

Energi sebagai Penggerak Industrialisasi Hijau

Oleh: Rudy C Tarumingkeng



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

12 Maret 2026

Energi. Sebagai. Penggerak. Industrialisasi. Hijau

ENERGI SEBAGAI PENGGERAK INDUSTRIALISASI HIJAU

Pendahuluan

Di dalam sejarah pembangunan ekonomi, industrialisasi hampir selalu dimulai dari satu pertanyaan mendasar: dari mana tenaga penggerak produksi diperoleh, berapa biayanya, seberapa andal pasokannya, dan siapa yang menguasai infrastrukturnya. Pada abad ke-19, jawaban atas pertanyaan itu adalah batu bara; pada abad ke-20, minyak dan gas menjadi tulang punggung industrialisasi; sedangkan pada abad ke-21, ketika dunia menghadapi krisis iklim, tekanan dekarbonisasi, dan kompetisi teknologi baru, energi bersih makin dilihat bukan sekadar pelengkap, melainkan fondasi dari industrialisasi hijau. Dengan kata lain, energi tidak lagi hanya dipahami sebagai input biaya bagi pabrik, tetapi sebagai variabel strategis yang menentukan arah transformasi struktur industri, posisi suatu negara dalam rantai nilai global, kualitas pertumbuhan, serta legitimasi lingkungan dari proses pembangunan itu sendiri. Tren global ini terlihat jelas: pada 2024, permintaan energi dunia naik lebih cepat dari rata-rata historis, tetapi hampir seluruh kenaikan permintaan listrik dipenuhi oleh sumber beremisi rendah, terutama surya, energi terbarukan lain, dan nuklir. ([IEA](#))

Istilah “industrialisasi hijau” mengandung dua makna yang saling terkait. Pertama, industrialisasi yang menurunkan jejak karbon, penggunaan material, dan tekanan ekologis dibanding pola industrialisasi konvensional. Kedua, industrialisasi yang justru membangun basis industri baru dari transisi hijau itu sendiri, seperti manufaktur panel surya, baterai, kendaraan listrik, baja rendah karbon, pupuk rendah emisi, hidrogen hijau, sistem kelistrikan cerdas, dan aneka teknologi efisiensi energi. Karena itu, industrialisasi hijau bukan sekadar proses “membersihkan” industri lama, melainkan juga menciptakan struktur industri baru yang lebih kompatibel dengan tuntutan pasar global, standar lingkungan internasional, dan kebutuhan jangka panjang suatu bangsa. World Bank menegaskan bahwa pergeseran menuju listrik bersih dan industri rendah karbon dapat memperkuat daya saing, memodernisasi sistem produksi, meningkatkan keamanan energi, dan membuka kesempatan kerja baru yang besar. ([World Bank](#))

Dalam kerangka itu, energi menempati posisi sentral karena seluruh proses industri modern—dari ekstraksi bahan baku, pengolahan mineral, produksi semen, baja, bahan kimia, makanan, tekstil, hingga logistik—bertumpu pada ketersediaan energi yang andal dan terjangkau. Namun pada era transisi, persoalannya tidak lagi cukup diselesaikan dengan “energi sebanyak mungkin”; yang dibutuhkan adalah energi yang andal, terjangkau, rendah emisi, fleksibel, dan kompatibel dengan teknologi industri masa depan. Jika suatu negara gagal mengubah basis energinya, maka industrinya akan menghadapi beberapa risiko sekaligus: biaya energi yang makin volatil, tekanan regulasi iklim global, hambatan dagang seperti carbon border measures, kesulitan mendapatkan pembiayaan hijau, dan penurunan daya saing ekspor. Sebaliknya, jika suatu negara berhasil membangun sistem energi bersih yang kuat, maka energi menjadi mesin yang mendorong investasi, inovasi, penciptaan pasar baru, dan penguatan kedaulatan industri.

Bagi Indonesia, pembahasan ini sangat penting. Indonesia sedang berada di persimpangan strategis: di satu sisi memiliki basis sumber daya alam besar, pasar domestik luas, potensi energi terbarukan yang melimpah, serta agenda hilirisasi yang ambisius; di sisi lain, Indonesia masih bergantung besar pada batu bara dan menghadapi tantangan pembiayaan, teknologi, jaringan listrik, kapasitas SDM, serta koherensi kebijakan. Pemerintah tetap menempatkan target transisi energi dan bauran energi baru-terbarukan sebagai bagian dari agenda pembangunan, sementara kemitraan internasional seperti Just Energy Transition Partnership (JETP) juga diarahkan untuk mendukung transformasi sektor energi dan tata kelolanya. Dokumen kinerja Kemenko Perekonomian 2025 mencatat target penyaluran pendanaan JETP sebesar USD 4,32 miliar pada 2025, dengan proyek-proyek prioritas seperti Green Energy Corridor Sulawesi, de-dieselisasi klaster, dan PLTS terapung masuk dalam pipeline implementasi.

Esai ini berangkat dari tesis bahwa energi adalah penggerak utama industrialisasi hijau karena ia menentukan efisiensi biaya, dekarbonisasi proses produksi, lahirnya sektor industri baru, dan posisi daya saing suatu negara dalam ekonomi global. Dengan perspektif itu, pembahasan akan menelusuri hubungan konseptual antara energi dan industrialisasi, mengapa transisi energi menjadi syarat industrialisasi hijau, bagaimana sektor-sektor berat harus berubah, apa peluang dan tantangan bagi Indonesia, dan mengapa kebijakan energi perlu diposisikan sebagai kebijakan industri, bukan sekadar kebijakan pasokan listrik.

1. Energi dan Logika Dasar Industrialisasi

Dalam teori pembangunan, industrialisasi adalah proses transformasi struktural dari ekonomi berbasis produktivitas rendah menuju ekonomi berbasis produktivitas lebih tinggi, yang ditandai oleh pertumbuhan

manufaktur, peningkatan kompleksitas teknologi, perluasan skala produksi, dan integrasi ke dalam pasar nasional maupun global. Namun proses ini tidak pernah netral terhadap energi. Setiap gelombang industrialisasi historis selalu terkait erat dengan rezim energi tertentu. Revolusi industri pertama ditopang batu bara dan mesin uap; revolusi industri kedua oleh listrik, minyak, dan produksi massal; revolusi industri ketiga oleh elektronik, gas, dan globalisasi logistik; sementara revolusi industri keempat bergerak di atas listrik digital, data, otomasi, dan kebutuhan energi yang semakin canggih.

Dari perspektif ekonomi industri, energi menjalankan setidaknya lima fungsi. Pertama, sebagai input langsung produksi. Tanpa energi, mesin tidak berjalan, suhu proses tidak tercapai, pendinginan gagal, dan operasi pabrik berhenti. Kedua, sebagai penentu struktur biaya. Pada banyak industri padat energi, seperti baja, semen, pupuk, aluminium, petrokimia, dan pengolahan mineral, harga energi dapat menjadi komponen biaya yang sangat besar. Ketiga, sebagai faktor penentu lokasi industri. Kawasan industri cenderung tumbuh di tempat dengan akses energi andal dan murah. Keempat, sebagai syarat produktivitas dan kualitas. Ketidakstabilan listrik menaikkan downtime, merusak mesin, dan mengganggu mutu output. Kelima, sebagai penentu inovasi teknologi. Jenis energi yang tersedia menentukan teknologi proses apa yang layak dipilih.

IEA menunjukkan bahwa industri merupakan pengguna energi final terbesar di dunia, hampir 40 persen dari total konsumsi final pada 2024, dan sejak 2019 sektor industri menyumbang dua pertiga dari pertumbuhan total permintaan energi dunia. Tiga perempat permintaan energi industri berasal dari industri padat energi, terutama yang membutuhkan panas proses tinggi di atas 500°C. (IEA) Data ini penting karena menunjukkan bahwa perdebatan energi bukan hanya milik sektor kelistrikan atau rumah tangga; jantung konsumsi energi global justru berada di sektor industri. Maka setiap pembicaraan tentang

industrialisasi hijau harus menjawab satu soal besar: bagaimana memberi tenaga pada kegiatan industri besar tanpa mengunci ekonomi pada emisi tinggi selama puluhan tahun ke depan.

Di masa lalu, jawaban praktis atas persoalan ini adalah bahan bakar fosil. Batu bara, minyak, dan gas menjadi pilihan dominan karena padat energi, mudah diangkut atau disimpan, dan infrastrukturnya telah matang. Tetapi pada abad ke-21, keunggulan tradisional itu mulai dibayangi oleh biaya eksternal yang besar: polusi udara, emisi gas rumah kaca, volatilitas harga komoditas global, ketergantungan impor untuk beberapa negara, dan risiko stranded assets ketika standar iklim global makin ketat. Karena itu, industrialisasi yang masih bertumpu secara eksklusif pada energi fosil kini menghadapi paradoks: ia mungkin mempercepat output dalam jangka pendek, tetapi bisa melemahkan daya saing dan keberlanjutan dalam jangka panjang.

2. Mengapa Industrialisasi Hijau Membutuhkan Transformasi Energi

Industrialisasi hijau tidak mungkin dicapai hanya dengan mengganti label atau memperbaiki laporan keberlanjutan perusahaan. Ia menuntut perubahan pada basis material dan energi dari kegiatan produksi itu sendiri. Sebab emisi industri bersumber tidak hanya dari listrik yang digunakan, tetapi juga dari pembakaran bahan bakar untuk panas proses, dari bahan baku yang dipakai, dari desain produk, dan dari logistik rantai pasok. Maka energi menjadi titik masuk paling penting untuk mengubah jejak karbon industri.

Ada tiga alasan utama mengapa transformasi energi merupakan syarat industrialisasi hijau. Pertama, alasan lingkungan. Selama energi industri masih sangat bergantung pada batu bara, minyak, atau gas tanpa mitigasi memadai, penurunan emisi akan bergerak terlalu lambat. IEA

melaporkan bahwa emisi CO₂ sektor energi dunia masih meningkat pada 2024, walaupun lebih lambat daripada 2023; namun adopsi teknologi energi bersih telah menghindarkan sekitar 2,6 miliar ton emisi CO₂ tambahan per tahun. (IEA) Artinya, energi bersih telah menjadi faktor penahan kenaikan emisi global, dan tanpa percepatan lebih lanjut, target dekarbonisasi industri akan sulit tercapai.

Kedua, alasan ekonomi. Energi bersih bukan hanya instrumen lingkungan, tetapi juga instrumen daya saing. Dunia industri makin dihadapkan pada pelanggan, investor, dan pasar ekspor yang menuntut produk rendah karbon. Bila listrik suatu pabrik berasal dari pembangkit sangat intensif karbon, maka produk akhirnya akan menghadapi tekanan reputasi, risiko tarif karbon, atau hambatan masuk ke rantai pasok perusahaan multinasional. Sebaliknya, akses ke listrik bersih dapat menjadi nilai tambah kompetitif. World Bank menilai bahwa transisi menuju kelistrikan bersih dan industri rendah karbon di Asia Timur merupakan peluang untuk memperkuat daya saing, memodernisasi sistem produksi, dan meningkatkan keamanan energi. (World Bank)

Ketiga, alasan teknologi. Banyak teknologi industri masa depan hanya benar-benar masuk akal bila didukung listrik rendah karbon dalam jumlah besar. Produksi hidrogen hijau, misalnya, memerlukan listrik terbarukan yang masif dan andal untuk proses elektrolisis. IRENA menekankan bahwa dalam skenario 1,5°C, hidrogen bersih dan turunannya dapat menyumbang sekitar 12 persen dari penurunan emisi global pada 2050, terutama di sektor-sektor sulit didekarbonisasi seperti baja dan kimia. IRENA juga menegaskan bahwa pengembangan hidrogen hijau dapat memungkinkan green industrialisation, memperkuat kemandirian energi, memperluas akses pasar dan perdagangan, serta mendorong penciptaan kerja. (IRENA)

Dengan demikian, energi dalam industrialisasi hijau bukan sekadar "sumber tenaga", melainkan enabler bagi model produksi baru. Ia

membentuk pilihan teknologi, menentukan struktur biaya jangka panjang, dan membuka atau menutup peluang partisipasi dalam pasar global yang makin hijau.

3. Dari Dekarbonisasi ke Reindustrialisasi: Energi sebagai Sumber Daya Saing Baru

Sering kali industrialisasi hijau dipahami secara defensif, seolah-olah ia hanyalah respons terhadap tekanan iklim. Padahal pendekatan yang lebih strategis melihatnya sebagai proyek reindustrialisasi. Dalam sudut pandang ini, energi bersih bukan beban, tetapi platform untuk melahirkan industri baru dan memperbarui industri lama.

Pertama, energi bersih dapat menurunkan ketergantungan terhadap impor bahan bakar dan mengurangi kerentanan terhadap gejolak harga global. Negara yang mengembangkan sumber daya surya, angin, hidro, panas bumi, biomassa berkelanjutan, dan sistem penyimpanan yang matang memiliki ruang lebih besar untuk menstabilkan biaya energi jangka panjang. Stabilitas ini sangat berharga bagi investor industri yang sensitif terhadap biaya listrik dan ketidakpastian pasokan.

Kedua, transisi energi menciptakan pasar manufaktur baru: panel surya, turbin, baterai, kendaraan listrik, pompa panas, elektroliser, komponen jaringan cerdas, sistem penyimpanan, dan bahan baku terkait. Di titik ini, energi menjadi lokomotif industrialisasi bukan hanya karena dipakai oleh industri, tetapi karena transisi energi itu sendiri menciptakan permintaan industri. Itulah sebabnya banyak negara kini menjalankan kebijakan industri hijau yang menghubungkan insentif energi, manufaktur, perdagangan, dan inovasi.

Ketiga, daya saing industri masa depan makin bergantung pada intensitas karbon produk. Baja, semen, pupuk, aluminium, nikel, dan

bahan kimia akan dinilai bukan hanya dari mutu dan harga, tetapi juga dari jejak emisi. Dalam konteks itu, energi bersih mengubah struktur kompetisi. Produsen yang mampu mengakses listrik rendah karbon, meningkatkan efisiensi energi, dan beralih ke proses hijau akan berada pada posisi lebih baik untuk memenuhi standar baru.

Keempat, energi bersih membuka peluang kualitas pekerjaan dan pengembangan keterampilan baru. IRENA mencatat bahwa industri energi terbarukan mempekerjakan 16,6 juta orang secara langsung dan tidak langsung pada 2024, level tertinggi yang pernah dicatat. ([IRENA](#)) Jumlah ini menunjukkan bahwa transisi energi bukan semata agenda teknis, tetapi juga agenda pasar kerja. Industrialisasi hijau dapat menghasilkan ekosistem kerja baru—teknisi surya, insinyur jaringan, spesialis penyimpanan energi, ahli efisiensi, operator data energi, insinyur hidrogen, dan banyak profesi lain.

Karena itu, negara yang serius membangun industrialisasi hijau harus memandang energi melalui lensa kebijakan industri. Pertanyaannya bukan hanya “berapa persen bauran terbarukan”, tetapi juga “industri apa yang akan tumbuh karena bauran itu, keterampilan apa yang diperlukan, teknologi apa yang perlu dikuasai, dan rantai nilai mana yang ingin direbut”.

4. Sektor-Sektor Industri Berat dan Tantangan Energinya

Walaupun hampir semua sektor industri harus bertransformasi, tantangan paling kompleks berada pada industri-industri berat yang disebut hard-to-abate. Sektor-sektor seperti baja, semen, pupuk, kimia, dan pengolahan mineral memerlukan panas suhu tinggi, reaksi kimia tertentu, dan volume energi besar. Karena itu, elektrifikasi biasa saja tidak selalu cukup.

Pada industri baja, emisi berasal dari pemakaian batu bara kokas dalam blast furnace dan dari kebutuhan panas proses tinggi. Jalan menuju baja hijau dapat melalui beberapa kombinasi: efisiensi energi, peningkatan pemakaian scrap pada electric arc furnace, penggunaan listrik rendah karbon, dan dalam jangka lebih panjang pemakaian hidrogen hijau sebagai reduktan. Di industri kimia dan pupuk, energi berfungsi ganda: sebagai sumber panas dan sebagai feedstock. Karena itu dekarbonisasi memerlukan perubahan lebih mendasar, misalnya penggunaan hidrogen rendah karbon atau bahan baku alternatif. Di industri semen, tantangan datang bukan hanya dari energi pembakaran kiln, tetapi juga dari emisi proses kimia kalsinasi. Maka strategi mencakup efisiensi energi, bahan bakar alternatif, substitusi klinker, elektrifikasi sebagian, dan pada beberapa kasus carbon capture.

UNIDO menempatkan fokus industrial decarbonization global pada sektor-sektor beremisi tinggi seperti baja, semen, pupuk, dan beton. (UNIDO) Ini menunjukkan bahwa industrialisasi hijau bukan proyek homogen; setiap subsektor memerlukan kombinasi teknologi, energi, dan kebijakan yang berbeda. Namun benang merahnya tetap sama: tanpa pasokan energi rendah karbon yang memadai dan terjangkau, jalur dekarbonisasi industri berat akan terhambat.

Kita dapat membayangkan sebuah kawasan industri modern yang memproduksi baja, pupuk, dan bahan kimia. Jika listrik kawasan itu masih sangat bergantung pada batu bara, sementara panas proses berasal dari bahan bakar fosil, maka efisiensi mesin saja tidak akan cukup. Kawasan tersebut membutuhkan jaringan listrik bersih, infrastruktur gas atau hidrogen yang kompatibel, sistem penyimpanan, fasilitas pengolahan limbah panas, dan standar bangunan industri yang baru. Artinya, transformasi energi tidak berhenti di pembangkit; ia harus menembus sampai ke desain ekosistem industri.

5. Energi, Efisiensi, dan Produktivitas Industri

Salah satu kekeliruan umum dalam perdebatan transisi energi adalah menganggap energi hijau hanya berarti mengganti sumber pasokan. Padahal fondasi paling cepat dan paling ekonomis dalam industrialisasi hijau justru sering terletak pada efisiensi energi. Menggunakan energi lebih sedikit untuk menghasilkan nilai tambah yang sama atau lebih besar adalah bentuk “sumber energi virtual” yang sangat penting.

IEA menekankan bahwa di industri padat energi, perbaikan efisiensi jangka pendek datang dari efisiensi material, efisiensi teknis, dan optimasi proses. (IEA) Secara manajerial, efisiensi energi berarti menurunkan intensitas energi per unit output, mengurangi losses, memulihkan panas buang, memperbaiki motor dan kompresor, meningkatkan sistem boiler, mengoptimalkan desain proses, serta memanfaatkan digital monitoring. Semua ini bukan sekadar langkah hemat biaya, melainkan strategi produktivitas.

Efisiensi juga merupakan jembatan politik-ekonomi menuju industrialisasi hijau. Dalam banyak kasus, perusahaan yang masih ragu pada investasi teknologi hijau berskala besar dapat lebih mudah menerima program efisiensi karena manfaat finansialnya cepat terlihat. Setelah perusahaan mengalami penghematan biaya dan peningkatan reliabilitas operasi, ruang untuk langkah dekarbonisasi yang lebih dalam akan terbuka.

Dalam konteks nasional, efisiensi energi memiliki efek sistemik. Jika intensitas energi industri menurun, kebutuhan investasi pembangkit baru dapat ditekan, beban jaringan berkurang, dan ruang fiskal untuk subsidi atau dukungan pasokan menjadi lebih longgar. Karena itu, kebijakan

industrialisasi hijau yang hanya menekankan tambahan kapasitas energi baru tetapi mengabaikan efisiensi sebenarnya kurang lengkap.

6. Listrik Bersih, Elektrifikasi, dan Masa Depan Industri

Di berbagai negara, elektrifikasi menjadi poros utama industrialisasi hijau. Hal ini terjadi karena listrik adalah bentuk energi yang paling fleksibel untuk dihubungkan dengan sumber bersih seperti surya, angin, hidro, panas bumi, dan nuklir. Di sisi lain, digitalisasi dan otomasi industri juga membuat listrik semakin sentral.

IEA melaporkan bahwa pada 2024, pertumbuhan permintaan listrik global hampir dua kali lebih cepat daripada pertumbuhan permintaan energi total, didorong oleh pendinginan, konsumsi industri, elektrifikasi transportasi, serta pertumbuhan data center dan AI. Hampir seluruh kenaikan kebutuhan listrik ini dipenuhi oleh sumber beremisi rendah. (IEA) Pesan strategisnya jelas: listrik bersih menjadi tulang punggung ekonomi modern.

Bagi industri, elektrifikasi memberi beberapa keuntungan. Motor listrik lebih efisien daripada mesin pembakaran dalam banyak aplikasi. Sistem listrik lebih mudah diintegrasikan dengan otomasi, kontrol digital, dan AI. Pemanasan listrik suhu rendah hingga menengah dapat menggantikan pembakaran langsung dalam sejumlah proses. Kendaraan logistik internal pabrik dapat dielektifikasi. Bahkan sebagian panas industri dapat dipenuhi oleh heat pumps pada rentang temperatur tertentu.

Namun elektrifikasi industri menimbulkan dua syarat besar. Pertama, jaringan listrik harus kuat, andal, dan fleksibel. Kedua, listrik itu sendiri harus makin rendah emisi. Jika industri beralih ke listrik tetapi listriknya masih dominan berasal dari pembangkit sangat karbon-intensif, maka

manfaat dekarbonisasinya terbatas. Karena itu, industrialisasi hijau menuntut sinkronisasi antara perluasan listrik bersih, modernisasi grid, dan strategi elektrifikasi industri.

World Bank menekankan bahwa sistem tenaga masa depan di Asia Timur perlu ditopang oleh pasar, transmisi, pembiayaan, dan kebijakan yang mampu mengantar wilayah menuju energi terbarukan dan industri rendah karbon. ([World Bank](#)) Ini berarti industrialisasi hijau tidak dapat diserahkan hanya kepada kementerian industri atau energi secara terpisah. Ia memerlukan koordinasi lintas lembaga: energi, industri, keuangan, perdagangan, riset, pendidikan vokasi, dan pemerintah daerah.

7. Hidrogen Hijau dan Energi untuk Industri Sulit Didekarbonisasi

Untuk industri suhu sangat tinggi dan proses yang memerlukan feedstock kimia tertentu, elektrifikasi langsung saja tidak memadai. Di sinilah hidrogen hijau mulai masuk sebagai elemen penting. Hidrogen hijau diproduksi melalui elektrolisis air menggunakan listrik rendah karbon, dan dapat dipakai sebagai bahan baku kimia, reduktan dalam industri baja, atau pembentuk turunan seperti amonia hijau.

IRENA menyebut bahwa di bawah skenario 1,5°C, hidrogen bersih dan turunannya dapat menyumbang sekitar 12 persen pengurangan emisi global pada 2050, terutama di sektor-sektor seperti baja dan kimia. IRENA juga menekankan manfaat tambahannya: mendukung green industrialisation, kemandirian energi, perdagangan, dan penciptaan kerja. ([IRENA](#))

Meskipun demikian, hidrogen hijau bukan solusi instan. Ia memerlukan listrik bersih dalam jumlah besar, air, infrastruktur penyimpanan dan transportasi, standar keselamatan, serta pembeli industri yang siap

menyerap biaya awal lebih tinggi. IRENA juga mengingatkan adanya tantangan jaringan listrik, infrastruktur transportasi, kesenjangan keterampilan, dan isu air di kawasan yang hendak mengembangkan hidrogen. ([IRENA](#))

Dalam konteks industrialisasi hijau, hidrogen hijau harus diperlakukan secara selektif. Ia paling masuk akal pada sektor-sektor yang benar-benar sulit didekarbonisasi dan memiliki nilai strategis tinggi. Karena itu, negara perlu berhati-hati agar tidak menjadikannya slogan universal. Fokus awal sebaiknya pada kawasan industri dan subsektor yang memiliki kesiapan teknologi, potensi pasar ekspor, dan akses pada energi terbarukan yang kompetitif.

8. Konteks Indonesia: Potensi Besar, Tantangan Nyata

Indonesia memiliki semua alasan untuk menempatkan energi sebagai penggerak industrialisasi hijau. Negara ini memiliki pasar domestik besar, basis sumber daya mineral penting untuk teknologi bersih, potensi panas bumi, surya, hidro, bioenergi, dan peluang pengembangan manufaktur untuk rantai pasok transisi energi. Namun Indonesia juga menghadapi kenyataan bahwa sistem energinya masih sangat dipengaruhi batu bara dan transisinya tidak bisa dilakukan secara mekanis.

Secara kebijakan, Indonesia tetap menargetkan peningkatan peran energi baru-terbarukan. Kementerian ESDM masih merujuk target 23 persen energi terbarukan dalam bauran pada 2025 dan 31 persen pada 2050 dalam sejumlah dokumen kebijakan. ([Ministry of Energy and Mineral Resources](#)) RUKN 2025 dan RUPTL PLN 2025–2034 menjadi instrumen penting untuk menata jalur ketenagalistrikan dan investasi pembangkit ke depan. ([DG Electricity](#)) Di saat yang sama, pemerintah

menegaskan komitmen menuju Net Zero Emission 2060 atau lebih cepat, dengan berbagai opsi energi bersih termasuk panas bumi, surya, hidro, bioenergi, dan bahkan nuklir sebagai opsi strategis jangka panjang. ([Ministry of Energy and Mineral Resources](#))

Yang menarik, Indonesia tidak lagi membingkai transisi energi hanya sebagai agenda iklim. Dalam berbagai pernyataan resmi, transisi energi dihubungkan dengan ketahanan energi, hilirisasi, industrialisasi, dan ekonomi hijau. Kemenko Perekonomian secara eksplisit menempatkan JETP sebagai instrumen strategis untuk mendukung pengurangan emisi sekaligus penguatan tata kelola dan investasi rendah karbon. Pada triwulan III 2025, pipeline seperti Green Energy Corridor Sulawesi, de-dieselisasi klaster, dan PLTS terapung Singkarak disebut sebagai bagian dari potensi realisasi pendanaan.

Bagi industrialisasi hijau Indonesia, Sulawesi menjadi contoh penting. Kawasan ini adalah pusat pengolahan nikel yang sangat strategis bagi rantai pasok baterai global, tetapi juga menghadapi tantangan emisi tinggi karena sumber listrik dan energi prosesnya. Karena itu, Bappenas bersama WRI Indonesia menyiapkan peta jalan dekarbonisasi industri nikel; pada 2025 Bappenas menyebut roadmap tersebut menargetkan penurunan emisi hingga 81 persen di industri nikel pada 2045, sejalan dengan komitmen Indonesia menuju net zero. ([Bappenas](#)) Ini memperlihatkan dengan sangat jelas bahwa energi berada di jantung isu hilirisasi: hilirisasi mineral hanya akan menjadi mesin industrialisasi hijau jika basis energinya juga bergerak ke arah hijau.

Pada sisi industri manufaktur yang lebih luas, Kementerian Perindustrian terus mendorong dekarbonisasi dan ekosistem industri hijau. Pada 2025 Kemenperin menyatakan target net zero emission sektor industri pada 2050, sepuluh tahun lebih cepat dari target nasional, dan menyusun peta jalan untuk sejumlah sektor industri. ([BBT Kemenperin](#)) Di sektor IKM, Kemenperin juga menyatakan dekarbonisasi dilakukan melalui green

transition, industri hijau, dan ekonomi sirkular yang inklusif dan berkelanjutan. ([DJIKMA](#))

Namun tantangannya tidak kecil. Pertama, biaya modal energi bersih dan jaringan masih tinggi. Kedua, integrasi energi terbarukan ke sistem listrik memerlukan transmisi, fleksibilitas, dan reformasi pasar yang tidak sederhana. Ketiga, banyak kawasan industri masih dirancang berdasarkan asumsi energi fosil murah dan stabil. Keempat, koordinasi antara kebijakan energi, industri, perdagangan, dan pembiayaan belum selalu selaras. Kelima, ketimpangan kapasitas daerah dapat memperlambat adopsi.

9. Energi dan Hilirisasi: Peluang untuk Tidak Mengulang Industrialisasi Cokelat

Indonesia tengah menekankan hilirisasi sebagai strategi pembangunan industri. Secara prinsip, hilirisasi dapat meningkatkan nilai tambah, memperluas kesempatan kerja, memperkuat ekspor, dan memperdalam struktur industri nasional. Tetapi ada pertanyaan yang sangat menentukan: apakah hilirisasi Indonesia akan berbasis energi tinggi karbon, atau akan digunakan sebagai momentum untuk industrialisasi hijau?

Pertanyaan ini krusial karena sektor hilirisasi—terutama mineral, logam, dan kimia—bersifat sangat padat energi. Jika energi untuk smelter, pemurnian, dan industri lanjutannya tetap bertumpu pada pembangkit karbon-intensif, maka Indonesia memang memperoleh nilai tambah jangka pendek, tetapi juga berisiko menghadapi resistensi pasar global yang semakin menuntut jejak karbon rendah. Dalam jangka menengah, strategi ini dapat menciptakan lock-in teknologi dan infrastruktur yang mahal untuk diperbaiki.

Sebaliknya, bila hilirisasi disatukan dengan perluasan listrik bersih, efisiensi energi, kawasan industri hijau, dan standar produk rendah karbon, Indonesia dapat merebut posisi yang jauh lebih kuat. Produk hilir Indonesia bukan hanya “lebih olahan”, tetapi juga “lebih hijau”, sehingga daya saingnya bertahan ketika pasar global berubah. Inilah sebabnya peta jalan dekarbonisasi industri nikel menjadi sangat penting secara strategis. ([Bappenas](#))

Dalam narasi pembangunan, ini berarti Indonesia memiliki pilihan historis. Ia dapat menempuh jalur industrialisasi cokelat—cepat tetapi berat emisi dan makin rentan terhadap tekanan global—atau jalur industrialisasi hijau—lebih kompleks pada awalnya, tetapi lebih tahan lama, inovatif, dan kompatibel dengan ekonomi masa depan. Energi adalah pembeda utama antara dua jalur tersebut.

10. Pembiayaan, Kelembagaan, dan Ekonomi Politik Transisi

Tidak ada industrialisasi hijau tanpa investasi besar. Pembangkit bersih, jaringan transmisi, penyimpanan energi, retrofit industri, teknologi efisiensi, hidrogen, riset, pelatihan SDM, dan modernisasi kawasan industri semuanya memerlukan pembiayaan jangka panjang. Karena itu, energi sebagai penggerak industrialisasi hijau juga berarti energi sebagai agenda keuangan dan kelembagaan.

Di tingkat global, investasi efisiensi energi diperkirakan mencapai hampir USD 800 miliar pada 2025 menurut IEA. ([IEA](#)) Ini menunjukkan bahwa arus modal global mulai makin besar mengalir ke teknologi yang mendukung transisi. Namun negara berkembang sering menghadapi biaya modal lebih mahal, persepsi risiko lebih tinggi, dan kapasitas proyek yang belum merata. Akibatnya, walaupun potensi teknis besar, realisasi investasi tidak selalu sejalan.

Dalam konteks Indonesia, skema internasional seperti JETP menjadi penting bukan hanya karena volume dananya, tetapi karena dapat membantu menurunkan risiko, mematangkan proyek, dan menghubungkan agenda energi dengan transformasi industri. Dokumen resmi Kemenko Perekonomian 2025 menunjukkan bahwa penyaluran pendanaan JETP diarahkan untuk mendukung regulasi transisi energi, perencanaan investasi rendah karbon, dan tata kelola sektor energi sejalan dengan target dekarbonisasi nasional.

Tetapi pembiayaan saja tidak cukup. Industrialisasi hijau memerlukan arsitektur kelembagaan yang jelas. Harus ada sinyal kebijakan yang konsisten agar investor yakin. Harus ada standar emisi dan pelaporan yang kredibel agar pasar percaya. Harus ada insentif fiskal dan nonfiskal yang tepat sasaran agar biaya transisi tidak terlalu berat pada tahap awal. Harus ada koordinasi antara PLN, kementerian energi, kementerian industri, Bappenas, kementerian keuangan, pemerintah daerah, dan pelaku usaha. Tanpa koordinasi itu, transisi energi mudah terfragmentasi: proyek pembangkit berjalan sendiri, kebijakan industri berjalan sendiri, dan hasil akhirnya tidak optimal.

Di sinilah ekonomi politik transisi muncul. Industrialisasi hijau mengubah distribusi peluang dan risiko. Ada sektor yang diuntungkan, ada yang harus menyesuaikan, ada tenaga kerja yang perlu dilatih ulang, ada daerah penghasil energi fosil yang perlu jalur transformasi baru. Karena itu, "transisi berkeadilan" bukan slogan moral belaka; ia adalah syarat agar transformasi energi dan industri memperoleh legitimasi sosial.

11. SDM, Inovasi, dan Kapasitas Teknologi

Energi dapat menjadi penggerak industrialisasi hijau hanya jika suatu negara memiliki manusia dan kelembagaan yang mampu menguasai

teknologinya. Tanpa SDM yang tepat, proyek energi hijau akan bergantung terlalu lama pada pemasok dan konsultan luar, sementara nilai tambah domestiknya terbatas. Di sini, industrialisasi hijau sangat terkait dengan pendidikan vokasi, riset terapan, engineering capability, standardisasi, dan ekosistem inovasi.

IRENA menunjukkan besarnya penciptaan kerja di sektor energi terbarukan global. ([IRENA](#)) Tetapi manfaat itu tidak otomatis masuk ke Indonesia bila tidak ada investasi serius pada pengembangan keterampilan. Pabrik panel surya, perakitan baterai, operasi jaringan cerdas, audit energi, konstruksi pembangkit terbarukan, dan sistem penyimpanan semua memerlukan kompetensi teknis tertentu. Karena itu, kebijakan energi tidak bisa terpisah dari kebijakan pendidikan dan pelatihan.

Pemerintah Indonesia sendiri telah menghubungkan pengembangan SDM dengan target bauran energi dan NZE, misalnya melalui kurikulum teknisi PLTS yang dikembangkan bersama mitra internasional. ([Ministry of Energy and Mineral Resources](#)) Langkah semacam ini penting, tetapi skalanya perlu diperluas dan dihubungkan dengan kebutuhan konkret kawasan industri, BUMN, swasta, politeknik, universitas, dan lembaga riset.

Selain SDM, inovasi juga krusial. Industrialisasi hijau menuntut kemampuan adaptasi teknologi terhadap kondisi lokal. Indonesia tidak bisa sekadar mengimpor semua solusi. Ia perlu mengembangkan kapasitas rekayasa untuk memadukan energi surya dengan sistem industri lokal, memanfaatkan panas bumi untuk kawasan tertentu, mengolah biomassa secara berkelanjutan, membangun smart grid yang sesuai topologi kepulauan, serta mengembangkan teknologi rendah karbon untuk sektor pengolahan mineral dan kelapa sawit.

12. Kawasan Industri Hijau sebagai Laboratorium Transformasi

Salah satu cara paling efektif menjadikan energi sebagai penggerak industrialisasi hijau adalah melalui pembangunan kawasan industri hijau. Di dalam kawasan seperti ini, transformasi lebih mudah dilakukan karena perencanaan energi, air, limbah, logistik, dan infrastruktur digital dapat dirancang secara terpadu.

Kawasan industri hijau idealnya memiliki beberapa ciri. Pertama, akses pada listrik rendah karbon yang andal. Kedua, sistem efisiensi energi dan manajemen beban yang digital. Ketiga, penggunaan panas proses yang lebih bersih, baik melalui elektrifikasi, biomassa berkelanjutan, gas transisional, atau hidrogen pada kasus tertentu. Keempat, ekosistem sirkular, di mana limbah satu industri menjadi input industri lain sejauh memungkinkan. Kelima, sarana pelaporan emisi dan material tracking yang kredibel. Keenam, konektivitas logistik rendah emisi.

Dalam konteks Indonesia, konsep seperti Green Energy Corridor Sulawesi yang masuk pipeline pendanaan JETP memberi petunjuk ke arah itu. Sulawesi dapat menjadi laboratorium strategis untuk menunjukkan apakah pengolahan nikel, baterai, listrik bersih, jaringan transmisi, dan industri turunan bisa dihubungkan dalam satu ekosistem rendah karbon. Bila berhasil, model serupa dapat diperluas ke kawasan lain.

Penting dicatat bahwa kawasan industri hijau bukan hanya isu teknis infrastruktur. Ia juga merupakan instrumen tata kelola. Di dalam kawasan, standar dapat ditegakkan lebih mudah, data lebih terintegrasi, layanan bersama lebih efisien, dan eksperimen teknologi lebih terukur. Karena itu, kawasan industri hijau bisa menjadi jembatan antara visi nasional dan implementasi konkret.

13. Risiko-Risiko yang Harus Diwaspadai

Meskipun prospeknya besar, narasi energi sebagai penggerak industrialisasi hijau tidak boleh jatuh pada optimisme yang naif. Ada sejumlah risiko yang perlu diwaspadai.

Pertama, risiko greenwashing, yaitu ambisi besar yang tidak ditopang kesiapan infrastruktur dan pembiayaan. Banyak negara mengumumkan target energi bersih, tetapi implementasinya lambat karena transmisi, perizinan, atau struktur tarif belum siap.

Kedua, risiko substitusi semu. Industri dapat mengklaim hijau karena membeli listrik dari satu sumber bersih tertentu, padahal secara keseluruhan sistem energinya masih intensif karbon. Kredibilitas data dan accounting menjadi penting.

Ketiga, risiko ketidakadilan wilayah dan sosial. Jika manfaat investasi energi hijau terkonsentrasi di kawasan maju sementara daerah penghasil energi lama tertinggal, resistensi politik dapat meningkat.

Keempat, risiko ketergantungan teknologi baru. Industrialisasi hijau seharusnya mengurangi ketergantungan, bukan mengganti satu ketergantungan dengan ketergantungan lain. Karena itu, penguasaan teknologi, standarisasi lokal, dan pembangunan manufaktur domestik penting.

Kelima, risiko sumber daya alam. Pengembangan energi dan industri hijau tetap harus memperhatikan air, lahan, biodiversitas, dan hak masyarakat. IRENA sendiri mengingatkan bahwa pembangunan ekonomi hidrogen hijau harus mempertimbangkan penggunaan lahan dan air secara seimbang. ([IRENA](#))

Kesadaran terhadap risiko-risiko ini justru memperkuat argumen bahwa energi sebagai penggerak industrialisasi hijau harus dipandu oleh perencanaan matang, data kredibel, dan prinsip keberlanjutan yang utuh.

14. Arah Strategis bagi Indonesia

Berdasarkan uraian di atas, terdapat beberapa arah strategis bagi Indonesia.

Pertama, menempatkan kebijakan energi sebagai kebijakan industri. Artinya, setiap keputusan besar tentang listrik, jaringan, tarif, dan bauran energi perlu dinilai juga dari dampaknya pada daya saing manufaktur, hilirisasi, dan ekspor rendah karbon.

Kedua, memprioritaskan listrik bersih untuk kawasan industri strategis. Industrialisasi hijau memerlukan "node-node" awal yang menunjukkan keberhasilan. Kawasan pengolahan mineral, petrokimia, pupuk, dan manufaktur ekspor dapat menjadi prioritas.

Ketiga, mempercepat efisiensi energi industri sebagai quick win. Ini menurunkan biaya, memperbaiki produktivitas, dan membangun kepercayaan terhadap agenda hijau.

Keempat, mengaitkan hilirisasi dengan dekarbonisasi. Nilai tambah domestik harus dibangun bersama penurunan intensitas karbon, bukan terpisah.

Kelima, memilih sektor-sektor prioritas untuk teknologi lanjut seperti hidrogen hijau, berdasarkan keekonomian dan nilai strategis, bukan sekadar tren.

Keenam, menggunakan pembiayaan transisi untuk membangun proyek nyata yang menurunkan risiko investasi swasta. JETP, pinjaman pembangunan, blended finance, dan instrumen fiskal perlu dihubungkan dengan target industrialisasi hijau.

Ketujuh, memperkuat SDM, riset, dan vokasi. Energi hijau hanya akan menjadi penggerak industrialisasi bila Indonesia menguasai desain, instalasi, operasi, pemeliharaan, dan manufaktur komponennya.

Kedelapan, menyiapkan standar dan data karbon produk. Tanpa itu, Indonesia akan sulit membuktikan keunggulan hijau produknya di pasar global.

Kesembilan, menjaga prinsip keadilan. Daerah, pekerja, dan pelaku usaha yang terdampak transisi perlu jalur adaptasi agar transformasi memperoleh dukungan luas.

Kesimpulan

Energi adalah penggerak industrialisasi hijau karena ia bukan sekadar bahan bakar bagi mesin, melainkan penentu arah teknologi, struktur biaya, intensitas karbon, dan posisi daya saing suatu negara dalam ekonomi global. Di era ketika industri dituntut lebih efisien, lebih bersih, dan lebih resilien, kualitas sistem energi menjadi pembeda antara negara yang memimpin transformasi dan negara yang tertinggal. IEA menunjukkan bahwa industri menyerap hampir 40 persen konsumsi energi final global, sementara pertumbuhan listrik dunia kini makin banyak dipenuhi oleh sumber beremisi rendah. (IEA) Artinya, transformasi industri dan transformasi energi kini tidak dapat dipisahkan.

Industrialisasi hijau menuntut lebih dari sekadar tambahan kapasitas pembangkit terbarukan. Ia memerlukan efisiensi energi, elektrifikasi, dekarbonisasi panas proses, pengembangan hidrogen hijau untuk sektor tertentu, pembaruan kawasan industri, pembiayaan jangka panjang, SDM baru, serta tata kelola yang menghubungkan energi dengan kebijakan industri dan perdagangan. World Bank menegaskan bahwa listrik bersih dan industri rendah karbon dapat meningkatkan daya saing,

memodernisasi produksi, memperkuat keamanan energi, dan menciptakan kerja baru. ([World Bank](#))

Bagi Indonesia, tantangannya besar tetapi peluangnya juga besar. Agenda transisi energi, hilirisasi, dan industri hijau sesungguhnya dapat saling menguatkan jika dirancang secara terpadu. Pipeline pendanaan JETP, penyusunan peta jalan dekarbonisasi industri nikel, dorongan Kemenperin terhadap net zero sektor industri, serta instrumen perencanaan kelistrikan nasional menunjukkan bahwa fondasi kebijakan mulai terbentuk. Namun keberhasilan akhirnya akan ditentukan oleh kemampuan Indonesia mengubah energi menjadi keunggulan produktif: listrik yang bersih dan andal, kawasan industri yang efisien, teknologi yang dikuasai, dan produk yang diterima pasar global sebagai bagian dari ekonomi masa depan.

Dengan demikian, energi sebagai penggerak industrialisasi hijau bukanlah slogan teknokratis. Ia adalah strategi pembangunan. Bila dikelola dengan visi yang tepat, energi dapat menjadi jembatan antara pertumbuhan ekonomi, transformasi industri, keadilan sosial, dan keberlanjutan ekologis. Tetapi bila dikelola setengah hati, industrialisasi bisa tetap tumbuh sambil mewariskan biaya lingkungan, risiko dagang, dan kerentanan struktural yang berat. Pilihan itulah yang kini berada di hadapan Indonesia.

Glosarium

Industrialisasi hijau: proses pembangunan industri yang menekan emisi, efisien sumber daya, dan mendorong lahirnya sektor-sektor industri baru berbasis transisi hijau.

Dekarbonisasi industri: upaya menurunkan emisi gas rumah kaca dari kegiatan industri melalui perubahan energi, proses, bahan baku, dan teknologi.

Energi final: energi yang dikonsumsi langsung oleh pengguna akhir, seperti listrik, bahan bakar, atau panas yang dipakai industri dan rumah tangga.

Hard-to-abate sectors: sektor industri yang sulit didekarbonisasi karena memerlukan suhu tinggi, proses kimia khusus, atau penggunaan bahan baku karbon-intensif.

Elektrifikasi industri: penggantian penggunaan bahan bakar langsung dengan listrik dalam proses produksi atau sistem pendukung industri.

Efisiensi energi: penggunaan energi yang lebih sedikit untuk menghasilkan output yang sama atau lebih besar.

Hidrogen hijau: hidrogen yang diproduksi melalui elektrolisis air menggunakan listrik rendah karbon.

Green industrialisation: industrialisasi yang bertumpu pada energi bersih, teknologi rendah emisi, dan rantai nilai hijau.

Kawasan industri hijau: kawasan industri yang dirancang dengan infrastruktur energi bersih, efisiensi, sirkularitas material, dan pengelolaan lingkungan terpadu.

JETP (Just Energy Transition Partnership): skema kemitraan pembiayaan transisi energi berkeadilan antara Indonesia dan mitra internasional.

Net Zero Emission (NZE): kondisi ketika emisi gas rumah kaca yang dilepas seimbang dengan yang diserap atau dihilangkan.

Bauran energi: komposisi berbagai sumber energi dalam sistem energi suatu negara.

Hilirisasi: proses peningkatan nilai tambah sumber daya alam melalui pengolahan lebih lanjut di dalam negeri.

Carbon competitiveness: daya saing suatu produk atau industri yang dipengaruhi intensitas emisi karbonnya.

Daftar Pustaka

International Energy Agency. (2025). *Global Energy Review 2025*. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2025). *Energy Efficiency 2025: Industry*. ([IEA](#))

International Renewable Energy Agency. (2025). *Green hydrogen for industrial decarbonisation: Central Asia and the South Caucasus*. ([IRENA](#))

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

World Bank. (2025). *Green Horizon: East Asia's Sustainable Energy Future*. ([World Bank](#))

Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2025). *Capaian Kinerja Triwulan III Tahun 2025*.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2021). *Bigger Share Given to Renewables in 2021–2030 RUPTL*. ([Ministry of Energy and Mineral Resources](#))

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2021). *A Brief Summary of Good Practices and Challenges on Renewable Energy*. ([Ministry of Energy and Mineral Resources](#))

Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM. (2025). *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional*. ([DG Electricity](#))

Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM. (2025). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2025–2034*. ([DG Electricity](#))

Bappenas. (2025). *Bappenas and WRI Indonesia Ensure Integration of Nickel Industry Decarbonization*. ([Bappenas](#))

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2025). *Kemenperin Percepat Dekarbonisasi Industri Menuju Target Net Zero Emission 2050*. ([BBT Kemenperin](#))

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2025). *Wujudkan Indonesia Hijau, Kemenperin Susun Peta Jalan bagi 9 Sektor Industri*. ([BBT Kemenperin](#))

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2025). *Kemenperin Dorong Dekarbonisasi IKM Menuju Industri yang Berkelanjutan*. ([DJIKMA](#))

United Nations Industrial Development Organization. (2025). *Industrial Decarbonization*. (decarbonization.unido.org)

Copilot for this article - Chatgpt 5.2 Thinking. Access date: 12 Maret 2026
Prompting on Writer's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))

<https://chatgpt.com/c/69aab1a5-6fa0-839d-bf95-2a6ccd521436>