang lebih

cerdas. Transportasi rendah emisi bukan simbol pengorbanan, tetapi tanda bahwa kota didesain lebih sehat. Industri rendah karbon bukan industri yang melemah, melainkan industri yang lebih siap menghadapi pasar global masa depan.

14. Agenda Strategis Indonesia ke Depan

Untuk menjadikan energi bersih sebagai paradigma pembangunan hijau, Indonesia memerlukan beberapa agenda strategis yang saling terkait.

Pertama, **mempercepat pembangunan jaringan dan storage**. Tanpa ini, penambahan PLTS, PLTB, atau pembangkit EBT lain akan terhambat. RUPTL 2025–2034 telah memberi arah yang tepat, tetapi kunci keberhasilan ada pada disiplin implementasi, kepastian proyek, dan sinkronisasi pusat-daerah. ([Kementerian ESDM](#))

Kedua, **menurunkan biaya modal**. Ini memerlukan desain kebijakan yang kredibel, skema PPA yang bankable, pengadaan yang transparan, penggunaan blended finance, dan penjaminan risiko yang cerdas. Transisi energi pada akhirnya bukan hanya pertanyaan teknologi, tetapi pertanyaan apakah negara bisa membuat proyek menjadi layak dibiayai.

Ketiga, **membangun industri dan keterampilan domestik**. Indonesia tidak boleh hanya menjadi pasar panel, baterai, dan peralatan impor. Pembangunan energi bersih harus dikaitkan dengan manufaktur lokal, litbang, vokasi, dan penguatan universitas-politeknik-industri. Dengan demikian, setiap proyek energi bersih bukan hanya menghasilkan listrik, tetapi juga menghasilkan pengetahuan, pekerjaan, dan daya saing.

Keempat, **memastikan transisi yang adil**. Daerah penghasil batubara dan wilayah yang ekonominya bertumpu pada sektor lama membutuhkan rencana transformasi yang nyata: diversifikasi ekonomi, pelatihan kerja, pengembangan UMKM lokal, dan pemanfaatan infrastruktur yang sudah ada. Tanpa strategi ini, resistensi akan terus menjadi bayangan.

Kelima, **mendorong model desentralisasi yang produktif**. Bagi negara kepulauan seperti Indonesia, mini-grid, PLTS komunal, mikrohidro, dan model hybrid sangat strategis untuk wilayah 3T dan 4T. Energi bersih di sini tidak hanya berarti elektrifikasi, tetapi penciptaan ekosistem ekonomi lokal—pengering hasil pertanian, penyimpanan dingin, internet desa, bengkel, klinik, dan sekolah yang berfungsi lebih baik. ([World Bank](#))

Keenam, **memperkuat tata kelola keberlanjutan**. Ini mencakup standar lingkungan, pelibatan masyarakat, transparansi data emisi, perlindungan biodiversitas, dan evaluasi dampak sosial. Energi bersih yang mengabaikan aspek-aspek ini dapat kehilangan legitimasi moralnya.

15. Refleksi Penutup

Energi bersih pada akhirnya bukan sekadar topik teknis, melainkan cermin dari pilihan peradaban. Sebuah bangsa dapat memilih jalan yang tampak mudah dalam jangka pendek—mengandalkan energi lama selama mungkin, menunda reformasi, dan menganggap biaya ekologis sebagai urusan nanti. Tetapi jalan itu makin sempit, makin mahal, dan makin berisiko. Sebaliknya, bangsa dapat memilih jalan yang lebih visioner: membangun energi bersih sebagai dasar ekonomi yang modern, masyarakat yang sehat, dan lingkungan yang lestari.

Paradigma baru pembangunan hijau mengajarkan bahwa energi harus dinilai bukan hanya dari berapa banyak yang dihasilkan, tetapi dari **kehidupan seperti apa yang dimungkinkannya**. Jika energi memperluas akses, memperbaiki kesehatan, menurunkan biaya jangka panjang, memperkuat ketahanan nasional, dan menjaga bumi tetap layak huni, maka energi itu bukan sekadar komoditas. Ia adalah infrastruktur kemanusiaan.

Bagi Indonesia, tantangannya besar, tetapi peluangnya juga luar biasa. Potensi EBT yang sangat besar, posisi strategis di Asia, kebutuhan pemerataan akses, dan arah kebijakan baru melalui RUPTL 2025–2034

memberi landasan yang menjanjikan. Namun, keberhasilan tidak akan datang hanya dari pidato atau target. Ia akan lahir dari konsistensi kebijakan, keberanian reformasi, kualitas institusi, dan kemauan untuk melihat energi bersih bukan sebagai beban transisi, melainkan sebagai dasar masa depan nasional yang lebih berdaulat, adil, dan berkelanjutan. ([Kementerian ESDM](#))

Dengan demikian, pernyataan “energi bersih untuk kehidupan berkelanjutan” seharusnya tidak dipahami sebagai slogan. Ia adalah agenda pembangunan yang menyatukan ekonomi, etika, teknologi, dan masa depan generasi. Dalam bahasa yang lebih tegas: **energi bersih bukan pelengkap pembangunan hijau; energi bersih adalah jantungnya.**

Glosarium

Akses energi

Ketersediaan layanan energi yang andal, terjangkau, aman, dan memadai bagi rumah tangga, usaha, fasilitas pendidikan, dan layanan kesehatan. Dalam agenda pembangunan, akses energi bukan sekadar tersambung listrik, tetapi juga menyangkut kualitas dan kontinuitas pasokan.

Bahan bakar fosil

Sumber energi yang berasal dari batubara, minyak bumi, dan gas alam. Sumber ini selama puluhan tahun menjadi tulang punggung industrialisasi, tetapi juga menjadi penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan polusi udara.

Bauran energi

Komposisi berbagai sumber energi dalam sistem energi nasional, misalnya batubara, gas, minyak, panas bumi, tenaga air, tenaga surya, angin, dan bioenergi. Dalam kebijakan publik, bauran energi dipakai untuk menilai arah diversifikasi dan transisi energi.

Biodiesel

Bahan bakar nabati yang umumnya diproduksi dari minyak nabati seperti kelapa sawit, lalu dicampur dengan solar dalam proporsi tertentu, misalnya B35 atau B40. Dalam konteks Indonesia, biodiesel diposisikan sebagai bagian dari strategi substitusi impor dan transisi energi.

Bioenergi

Energi yang berasal dari biomassa, seperti limbah organik, kayu, residu pertanian, atau tanaman energi. Potensinya besar, tetapi keberlanjutannya sangat tergantung pada tata kelola lahan, efisiensi produksi, dan perlindungan ekosistem.

Dekarbonisasi

Proses menurunkan emisi karbon dari sektor energi, industri, transportasi, dan bangunan melalui penggunaan energi bersih, efisiensi energi, elektrifikasi, dan inovasi teknologi rendah emisi.

Desentralisasi energi

Model penyediaan energi yang tidak hanya bergantung pada sistem besar terpusat, tetapi juga memanfaatkan pembangkit lokal seperti PLTS atap, mini-grid, mikrohidro, atau sistem hibrida. Pendekatan ini sangat relevan bagi wilayah kepulauan dan daerah terpencil.

Efisiensi energi

Penggunaan energi secara lebih hemat untuk menghasilkan layanan atau output yang sama, bahkan lebih baik. Efisiensi energi adalah pilar utama transisi karena dapat menurunkan biaya, emisi, dan beban sistem.

Elektrifikasi

Peralihan penggunaan energi di sektor transportasi, rumah tangga, dan industri menuju listrik, terutama bila listrik tersebut berasal dari sumber rendah emisi atau energi terbarukan.

Emisi gas rumah kaca

Gas-gas di atmosfer—seperti karbon dioksida, metana, dan dinitrogen

oksida—yang memerangkap panas bumi dan berkontribusi pada perubahan iklim.

Energi bersih

Energi yang menghasilkan emisi dan polusi jauh lebih rendah dibandingkan sistem energi fosil konvensional. Dalam pengertian yang luas, energi bersih juga mencakup efisiensi energi, elektrifikasi, storage, digitalisasi, dan akses energi bersih untuk rumah tangga.

Energi terbarukan

Energi yang berasal dari sumber yang terisi ulang secara alami, seperti matahari, angin, air, panas bumi, dan biomassa berkelanjutan. Secara global, energi terbarukan kini menjadi sumber utama pertumbuhan kapasitas listrik baru.

Green jobs

Lapangan kerja yang mendukung pelestarian atau pemulihan kualitas lingkungan, termasuk di bidang energi terbarukan, efisiensi energi, jaringan cerdas, dan teknologi rendah emisi.

Green Super Grid

Jaringan transmisi skala besar yang dirancang untuk menyalurkan listrik dari sumber energi bersih yang tersebar ke pusat-pusat permintaan listrik. Dalam konteks Indonesia, konsep ini penting untuk menghubungkan potensi EBT antardaerah.

Hidrogen rendah emisi

Hidrogen yang diproduksi dengan emisi rendah, misalnya dari elektrolisis menggunakan listrik terbarukan atau dari gas alam dengan penangkapan karbon. Teknologi ini sering dibahas sebagai bagian dari sistem energi masa depan.

Intensitas karbon

Jumlah emisi karbon yang dihasilkan per unit energi, output ekonomi,

atau aktivitas tertentu. Semakin rendah intensitas karbon, semakin bersih suatu sistem energi.

Just transition (transisi yang adil)

Pendekatan transisi energi yang memastikan pekerja, komunitas lokal, dan wilayah yang sebelumnya bergantung pada ekonomi fosil tidak tertinggal, tetapi mendapat dukungan, pelatihan ulang, dan peluang ekonomi baru.

Ketahanan energi

Kemampuan suatu negara atau sistem untuk menyediakan energi secara andal, terjangkau, dan tahan terhadap gangguan pasokan, gejolak harga, maupun risiko geopolitik. Energi terbarukan dapat memperkuat ketahanan energi karena memanfaatkan sumber daya domestik.

LCOE (Levelized Cost of Electricity)

Ukuran biaya rata-rata pembangkitan listrik sepanjang umur proyek. LCOE sering dipakai untuk membandingkan keekonomian teknologi energi yang berbeda. IRENA menunjukkan banyak proyek energi terbarukan baru sudah lebih murah daripada alternatif fosil baru termurah.

Mini-grid

Sistem kelistrikan lokal skala kecil yang dapat berdiri sendiri atau terhubung secara terbatas dengan jaringan utama. Cocok untuk daerah terpencil dan kepulauan.

Net Zero Emissions

Kondisi ketika emisi gas rumah kaca yang dilepas ke atmosfer seimbang dengan emisi yang diserap atau dihilangkan, sehingga total bersihnya mendekati nol.

Panas bumi (geothermal)

Energi yang berasal dari panas alami di dalam bumi. Indonesia memiliki

potensi panas bumi yang sangat besar dan menjadikannya salah satu tulang punggung potensial energi bersih nasional.

Paradigma pembangunan hijau

Kerangka pembangunan yang mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, efisiensi sumber daya, dan keadilan sosial.

Dalam paradigma ini, energi bersih menjadi pilar strategis, bukan sekadar pelengkap kebijakan lingkungan.

Polusi udara

Pencemaran udara oleh partikel atau gas berbahaya yang dapat berdampak pada kesehatan manusia, produktivitas ekonomi, dan kualitas hidup. Sistem energi fosil merupakan salah satu sumber utama polusi udara.

PPA (Power Purchase Agreement)

Perjanjian jual beli tenaga listrik antara pengembang pembangkit dan pembeli listrik, biasanya utilitas atau perusahaan. Bankability proyek energi sering sangat bergantung pada kualitas kontrak PPA.

Rasio elektrifikasi

Persentase rumah tangga atau wilayah yang telah memiliki akses listrik. Di Indonesia, rasio elektrifikasi sudah sangat tinggi, tetapi masih ada desa dan rumah tangga yang belum menikmati listrik andal.

RUPTL

Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik, yaitu dokumen perencanaan kelistrikan jangka menengah–panjang yang menjadi acuan pengembangan pembangkit, transmisi, dan distribusi di Indonesia. RUPTL 2025–2034 menandai penguatan arah pembangunan listrik berbasis EBT dan storage.

Smart grid

Jaringan listrik modern yang memakai sensor, otomasi, komunikasi data,

dan analitik untuk mengelola pasokan dan permintaan secara lebih efisien dan fleksibel.

Storage / penyimpanan energi

Teknologi untuk menyimpan energi agar dapat digunakan kembali saat dibutuhkan, misalnya baterai dan pumped storage. Storage menjadi sangat penting dalam integrasi energi terbarukan variabel.

Transisi energi

Proses perubahan sistem energi dari dominasi bahan bakar fosil menuju sistem yang lebih bersih, efisien, tangguh, dan berkelanjutan.

Referensi

Referensi utama internasional

International Energy Agency (IEA). (2025). *Renewables 2025: Renewable electricity*. IEA.

International Energy Agency (IEA). (2025). *World Energy Investment 2025: Executive summary*. IEA.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Global goal of tripling renewables needs USD 1.5 trillion investment per year*. IRENA.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2025). *Renewable power generation costs in 2024*. IRENA.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2025). *Record-breaking annual growth in renewable power capacity*. IRENA.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2026). *Renewable energy and jobs: Annual review 2025*. IRENA.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023, dirujuk melalui sumber ringkasan resmi). *AR6 Synthesis Report: Summary for Policymakers – Headline statements*. IPCC.

World Bank. (2025). *Energy access has improved, yet international financial support still needed to boost progress and address disparities*. World Bank.

World Health Organization (WHO). (n.d./akses 2026). *Air quality, energy and health: Health impacts*. WHO.

Referensi utama Indonesia

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). *Perkuat pemerataan energi, Kementerian ESDM kembali luncurkan Program Patriot Energi*. ESDM.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). *Panas bumi jadi andalan capaian bauran EBT hingga akhir 2024*. ESDM.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). *Dongkrak energi bersih, Menteri ESDM tekankan pentingnya komitmen laksanakan RUPTL*. ESDM.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). *Menteri ESDM umumkan RUPTL PLN 2025–2034: serap lebih dari 1,7 juta tenaga kerja baru*. ESDM.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2026). *Capaian positif tahun 2025: Negara hadir penuhi kebutuhan energi masyarakat*. ESDM.

Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM. (2025). *Laporan kinerja Ditjen Ketenagalistrikan tahun 2024*. ESDM.

Rudy C Tarumingkeng: Energi Bersih untuk Kehidupan Berkelanjutan
- Paradigma Baru Pembangunan Hijau

PT PLN (Persero). (2025). *PLN siap laksanakan RUPTL 2025–2034 untuk tingkatkan investasi, serap tenaga kerja, dan perkuat ekonomi mikro.* PLN.

Copilot for this article - Chatgpt 5.2 Thinking. Access date: 27 Februari 2026. Prompting on Writer's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))

<https://chatgpt.com/c/69a16ce0-f480-8399-8ca3-e027be9be2d5>