

Nikel Indonesia: Ambisi kendaraan listrik yang masih tertahan oleh sektor baja tahan karat

Syahdiva Moezbar
Katherine Hasan
04/2026



CREA adalah organisasi penelitian independen yang berfokus pada pengungkapan tren, penyebab, dan dampak kesehatan, serta solusi polusi udara

Nikel Indonesia: Ambisi kendaraan listrik yang masih tertahan oleh sektor baja tahan karat

16 April 2026

Penulis

Syahdiva Moezbar , Analis Industri

Katherine Hasan , Analis

Kontribusi

Lauri Myllyvirta , Analis Utama & *Co-Founder* CREA sebagai peninjau utama

Editor

Jonathan Seidman , Spesialis Komunikasi

Foto sampul

Marcel Ardivan, [Unsplash](#)

Ucapan terima kasih

CREA mengucapkan terima kasih atas masukan yang diterima dari organisasi dan individu berikut: Putra Adhiguna, Direktur Utama Energy Shift Institute, Bhima Yudhistira, Direktur CELIOS (Center of Economic and Law Studies), dan Ned Molloy, Lead Transportasi dari Global Strategic Communications Council (GSCC). Pandangan yang dinyatakan dalam laporan ini adalah pandangan penulis dan tidak berkaitan dengan pihak mana pun yang disebutkan di atas.

Tentang CREA

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA) adalah organisasi penelitian independen yang berfokus pada pengungkapan tren, penyebab, dan dampak kesehatan, serta solusi untuk polusi udara. CREA menggunakan data ilmiah, penelitian, dan bukti untuk mendukung upaya pemerintah, perusahaan, dan organisasi kampanye di seluruh dunia dalam upaya mereka untuk beralih ke energi bersih dan udara bersih, dengan keyakinan bahwa penelitian dan komunikasi yang efektif adalah kunci keberhasilan kebijakan, keputusan investasi, dan upaya advokasi. CREA didirikan di Helsinki dan memiliki staf di beberapa negara Asia dan Eropa.

Penafian

CREA bersifat independen secara politik. Penamaan yang digunakan dan penyajian materi pada peta yang terdapat dalam laporan ini tidak menyatakan ekspresi pendapat apapun mengenai status hukum negara, wilayah, kota, atau area mana pun atau otoritasnya, atau mengenai penetapan perbatasan atau batasnya.

Pandangan dan opini yang dinyatakan dalam publikasi ini adalah milik penulis dan tidak selalu mencerminkan kebijakan atau posisi resmi, atau mewakili pandangan atau opini, dari Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA), atau anggota dan/atau penyandang dananya. CREA tidak bertanggung jawab atau berkewajiban atas kesalahan atau kelalaian apa pun dalam isi publikasi ini.

Nikel Indonesia: Ambisi kendaraan listrik yang masih tertahan oleh sektor baja tahan karat

Produksi nikel kelas baterai Indonesia melonjak untuk mengejar persaingan kendaraan listrik, bahkan ketika permintaan global mulai beralih ke alternatif bebas nikel

Temuan kunci

- Dilabeli sebagai lonjakan yang didorong oleh kendaraan listrik, sebanyak 83% produksi nikel Indonesia pada 2025 justru diserap oleh sektor baja tahan karat, berdasarkan data industri yang tersedia untuk publik. Hanya 17% yang saat ini masuk ke rantai pasok baterai kendaraan listrik, menunjukkan adanya ketidaksesuaian yang signifikan antara narasi pemasaran ‘nikel hijau’ Indonesia dan permintaan pasar yang sebenarnya.
- Kendaraan bermesin pembakaran internal (ICE) masih mendominasi pasar global, yang berarti sebagian besar nikel—yang digunakan dalam komponen kendaraan berbahan baja tahan karat—akan tetap terikat pada pasar kendaraan ICE, semakin menjauhkan narasi ‘nikel hijau’ Indonesia dari realitas
- Sementara itu, strategi hilirisasi nikel Indonesia menghadapi ancaman besar seiring meningkatnya adopsi baterai tanpa nikel secara global, khususnya baterai LFP (*Lithium Iron Phosphate*) yang menguasai lebih dari 80% pasar Tiongkok karena biaya yang lebih rendah dan masa pakai yang lebih panjang.
- Pasar pada kenyataannya menghadapi paradoks ‘nikel kotor’ akibat ketergantungan pada pembangkit listrik berbasis batubara *captive*, yang dimungkinkan oleh celah regulasi serta klasifikasi dalam taksonomi hijau yang masih menganggap pembangkit tersebut sebagai ‘transisional’.
- Keterikatan karbon (*carbon lock-in*) ini diperburuk oleh kurangnya perencanaan antisipatif atau mekanisme untuk memastikan pembangunan kawasan industri baru dibangun dekat dengan potensi energi terbarukan atau dirancang untuk konektivitas jaringan listrik di masa depan.

-
- Secara global, nikel Indonesia berisiko terpinggirkan dari pasar premium Barat dengan kebijakan emisi yang lebih ketat, serta rentan terhadap gangguan pasokan bahan bakar fosil dan material esensial, seperti krisis di Selat Hormuz.
 - Untuk memastikan ketahanan jangka panjang industri nikel Indonesia dan mewujudkan visi Indonesia Emas 2045, diperlukan pergeseran dari model berbasis volume menuju ekosistem bernilai tinggi dan beremisi rendah. Dengan mengatasi percepatan penipisan bijih dan memutus ketergantungan pada batubara *captive*, Indonesia dapat mengubah ‘nikel hijau’ dari sekadar label menjadi realitas yang didorong oleh insentif finansial dan operasional

Daftar isi

Temuan kunci	iii
Daftar isi	0
Nikel sebagai komoditas strategis dalam transisi energi global	1
Indonesia menerapkan strategi jalur ganda untuk industri nikel	3
Dominasi Kelas 2 dari RKEF vs. Evolusi Kelas 1 dari HPAL	4
Ketergantungan pada PLTU batubara captive sebagai tantangan utama yang memperbesar risiko	9
Paradoks kadar bijih nikel: detail penting yang sering terabaikan	14
Mengapa tren baterai EV global dapat menyalip strategi nikel Indonesia?	17
Mempersiapkan masa depan pusat nikel Indonesia di tengah gejolak pasar global	23
Rekomendasi	26
Pergeseran strategis: Mendorong produksi nikel bernilai tinggi	26
Pendorong kebijakan: Melepaskan diri dari ketergantungan pada pembangkit batubara captive	27
Referensi	29

Nikel sebagai komoditas strategis dalam transisi energi global

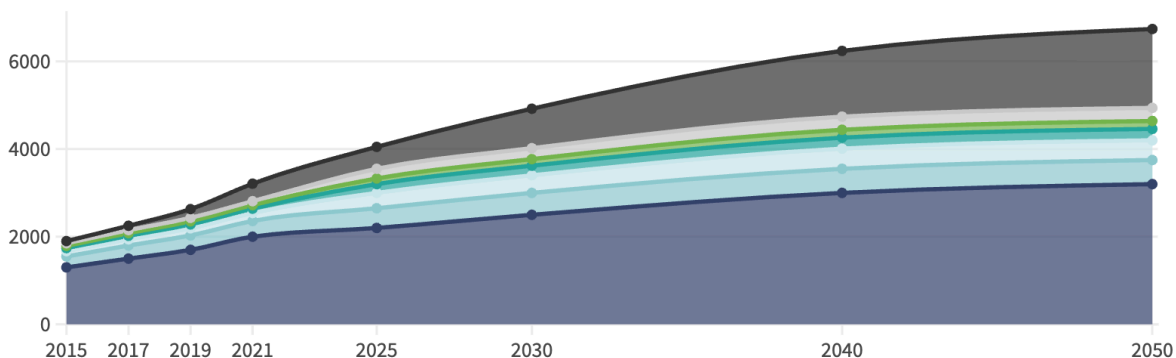
Nikel sedang mengalami pergeseran struktural dalam profil permintaan global. Meskipun baja tahan karat mendominasi, sektor prekursor baterai diperkirakan akan muncul sebagai pendorong pertumbuhan baru. Pertumbuhan ini terkonsentrasi pada baterai kendaraan listrik (Electric Vehicle, EV) dan penyimpanan energi, meskipun pangsa pasar baterai tinggi nikel menurun di kedua sektor tersebut.

Pergeseran penggunaan akhir nikel adalah seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Meskipun baja tahan karat tetap menjadi konsumen utama dengan sekitar 65%, rantai pasokannya telah mencapai tingkat sirkularitas tinggi, sehingga lebih dari 40% produksi global saat ini berasal dari daur ulang *scrap* (USGS, t.d.; Wood Mackenzie, 2022).

Proyeksi konsumsi nikel global berdasarkan penggunaan akhir

■ Baja Tahan Karat ■ Baja Paduan ■ Paduan Non-Ferrous ■ Plating ■ Foundry ■ Lainnya ■ Prekursor Baterai

Konsumsi nikel (kt)



Sumber: Nickel and copper: building blocks for a greener future (Wood Mackenzie, 2022), Global Critical Minerals Outlook 2025 (IEA, 2025) • Baja Paduan: Nikel ditambahkan ke baja untuk meningkatkan sifat fisik Paduan NF: Paduan Non-ferrous, paduan yang tidak mengandung besi Prekursor Baterai: Senyawa nikel yang digunakan untuk menghasilkan bahan katoda untuk baterai. Data 2015-2021 diambil dari Wood Mackenzie (2022). Data proyeksi 2025-2050 diambil dari IEA (2025).



Gambar 1 - Proyeksi konsumsi nikel global berdasarkan penggunaan akhir

Sisa konsumsi nikel kini mengalami rekonfigurasi yang cepat; dalam lima tahun terakhir, pertumbuhan terutama didorong oleh sektor paduan (*alloys*) dan pelapisan (*plating*), sementara pangsa sektor baterai berbasis nikel stagnan. Hal ini terjadi meskipun produksi baterai global melonjak signifikan, karena pangsa pasar baterai nikel tinggi turun tajam akibat pergeseran cepat menuju alternatif tanpa nikel (IEA, 2025; Wood Mackenzie, 2025).

Setelah mengalami stagnasi selama empat tahun, permintaan nikel untuk baterai ke depan menjadi sangat tidak pasti. Proyeksi pertumbuhan permintaan nikel masih bertumpu pada ekspansi sektor baja tahan karat dan baterai EV. *International Energy Agency* (IEA) memproyeksikan bahwa permintaan nikel untuk baterai akan menjadi hampir dua kali lipat dari 2025 hingga 2030, dengan sektor baterai mencapai sekitar 20% dari total konsumsi nikel global pada akhir dekade ini.

Namun, proyeksi pertumbuhan tahunan sebesar 12,5% tersebut sangat bergantung pada kemampuan baterai berbasis nikel untuk mempertahankan pangsa pasarnya yang terus menurun dalam beberapa tahun terakhir. Penurunan ini menyebabkan kecilnya pertumbuhan penggunaan nikel untuk baterai pada periode 2021–2025, meskipun volume produksi baterai meningkat (IEA, 2025).

Fenomena ini didorong oleh segmentasi yang semakin jelas di pasar EV. Kendaraan listrik dengan harga rendah hingga menengah cenderung beralih ke teknologi tanpa nikel, sementara pasar nikel berkualitas tinggi menjadi pendorong eksklusif untuk segmen premium. EV berperforma tinggi dengan jarak tempuh panjang masih mengandalkan baterai berbasis nikel seperti *Nickel-Manganese-Cobalt* (NMC) dan *Nickel-Cobalt-Aluminum* (NCA), karena memiliki energi spesifik yang lebih tinggi dalam satuan watt-hour per kilogram (Wh/kg). Kandungan nikel yang lebih tinggi secara langsung meningkatkan densitas energi yang dibutuhkan untuk perjalanan jarak jauh (Akhter et al., 2025; Koech et al., 2024).

Setelah 2030, nikel diperkirakan tidak lagi sekadar menjadi komoditas industri dasar, melainkan bertransformasi menjadi logam energi strategis. Laju pertumbuhan tahunan untuk prekursor baterai mungkin akan melambat ke kisaran 3.5–5%, namun ukuran pasar akan jauh lebih besar, lebih sirkular, dan semakin berfokus pada materi dengan kemurnian tinggi yang dibutuhkan untuk teknologi transportasi canggih seperti baterai *solid-state* (IEA, 2025).

Indonesia menerapkan strategi jalur ganda untuk industri nikel

Strategi hilirisasi nikel Indonesia mengikuti dua jalur utama: produksi baja tahan karat dalam skala besar dan dorongan yang semakin kuat menuju baterai kendaraan listrik (EV). Didukung oleh investasi dari Tiongkok, strategi ini telah menjadikan Indonesia sebagai produsen nikel terbesar di dunia.

Namun, di saat yang sama, ketergantungan pada pembangkit listrik tenaga batubara *captive*—yakni fasilitas pembangkit listrik di luar jaringan yang khusus memasok energi untuk industri—menciptakan kerentanan struktural, dengan memisahkan mesin pertumbuhan ekonomi nasional dari tuntutan global yang semakin berorientasi pada keberlanjutan. Terlepas dari besarnya potensi energi terbarukan, tidak adanya kerangka energi bersih dan peta jalan dekarbonisasi di tingkat aset berisiko melemahkan daya saing Indonesia di tengah meningkatnya standar lingkungan dan penerapan pajak karbon lintas negara.

Indonesia, dengan cadangan bijih saprolit dan limonit terbesar di dunia, secara agresif mendorong strategi hilirisasi melalui serangkaian larangan ekspor bijih nikel sejak 2014 dan terakhir pada 2020 (KESDM, 2019). Kebijakan ini dirancang untuk memaksimalkan nilai tambah domestik dari sumber daya alam dan membangun basis pengolahan dalam negeri. Inisiatif ini telah menarik investasi asing secara masif, terutama dari Tiongkok, yang dilaporkan melebihi USD 31 miliar pada 2025 (Tempo, 2025; C4ADS, 2025). **Pergeseran strategi ini telah mentransformasi Indonesia menjadi pusat pemurnian nikel terkemuka di dunia, yang kini menyumbang lebih dari 50% pasokan nikel olahan global (C4ADS, 2025; Kompas, 2025).**

Dominasi Kelas 2 dari RKEF vs. Evolusi Kelas 1 dari HPAL

Jantung hilirisasi ini adalah proses *Rotary Kiln Electric Furnace* (RKEF), yaitu metode pirometalurgi untuk mengolah bijih nikel laterit (khususnya saprolit). Proses RKEF yang intensif energi dan emisi menghasilkan produk nikel Kelas 2 berupa feronikel (FeNi) dan *nickel pig iron* (NPI), yang digunakan dalam produksi baja tahan karat.

Produksi nikel melalui RKEF kini menyumbang sekitar 80% dari total produksi nasional, memegang peran dominan dalam pasokan global nikel untuk baja tahan karat. Salah satu pemain utama adalah Tsingshan Holding Group, raksasa baja tahan karat asal Tiongkok sekaligus pengembang utama kawasan industri IMIP, yang mengamankan pasokan NPI stabil untuk produksinya dengan konsumsi mencapai 500,000 ton nikel per tahun.

Di sisi lain, perusahaan Tiongkok lainnya seperti Zhejiang Huayou Cobalt dan Contemporary Amperex Technology (CATL) menargetkan pasar baterai EV yang berkembang pesat. Mereka berinvestasi pada fasilitas *High Pressure Acid Leaching* (HPAL), yaitu proses yang menghasilkan produk antara nikel Kelas 1 dari bijih limonit, guna memastikan pasokan untuk rantai nilai baterai bernilai tinggi. Meskipun RKEF tetap menjadi kekuatan dominan dalam hilirisasi, HPAL semakin mendapat perhatian sebagai teknologi kunci karena kemampuannya untuk langsung memproduksi pasokan baterai EV.

Walaupun RKEF dapat dimodifikasi untuk menghasilkan nikel matte berkualitas baterai, proses ini lebih kompleks dan membutuhkan energi yang lebih besar. Sebaliknya, HPAL menawarkan jalur yang lebih langsung dari bijih kadar rendah Indonesia menuju *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP), prekursor penting untuk produksi nikel sulfat berkadar tinggi yang digunakan dalam baterai EV (RMI, 2025).

Bappenas bersama World Resources Institute Indonesia (WRI Indonesia) telah merilis peta jalan dekarbonisasi industri nikel yang mengelompokkan tiga klaster utama. Sulawesi Tengah termasuk dalam Klaster 1, Maluku Utara dalam Klaster 2, serta Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara dalam Klaster 3.

Klaster 1 dan Klaster 2 memiliki tingkat emisi tertinggi, masing-masing sebesar 59,7 juta ton CO₂ (MtCO₂) dan 60,3 MtCO₂, yang sebagian besar didorong oleh besarnya kapasitas peleburan serta ketergantungan pada pembangkit listrik tenaga batubara *captive* sebagai sumber energi. Sementara itu, Klaster 3 memiliki tingkat emisi yang relatif lebih rendah, yaitu 48,6 MtCO₂, didukung oleh jumlah smelter yang lebih sedikit serta pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air dalam proses pengolahan nikel oleh pelaku industri seperti Vale Indonesia (Bappenas & WRI Indonesia, 2025).

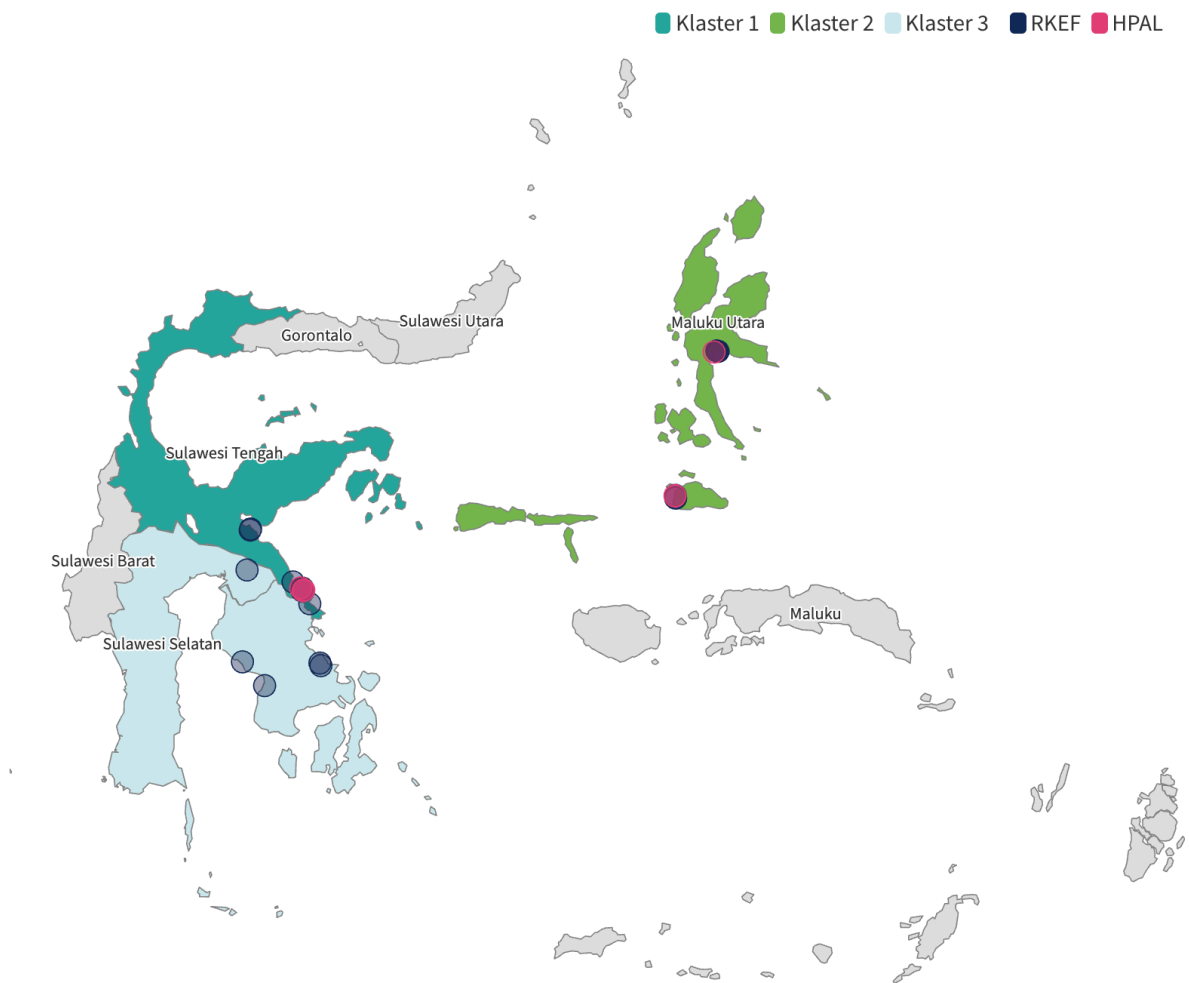
Kompleks industri terintegrasi utama lainnya mencakup Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) di Sulawesi Tengah, Indonesia Weda Bay Industrial Park (IWIP) di Maluku Utara, serta kompleks Virtue Dragon Nickel Industry (VDNI) di Sulawesi Tenggara. Fasilitas-fasilitas ini mengintegrasikan kegiatan pertambangan, peleburan, pembangkitan listrik, hingga infrastruktur logistik dalam satu ekosistem.

Sebagian besar kapasitas Indonesia saat ini masih bertumpu pada produksi nikel Kelas 2 melalui teknologi RKEF. Segmen ini, yang berfokus pada produksi nikel pig iron (NPI) untuk pasar baja tahan karat global, dipimpin oleh operasi berskala besar seperti Obsidian Stainless Steel (OSS) dan Gunbuster Nickel Indonesia (GNI). Produksi feronikel (FeNi) dari RKEF, terutama didorong oleh Sunny Metal Industry serta perusahaan domestik Ceria Nugraha Indotama yang telah meningkatkan kapasitasnya secara signifikan hingga 2025.

Secara paralel, industri mulai beralih ke produksi bahan baku kelas baterai untuk mendukung rantai pasok kendaraan listrik global. Produksi nikel matte berkadar tinggi tetap menjadi ciri khas operasi Vale Indonesia di Sorowako, yang berperan sebagai jembatan utama ke pasar baterai Jepang dan Barat. Sementara itu, peningkatan kapasitas *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) dipimpin oleh proyek-proyek HPAL pionir, seperti Halmahera Persada Lygend (HPL) dan Huayue Nickel Cobalt.

Gambar 2 menunjukkan sebaran fasilitas pengolahan nikel di Indonesia, di mana sebagian besar fasilitas masih didominasi oleh teknologi RKEF dengan jumlah proyek HPAL yang relatif lebih sedikit.

Distribusi fasilitas pengolahan nikel di Sulawesi dan Maluku Utara



Sumber: Nickel Smelters Dashboard (UMD CGS, 2025)

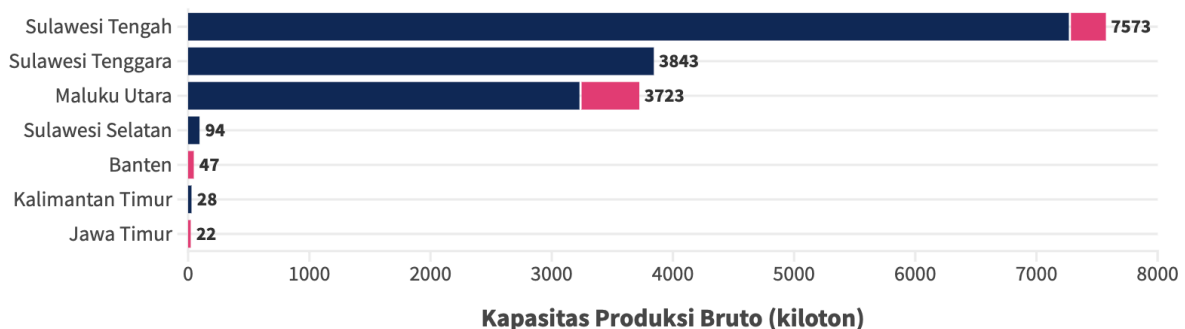
Gambar 2 - Distribusi fasilitas pengolahan nikel di Indonesia berdasarkan teknologi

Gambar 3 menunjukkan tingkat dominasi pengolahan nikel di Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Maluku Utara, serta provinsi lain dengan pangsa yang lebih kecil.

Kapasitas smelter nikel operasional setiap provinsi

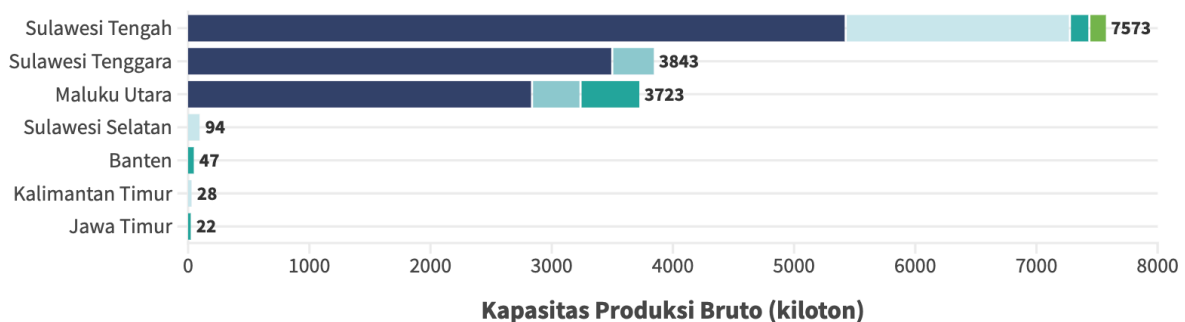
Berdasarkan proses

■ RKEF ■ HPAL



Berdasarkan produk

■ NPI ■ FeNi ■ Ni Matte ■ MHP ■ Ni Sulfate



Sumber: Nickel Smelters Dashboard (UMD CGS, 2025)

Gambar 3 - Kapasitas pengolahan nikel di berbagai provinsi di Indonesia

Gambar tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengolahan nikel sangat terkonsentrasi di beberapa pusat industri utama. Sulawesi Tengah menonjol sebagai provinsi dengan kapasitas pengolahan terbesar, dengan total produksi mencapai 7,573 kiloton nikel ekuivalen, hampir dua kali lipat dibandingkan provinsi lainnya. Hal ini didorong oleh kedekatan jarak dengan cadangan bijih yang melimpah serta dukungan infrastruktur yang kuat (Sunuhadi dkk., 2024).

Dari sisi teknologi, proses RKEF masih mendominasi kapasitas terpasang Indonesia, menghasilkan produk seperti NPI, feronikel, dan nikel matte, yang semakin memperkuat fokus industri pada rantai nilai baja tahan karat. Meskipun saat ini kapasitasnya relatif lebih kecil, fasilitas HPAL baru telah mulai beroperasi dalam beberapa tahun terakhir di

Sulawesi dan Maluku Utara, menandakan upaya untuk memperluas kapasitas produksi bahan antara nikel kelas baterai.

Masuknya investasi ke fasilitas HPAL di Indonesia merupakan respons langsung terhadap meningkatnya permintaan baterai kendaraan listrik global serta kepentingan strategis Tiongkok dalam mengamankan stabilitas pasokan nikel kelas baterai (Asia Society Policy Institute, 2025). Hal ini membentuk strategi hilirisasi jalur ganda di Indonesia: satu jalur yang mempertahankan dominasi nikel Kelas 2 untuk baja tahan karat melalui RKEF, dan jalur lain yang menargetkan pangsa pasar nikel Kelas 1 untuk baterai melalui HPAL.

Namun, fenomena ini tidak akan terjadi tanpa investasi Tiongkok. Menghadapi larangan ekspor bijih nikel Indonesia, perusahaan-perusahaan baja tahan karat Tiongkok memilih untuk berinvestasi besar-besaran dalam fasilitas pengolahan domestik, menciptakan situasi saling menguntungkan dimana Tiongkok mengamankan pasokan, sementara Indonesia membangun kapasitas industrinya.

Meski demikian, struktur kepemilikan yang dihasilkan menghadirkan risiko strategis. Lebih dari 60% kapasitas pemurnian nikel Indonesia dimiliki oleh perusahaan Tiongkok, sementara pemilik domestik hanya sekitar 13% (C4ADS, 2025). Walaupun investasi ini berkontribusi besar terhadap pertumbuhan industri, dominasi asing berpotensi membatasi kemampuan Indonesia untuk mengarahkan sektor ini sesuai dengan strategi pembangunan nasional.

Selain itu, ketika pasar Barat memperketat aturan *Foreign Entity of Concern* (FEOC) melalui Undang-Undang Pengurangan Inflasi Amerika Serikat (*Inflation Reduction Act/IRA*), ketimpangan kepemilikan ini—khususnya ambang batas 25% kendali negara tertentu—berpotensi membatasi akses terhadap insentif pajak yang menguntungkan. Dengan demikian, ketergantungan Indonesia pada modal Tiongkok saat ini justru menciptakan hambatan perdagangan bagi produk seperti *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) di pasar Amerika Utara dan Eropa (US Federal Register, 2024).

Sebagai respons, Perjanjian Perdagangan Timbal Balik Indonesia-AS 2026 (*Agreement on Reciprocal Trade, ART*) menandai upaya strategis untuk mengalihkan rantai pasok ke Amerika Utara. Namun, pergeseran ini ditopang oleh Pasal 6.1 yang kontroversial terkait prinsip “netralitas investasi”, yang mengharuskan Indonesia memperlakukan investor AS setara dengan perusahaan domestik. Klausul ini berpotensi memungkinkan entitas AS menghindari persyaratan Tingkat Komponen Dalam Negeri dan pembatasan lainnya yang menguntungkan perusahaan BUMN atau perusahaan lainnya yang didukung Tiongkok.

Meskipun dikemas sebagai upaya diversifikasi, pengaturan ini berisiko menjebak Indonesia dalam kerangka hukum yang justru melemahkan agenda hilirisasi nasional demi kepentingan keamanan rantai pasok AS (Mongabay, 2026).

Ketergantungan pada PLTU batubara *captive* sebagai tantangan utama yang memperbesar risiko

Perbedaan jalur pengolahan nikel di Indonesia menciptakan tantangan struktural yang signifikan bagi agenda dekarbonisasi nasional. Jalur RKEF yang beremisi tinggi untuk baja tahan karat dan jalur HPAL yang relatif lebih rendah emisi untuk baterai menghadapi kendala yang sangat berbeda. Perbedaan ini tercermin jelas dalam intensitas emisi masing-masing proses.

Dibandingkan HPAL, proses RKEF jauh lebih intensif emisi, terutama karena ketergantungannya pada pembangkit listrik tenaga batubara *captive* serta proses pirometalurgi yang boros energi (RMI, 2025). Hal ini menjadikan HPAL sebagai teknologi penting untuk mendorong rantai nilai baterai EV Indonesia melalui jalur pengolahan nikel yang relatif lebih rendah emisi, terutama jika didukung oleh praktik operasional yang baik dan desain yang efisien dalam pengelolaan limbah.

Gambar 4 membandingkan intensitas emisi dari 17 smelter nikel. Beberapa smelter RKEF yang bergantung pada PLTU batubara menunjukkan intensitas emisi yang tinggi. Sebagai contoh, Halmahera Jaya Ferronickel mencatat intensitas sebesar 99 tCO₂ per ton nikel ekuivalen. Angka ini mencerminkan sifat proses pirometalurgi yang sangat intensif energi yang bergantung pada batubara *captive*.

Sebaliknya, Vale Indonesia - Sorowako RKEF menunjukkan intensitas emisi yang jauh lebih rendah, yaitu 30,5 tCO₂ per ton nikel ekuivalen, terutama karena penggunaan pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Secara umum, HPAL memiliki intensitas emisi lebih rendah. Fasilitas seperti Halmahera Persada Lygend (13,6 tCO₂/t Ni) dan Huayue Nickel Cobalt (36 tCO₂/t Ni) masih menggunakan batubara *captive* sebagai sumber energi (Halmahera Persada Lygend, 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa sumber energi memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap tingkat emisi, bukan hanya jenis teknologi pengolahannya.

Distribusi intensitas emisi smelter nikel Indonesia



Sumber: Nickel Smelters Dashboard (UMD CGS, 2025) • Analisis CREA menggunakan faktor emisi domestik dan pangsa pembangkit listrik, menyoroti smelter dengan intensitas emisi tertinggi dan terendah.



Gambar 4 - Estimasi intensitas emisi smelter RKEF dan HPAL di Indonesia

Namun demikian, kerangka regulasi hilirisasi nikel Indonesia sejauh ini lebih mengutamakan percepatan ekspansi industri dibandingkan standar dampak lingkungan. Undang-Undang Cipta Kerja (Omnibus Law) memusatkan proses perizinan proyek industri, yang pada praktiknya melemahkan perlindungan lingkungan dan mengurangi kewenangan pemerintah daerah. Selain itu, partisipasi publik juga berkurang demi mempercepat penerbitan izin usaha, meskipun terdapat ketidaksesuaian dengan regulasi lingkungan hidup (LPEM FEB UI, 2025).

Penekanan pada percepatan investasi ini secara tidak langsung mendorong perusahaan untuk mengandalkan PLTU batubara *captive* sebagai sumber energi yang murah dan mudah diakses. Hal ini diperkuat oleh taksonomi hijau nasional yang dirilis oleh Otoritas Jasa Keuangan (OJK), yang masih mengklasifikasikan penggunaan batubara *captive* untuk pengolahan mineral sebagai aktivitas “transisional”, sehingga membuka akses pembiayaan bagi proyek berbasis fosil (OJK, 2025).

Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 memang menargetkan penurunan emisi sebesar 35% dalam sepuluh tahun. Namun, revisi yang diusulkan masih memberikan pengecualian bagi ekspansi PLTU *captive* yang mendukung Proyek Strategis Nasional (PSN). Hal ini menciptakan celah kebijakan yang krusial, karena tidak adanya kajian yang mewajibkan pengembang membuktikan bahwa batubara adalah satu-satunya sumber energi yang layak, atau mendorong integrasi energi terbarukan sejak tahap perencanaan awal.

Padahal, bukti empiris menunjukkan bahwa integrasi energi bersih dapat memberikan manfaat signifikan. Operasi Vale di Sorowako, Sulawesi Selatan, misalnya, menggunakan 365 MW tenaga air untuk produksi nikel matte, yang mampu menurunkan biaya operasional hingga 40% serta mengurangi emisi hingga 2,3 MtCO₂ per tahun (WRI, 2026).

Lebih lanjut, belum terdapat komitmen yang kuat untuk menghubungkan kawasan industri ini dengan rencana pengembangan jaringan listrik terpadu di Sulawesi. Kurangnya koordinasi strategis ini berisiko mengisolasi kawasan industri menjadi *carbon-locked*, sehingga tidak dapat memanfaatkan potensi besar energi terbarukan seperti tenaga air dan panas bumi di wilayah tersebut (IESR, 2025). Ketidaksiharian ini tidak hanya melemahkan upaya dekarbonisasi Indonesia, tetapi juga menjadi ancaman langsung terhadap daya saing jangka panjang nikel Indonesia di pasar global yang semakin ditentukan oleh standar emisi dan persyaratan keberlanjutan yang ketat.

Meningkatkan pangsa energi bersih merupakan kunci untuk dekarbonisasi industri, namun tidak ada solusi yang bersifat universal. Dimensi penting yang sering terabaikan adalah bahwa potensi dekarbonisasi di masa depan harus diintegrasikan dalam pemilihan lokasi. Untuk klaster industri yang sudah ada, perencanaan jaringan listrik yang proaktif perlu dilakukan segera, meskipun transisi aktual ke energi terbarukan baru akan terjadi beberapa tahun ke depan.

Kebutuhan akan perencanaan antisipatif menjadi tema utama dalam berbagai penilaian strategis, yang menekankan bahwa dekarbonisasi dapat dicapai melalui koordinasi spasial. Saat ini, Indonesia masih kekurangan mekanisme untuk memastikan kesiapan energi bersih pada tahap awal baik dalam studi kelayakan maupun analisis dampak lingkungan, seperti memastikan Proyek Strategis Nasional (PSN) berlokasi dekat dengan sumber potensi energi terbarukan atau dirancang untuk disambungkan ke jaringan listrik kedepannya (Climateworks Centre, 2025).

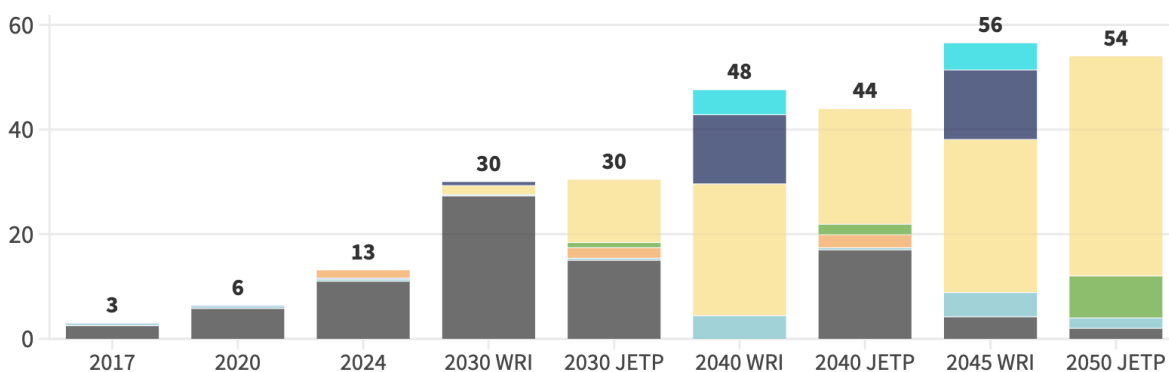
Skenario dari Bappenas dan WRI Indonesia menunjukkan bahwa tidak ada satu jalur tunggal untuk mendekarbonisasi industri nikel Indonesia. Pada Klaster 1, tenaga air diproyeksikan akan menyumbang lebih dari setengah kapasitas pada tahun 2045, sementara sisanya berasal dari tenaga surya yang didukung sistem penyimpanan baterai. Klaster 2 menunjukkan pendekatan yang berbeda, di mana hidrogen hijau diproyeksikan sebagai sumber energi paling layak untuk menggantikan sebagian besar kebutuhan batubara, mengingat rendahnya potensi tenaga air dan angin di wilayah tersebut. Sementara itu, Klaster 3 mengkombinasikan tenaga air, angin, dan surya untuk menghasilkan pasokan listrik yang andal sepanjang operasi.

Gambar 5 menunjukkan peningkatan kapasitas listrik terpasang dari tahun 2017 hingga 2024, yang sebagian besar didorong oleh batubara sebagai sumber energi yang mudah diterapkan dan andal untuk operasi peleburan. Gambar ini juga merangkum peta jalan nasional yang telah dikembangkan hingga saat ini, sebagaimana dirilis oleh Bappenas & WRI Indonesia pada Juni 2025 serta Sekretariat Just Energy Transition Partnership (JETP) pada November 2025.

Proyeksi sumber pembangkit listrik industri nikel Indonesia

■ Batu bara ■ Hidro ■ Grid ■ Gas ■ Bioenergi ■ Surya ■ Bayu ■ Hidrogen Hijau

Kapasitas pembangkit listrik (GW)



Sumber: Peta Jalan Dekarbonisasi Industri Nikel Indonesia, Captive power study - JETP Indonesia • Data 2017-2024 diambil dari laporan WRI & Bappenas. Proyeksi listrik WRI menggabungkan tiga skenario klaster, dengan mempertimbangkan pangsa sumber energi.



Gambar 5 - Kapasitas listrik terpasang untuk industri nikel

Kedua peta jalan tersebut memproyeksikan peningkatan signifikan pangsa energi terbarukan antara tahun 2030 hingga 2040, dengan tenaga surya menjadi kontributor terbesar. Bappenas dan WRI Indonesia juga mengidentifikasi potensi besar energi angin, yang diperkirakan mencapai sekitar 20% dari total kapasitas pada tahun 2045. Selain itu, hidrogen hijau diproyeksikan memiliki peran penting sebagai sumber energi alternatif bagi industri, meskipun implementasinya dalam skala besar masih menghadapi tantangan, terutama terkait keterbatasan infrastruktur dan belum matangnya kelayakan komersial.

Studi kasus JETP untuk proses RKEF dan HPAL menunjukkan bahwa upaya dekarbonisasi masih dibatasi oleh kebutuhan pembangkit listrik tenaga batubara sebagai *baseload* untuk menjaga stabilitas sistem (JETP Indonesia, 2025). Operasi RKEF yang bersifat pirometalurgi membutuhkan tingkat stabilitas pasokan listrik yang tinggi untuk mencegah pembekuan tungku—kondisi yang saat ini dipenuhi oleh turbin berbahan bakar batubara dan sulit direplikasi oleh energi terbarukan yang bersifat variabel tanpa dukungan

penyimpanan energi dalam skala besar. Dalam skenario optimistis JETP, operasi RKEF akan mengandalkan peningkatan porsi tenaga surya dan tenaga air, dengan dukungan *Battery Energy Storage System* (BESS) untuk mengurangi beban pembangkit batubara saat produksi energi terbarukan menurun. Untuk fasilitas HPAL, strategi dekarbonisasi mencakup peningkatan kontribusi dari *waste heat recovery*, *co-firing* biomassa, serta integrasi energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada batubara.

Pemodelan tingkat aset oleh JETP menunjukkan potensi besar pengurangan emisi sekaligus optimasi biaya pembangkitan. Sebagai contoh, pabrik HPAL yang saat ini bergantung pada PLTU batubara *captive* berkapasitas 73 MW dengan emisi 0.55 MtCO₂ per tahun dapat menurunkan intensitas emisi hingga 90% menjadi sekitar 0.12 kg CO₂/kWh ketika 70% pembangkit listriknya dialihkan ke energi terbarukan. Pada contoh kasus lain, smelter RKEF dengan pembangkit batubara *captive* 160 MW yang menghasilkan 1.18 MtCO₂ per tahun, menunjukkan 88% integrasi energi terbarukan (terutama surya) diproyeksikan dapat menurunkan emisi hingga 54%, dengan tetap menjaga keandalan operasional melalui kombinasi penyimpanan baterai dan dukungan gas alam saat periode tanpa sinar matahari (JETP Indonesia, 2025).

Untuk memperkuat upaya ini, DNV menekankan bahwa dekarbonisasi klaster nikel Indonesia membutuhkan pendekatan teknis yang lebih terarah. Pada smelter RKEF dengan emisi tinggi, transisi awal sangat bergantung pada penerapan BESS skala besar dan *co-firing* biomassa untuk menyediakan stabilitas sistem yang sebelumnya dipenuhi oleh batubara. Untuk fasilitas HPAL, fokus utama adalah optimalisasi *waste heat recovery* dan dekarbonisasi produksi uap tambahan. Secara keseluruhan, DNV juga mendorong interkoneksi jaringan listrik antar-klaster guna memaksimalkan pemanfaatan potensi energi terbarukan regional—khususnya tenaga air dan surya—sehingga industri dapat beralih dari sistem terisolasi berbasis batubara menuju sistem energi yang lebih terintegrasi dan rendah emisi (DNV, 2025).

Sejauh ini, sejumlah langkah inkremental telah dilakukan oleh smelter nikel di Indonesia melalui integrasi energi terbarukan dan sistem efisiensi. Harita Group, misalnya, tengah mengembangkan proyek PLTS berkapasitas 300 MWp di Pulau Obi, dengan fase awal sebesar 40 MWp yang mulai beroperasi pada kuartal kedua 2025 (Harita Nickel, 2024). Sementara itu, PT Dexin Steel Indonesia telah memasang PLTS atap sebesar 65.89 MWp di kawasan IMIP hingga awal 2026 (IMIP, 2025). Peningkatan efisiensi juga dicapai melalui pemanfaatan *waste heat recovery*. Sebagai contoh, PT Huayue Nickel Cobalt memanfaatkan uap bertekanan tinggi dari proses produksi asam sulfat untuk mengurangi kebutuhan listrik operasional (IMIP, 2025).

Dalam perkembangan terbaru, integrasi energi bersih skala lebih besar mulai terlihat di kawasan industri utama dan hilir. Di IMIP, proyek SESMO memulai konstruksi PLTS sebesar 262 MWp yang dilengkapi dengan sistem penyimpanan energi baterai berkapasitas 80 MWh pada April 2026. Proyek ini dirancang untuk memasok energi ke fasilitas HPAL Excelsior Nickel Cobalt (ENC) (Petromindo, 2026; SESNA, 2026). Di sisi lain, IWIP tengah mengembangkan proyek berskala besar bernilai miliaran dolar yang mencakup pembangunan PLTS 2 GW dan pembangkit listrik tenaga angin 500 MW sebagai bagian dari visi kawasan industri nikel hijau berkelanjutan (Petromindo, 2025).

Upaya ini diperkuat oleh preseden dari Nickel Industries di tambang Hengjaya, di mana proyek percontohan PLTS 396 kWp dengan baterai 250 kWh telah beroperasi sejak 2022. Meskipun awalnya berskala kecil, proyek ini direncanakan untuk diperluas hingga mampu memenuhi sekitar 20% kebutuhan energi lokasi tambang pada 2025, sekaligus menjadi *proof of concept* bagi proyek dekarbonisasi yang lebih besar (Nickel Industries, 2023).

Meskipun proyek-proyek ini menandai kemajuan, laju dekarbonisasi secara menyeluruh di tingkat industri masih relatif lambat. Skala inisiatif tersebut masih terbatas jika dibandingkan dengan kebutuhan energi keseluruhan sektor nikel, yang hingga kini masih sangat bergantung pada pembangkit listrik tenaga batubara *captive* untuk mendukung operasi peleburan dalam skala besar.

Paradoks kadar bijih nikel: detail penting yang sering terabaikan

Selain sumber energi, kadar bijih merupakan salah satu penentu utama intensitas emisi. Bijih saprolit Indonesia secara historis memiliki kadar sekitar 1.5% hingga 3.0% nikel, namun kualitas ini diproyeksikan akan menurun seiring menipisnya cadangan utama (KESDM, 2020; SMM, 2025). Ketika kadar bijih menurun, pabrik pengolahan harus memproses volume materi yang lebih besar untuk memproduksi volume yang sama, sehingga secara signifikan meningkatkan konsumsi energi dan penggunaan bahan kimia tambahan (Wei et al., 2020).

Gambar 6 menunjukkan bahwa kebutuhan energi meningkat secara non-linear ketika kadar bijih menurun. Artinya, semakin rendah kadar bijih, semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan output yang sama. Akibatnya, intensitas emisi nikel Indonesia dapat meningkat hingga 20% jika kadar bijih rata-rata turun di bawah 1.5%.

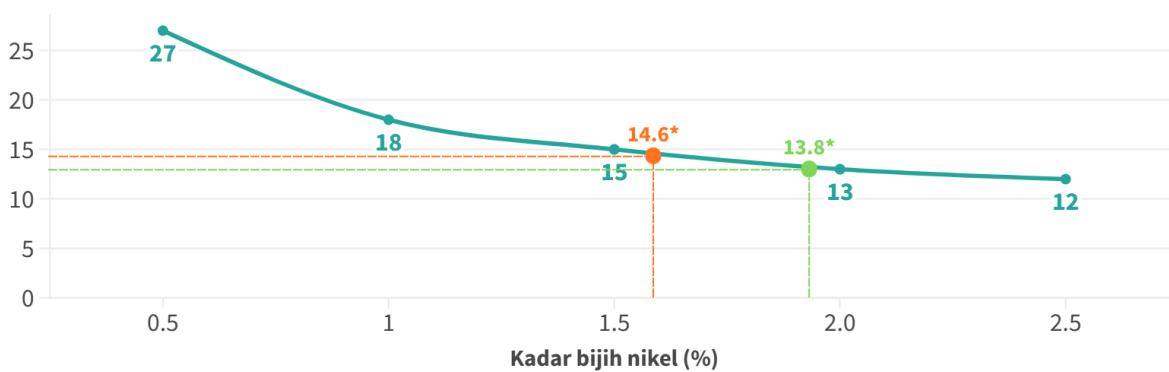
Dalam jangka pendek, strategi seperti ore blending dan pengelolaan pasokan bijih dapat membantu mempertahankan kadar *feedstock* yang lebih tinggi di smelter, sehingga

menjadi opsi dekarbonisasi praktis jangka pendek. Saat ini, beberapa smelter RKEF dilaporkan telah beroperasi dengan kadar bijih sekitar atau bahkan di bawah 1.5%, yang berkontribusi pada peningkatan konsumsi energi dan emisi.

Macquarie memperkirakan kadar rata-rata bijih nikel Indonesia telah turun dari 1.8% menjadi sekitar 1.6% (Mining, 2025), yang meningkatkan intensitas emisi rata-rata sekitar 5.8%. Sementara itu, Bappenas dan WRI Indonesia memperkirakan bahwa penerapan ambang batas minimum kadar bijih dapat menurunkan emisi absolut sektor hingga 15% pada 2045 (Bappenas & WRI Indonesia, 2025).

Dampak kadar bijih nikel pada emisi

Emisi (tCO₂/t-produk)



Sumber: Nickel extraction from nickel laterites (Zhang et al. 2024) • *Perkiraan kadar bijih nikel oleh Macquarie (Mining.com, 2025)



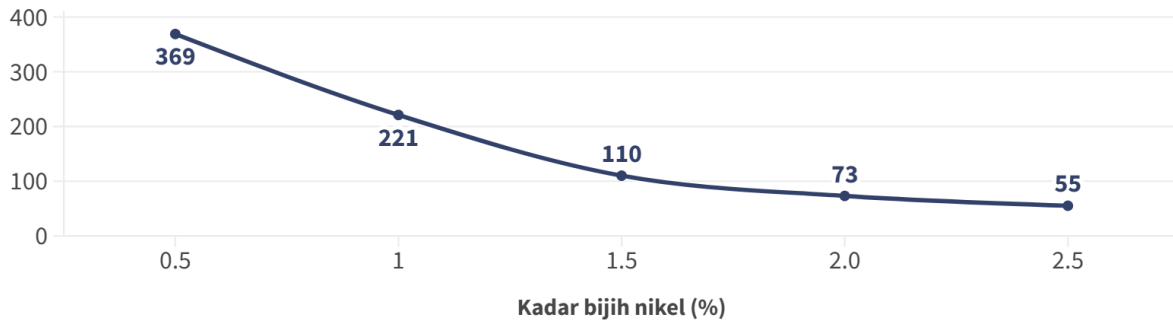
Gambar 6 – Hubungan antara kadar bijih nikel dan intensitas emisi

Selain aspek energi, penurunan kadar bijih juga secara signifikan meningkatkan volume *tailing* yang dihasilkan pada proses HPAL. Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan kadar bijih rata-rata sekitar 1.7% Ni dan *recovery rate* 90%, sekitar 65 ton *tailing* dihasilkan untuk setiap ton nikel yang diproduksi (Zhang et al., 2025).

Meskipun pemerintah telah mengeluarkan larangan pembuangan *tailing* ke laut dalam (*Deep Sea Tailings Placement*) untuk proyek baru, risiko tetap tinggi seiring dengan menurunnya kadar bijih dan meningkatnya volume limbah. Pada kadar bijih di bawah 1.5%, produksi *tailing* dapat melonjak hingga 200 ton per ton nikel dan berpotensi menjadi krisis besar bagi fasilitas HPAL. Insiden pada fasilitas penumpukan *tailing* HPAL pada Februari 2026 di kawasan IMIP memakan korban dan menyyoroti risiko keselamatan yang nyata akibat akumulasi limbah dalam skala besar. Kejadian ini mendapat kritik luas dari kelompok masyarakat sipil sebagai indikasi kegagalan sistemik dalam pengelolaan *tailing* dan keselamatan kerja di industri nikel (Mongabay, 2026a).

Dampak kadar bijih nikel pada tailing HPAL

Volume tailing (ton per ton nikel)



Sumber: Nickel extraction from nickel laterites (Zhang et al. 2024)



Gambar 7 – Dampak kadar bijih nikel terhadap produksi tailing

Mengapa tren baterai EV global dapat menyalip strategi nikel Indonesia?

Meskipun nikel diposisikan sebagai salah satu mineral kunci dalam transisi energi, sebagian besar produksi nikel Indonesia hingga saat ini masih terikat pada sektor baja tahan karat. Berbagai proyek HPAL baru memang telah diumumkan sebagai sinyal pergeseran menuju rantai nilai baterai, namun sebagian besar masih berada pada tahap awal pengembangan.

Di sisi lain, tren global baterai kendaraan listrik justru mulai bergerak menjauh dari ketergantungan pada nikel, terutama dengan meningkatnya adopsi baterai LFP (*Lithium Iron Phosphate*). Pergeseran ini menimbulkan resiko besar, mengingat Indonesia telah melakukan investasi besar dalam rantai nilai berbasis nikel yang berpotensi tidak selaras dengan arah pasar yang semakin mengutamakan opsi baterai lain tanpa nikel.

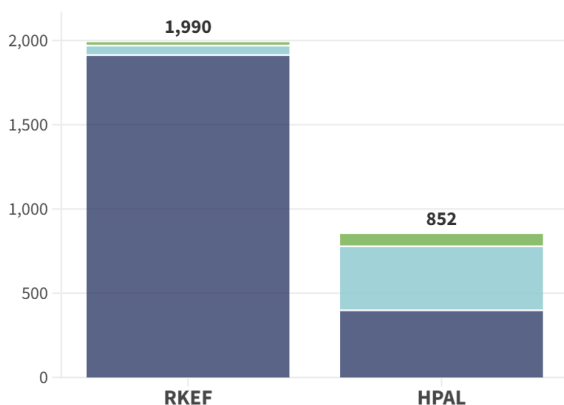
Meskipun sejumlah proyek HPAL sedang direncanakan atau dalam tahap konstruksi di Indonesia, data terbaru menunjukkan bahwa sebagian besar kapasitas tersebut masih belum terealisasi dalam skala besar (UMD CGS, 2025). Akibatnya, jalur pengembangan saat ini masih belum cukup untuk memenuhi ambisi pemerintah dalam membangun ekosistem manufaktur baterai EV yang kuat dan terintegrasi.

Gambar 8 membandingkan skala komparatif antara smelter RKEF dan HPAL., dan rincian distribusi perkembangan kapasitas HPAL dalam beberapa tahun ke depan.

Kapasitas RKEF dan HPAL

■ Beroperasi ■ Tahap konstruksi ■ Direncanakan

Kapasitas produksi (kiloton Ni)

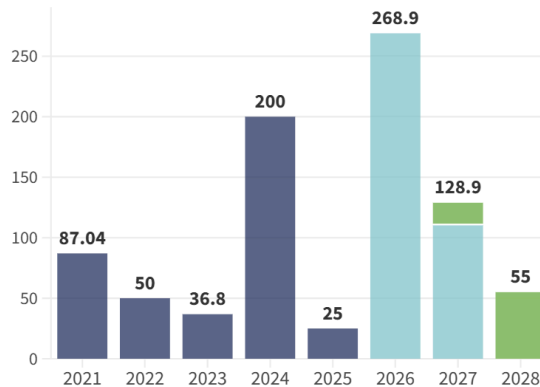


Sumber: Nickel Smelters Dashboard (UMD CGS, 2025)

Perkembangan kapasitas HPAL

■ Beroperasi ■ Tahap konstruksi ■ Direncanakan

Kapasitas produksi (kiloton Ni)



 CREA

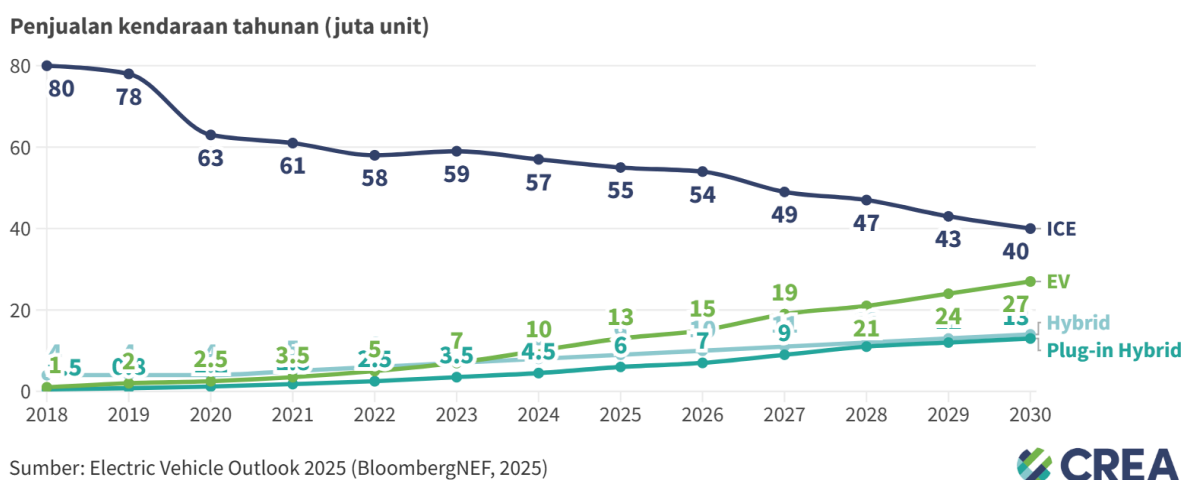
Gambar 8 - Kapasitas smelter RKEF dan HPAL di Indonesia

Pada tahun 2025, sekitar 83% produksi nikel Indonesia digunakan untuk produksi baja tahan karat, sementara hanya 17% menjadi prekursor baterai (UMD CGS, 2025). Hal ini sejalan dengan pola permintaan global saat ini, di mana baja tahan karat masih mendominasi penggunaan nikel Kelas 2. Meskipun dominasi smelter RKEF yang ditunjukkan pada Gambar 8 tetap menjadi tulang punggung volume untuk sektor baja tahan karat, total kapasitas gabungan proyek HPAL diperkirakan akan mendorong produksi Mixed Hydroxide Precipitate (MHP) Indonesia melampaui 800,000 ton pada tahun 2028, dengan tambahan kapasitas yang terus berkembang dalam beberapa tahun ke depan.

Lonjakan kapasitas ini diperkirakan akan meningkatkan porsi nikel Indonesia untuk sektor prekursor baterai hingga sekitar 30% pada tahun 2028, sebuah perubahan signifikan dibandingkan tahun 2025 yang mencerminkan ambisi Indonesia untuk beralih dari dominasi baja tahan karat menuju peran strategis dalam rantai pasok EV global. Pergeseran ini merupakan sebuah upaya institusional yang terukur: Indonesia bertaruh bahwa dengan mempercepat pembangunan kapasitas HPAL dan hilirisasi, Indonesia dapat mengamankan posisinya sebagai pemasok utama untuk baterai berbasis nikel, bahkan ketika pasar global mulai mengeksplorasi alternatif tanpa nikel.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9, penjualan kendaraan listrik global diproyeksikan akan terus meningkat. Namun, kendaraan bermesin pembakaran internal (ICE) masih mendominasi penjualan kendaraan secara global. Dengan demikian, sebagian besar permintaan nikel masih akan tetap terkait dengan pasar kendaraan ICE, mengingat baja tahan karat banyak digunakan dalam berbagai komponen kendaraan tersebut.

Angka kendaraan penumpang global berdasarkan sistem penggerak



Gambar 9 - Penjualan kendaraan penumpang global

Secara institusional, Indonesia tengah berupaya mendorong pergeseran menuju industri baterai. Pada tahun 2021, Kementerian BUMN meluncurkan Indonesia Battery Corporation (IBC) untuk mengembangkan rantai nilai baterai EV yang terintegrasi serta memproduksi prekursor baterai bernilai tambah tinggi. IBC merupakan konsorsium yang melibatkan PT Antam, holding pertambangan MIND ID, PT Pertamina New & Renewable Energy, dan PT PLN, dengan tujuan mengintegrasikan hulu hingga hilir mulai dari ekstraksi nikel, pengolahan material baterai, hingga daur ulang baterai.

Sejumlah proyek baterai besar juga mulai menunjukkan progres, mencerminkan momentum berkelanjutan dalam strategi integrasi ini. Salah satunya adalah Proyek Dragon, yang telah memasuki tahap final keputusan investasi dengan nilai sekitar USD 6 miliar. Proyek ini merupakan *joint venture* antara PT Aneka Tambang Tbk (Antam) dan CATL, dengan target produksi 88,000 ton NPI per tahun pada 2027 serta 55,000 ton MHP pada 2028 (Bloomberg Technoz, 2025).

IBC juga telah mengumumkan dimulainya studi kelayakan untuk Proyek Titan bersama Antam dan konsorsium Huayou, dengan nilai investasi sekitar USD 6 miliar dan target kapasitas 20 GWh pada akhir 2026 (Bloomberg Technoz, 2026). Proyek ini memperkuat

potensi kerja sama Indonesia–Tiongkok, khususnya dalam transfer teknologi dan pengembangan keterampilan di rantai pasok baterai (CELIOS, 2025). Selain itu, Kementerian ESDM menekankan bahwa proyek ini tidak hanya mendukung ambisi EV nasional, tetapi juga selaras dengan rencana besar pembangunan 100 GW tenaga surya yang dicanangkan Presiden Prabowo Subianto (Kompas, 2025a).

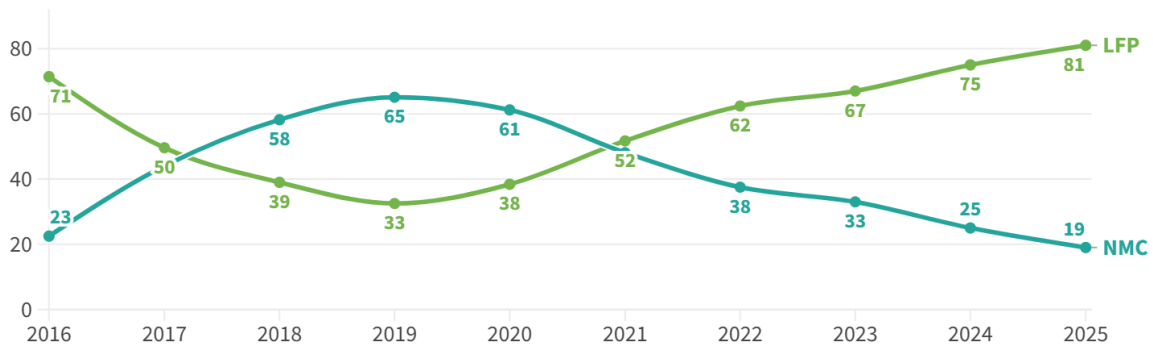
Secara keseluruhan, perkembangan ini menunjukkan upaya Indonesia untuk fokus pada baterai berbasis nikel sebagai fondasi ekosistem EV nasional. Namun, strategi Indonesia tidak sepenuhnya satu arah, melainkan adaptif terhadap dinamika pasar global. Di satu sisi, Indonesia terus mengembangkan kapasitas baterai berbasis nikel. Contohnya adalah PT HLI Green Power—*joint venture* antara Hyundai Motor Group dan LG Energy Solution di Karawang—yang memiliki kapasitas produksi hingga 10 GWh baterai berbasis nikel. Di sisi lain, Indonesia juga mulai membangun kapabilitas untuk baterai tanpa nikel. PT LBM Energi Baru Indonesia di Kendal tengah mengembangkan produksi katoda LFP hingga 300,000 ton per tahun, sementara PT Indonesia BTR New Energy Material memproduksi sekitar 80,000 ton anoda baterai lithium per tahun (Tempo, 2024).

Meskipun Indonesia tetap optimistis terhadap cadangan nikelnya, pasar global semakin mengarah pada adopsi kimia baterai tanpa nikel seperti LFP untuk segmen *mass market*. Dengan mengembangkan produksi baterai NMC dan LFP, Indonesia berupaya melakukan strategi tengah, agar industrinya tetap relevan terlepas dari arah perkembangan teknologi, baik yang mengutamakan densitas energi tinggi maupun efisiensi biaya (IEA, 2025a).

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10, adopsi LFP di Tiongkok meningkat tajam dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2025, baterai berbasis nikel hanya menguasai sekitar 19% pangsa pasar, sementara LFP telah mendominasi lebih dari 80% (IEA, 2026).

Pangsa pasar baterai EV LFP dan NMC di Tiongkok dari tahun 2016 hingga 2025

Pangsa pasar baterai (%)



Sumber: Lithium Manganese Iron Phosphate LMFP Batteries in China's EV Landscape (Sanxin New Materials, 2024), Share of four wheelers electric vehicle battery sales by chemistry and region, 2023-2025 (IEA, 2026) • Data pangsa pasar 2017-2022 diambil dari Sanxin New Materials, data pangsa pasar 2023-2025 diambil dari IEA



Gambar 10 - Pertumbuhan pangsa pasar baterai LFP di Tiongkok

Penjualan kendaraan listrik (EV) di Indonesia meningkat pesat dalam lima tahun terakhir, dari kurang dari 500 unit pada tahun 2021 menjadi lebih dari 40,000 unit pada tahun 2024, dan mencapai volume yang sama hanya pada paruh pertama tahun 2025. Tren ini juga tercermin dalam total populasi kendaraan listrik domestik yang telah mendekati 120,000 unit, dengan setengahnya ditambahkan hanya dalam satu tahun terakhir (ICCT, 2025).

Pada tahun 2025, sembilan dari sepuluh kendaraan listrik (EV) yang terjual di Indonesia diproduksi oleh merek-merek Tiongkok. Produsen seperti BYD bahkan menyumbang hampir 50% dari total penjualan (Gaikindo, 2025). Merek-merek ini cenderung menggunakan baterai LFP karena efektivitas biaya dan risiko panas berlebih yang lebih rendah, sebagaimana tercermin dalam pertumbuhan pangsa pasar di Tiongkok. **Dengan adopsi LFP oleh merek-merek ini baik di pasar domestik maupun di negara berkembang, tren ini kemungkinan besar juga terjadi di Indonesia, menunjukkan bahwa sebagian besar EV yang dijual di Indonesia menggunakan teknologi baterai bebas nikel (IEA, 2026).**

Meskipun baterai NMC tetap lebih banyak ditemukan di iklim yang lebih dingin seperti di Amerika Utara dan Eropa, tren global menunjukkan bahwa adopsi LFP mulai meluas ke luar Tiongkok. Produsen Eropa mulai mengadopsi LFP untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan daya saing, menandakan pergeseran bertahap dari kimia baterai yang intensif nikel. Meskipun ekspansi LFP di Eropa menghadapi ketidakpastian akibat potensi

pembatasan ekspor teknologi baterai oleh Tiongkok, minat yang meningkat terhadap LFP tetap mendisrupsi popularitas baterai NMC di Eropa (Brown, 2025). Pada saat yang sama, baterai sodium-ion mulai mendapat perhatian sebagai alternatif yang cocok di iklim di bawah nol derajat, dan berpotensi menjadi opsi jika pasokan mineral penting semakin terbatas (Mashfy et al., 2026).

Daur ulang baterai nikel merupakan jalur strategis untuk mengelola peningkatan permintaan di tengah keterbatasan pasokan nikel primer. Perkiraan penggunaan nikel di industri kendaraan listrik Tiongkok pada tahun 2050 menunjukkan bahwa fasilitas daur ulang *closed-loop* dari akhir masa pakai baterai dapat memenuhi antara 68% dan 97% dari permintaan nikel (Zhang dkk., 2023). Hal ini menyoroti pentingnya memprioritaskan daur ulang baterai yang efisien untuk mengurangi tekanan pada ekstraksi nikel primer sekaligus meningkatkan keberlanjutan jangka panjang rantai pasokan baterai.

Dikombinasikan dengan kemajuan dalam daur ulang dan penggunaan ulang, perkembangan ini menunjukkan bahwa produsen EV secara struktural beralih dari teknologi berbasis nikel, yang mengindikasikan bahwa permintaan kendaraan listrik di masa depan mungkin tidak cukup untuk menyerap pasokan nikel Indonesia yang berkembang pesat. Selain itu, Indonesia berisiko merugikan konsumen domestik jika bergantung pada teknologi berbasis nikel yang cenderung lebih mahal dan menawarkan masa pakai baterai yang lebih pendek dibandingkan dengan alternatif yang lebih fleksibel dan hemat biaya. Akibatnya, strategi hilir Indonesia yang sangat bergantung pada nikel berisiko semakin tidak selaras dengan tren teknologi global jangka panjang.

Mempersiapkan masa depan pusat nikel Indonesia di tengah gejolak pasar global

Seiring transisi pasar global ke standar akuntabilitas iklim dan lingkungan yang semakin ketat, Indonesia berisiko termarginalisasi dalam industri nikel dan kehilangan akses ke rantai pasokan bernilai tinggi di yurisdiksi dengan regulasi ketat. Ketergantungan industri pada modal asing dan pembangkit listrik tenaga batubara *captive* semakin membuat sektor ini rentan terhadap guncangan harga yang fluktuatif dan meningkatnya tensi geopolitik.

Tanpa memprioritaskan jalur yang jelas dan strategis menuju masa depan rendah karbon, Indonesia berisiko membatasi produksinya ke segmen industri bernilai rendah dan sensitif terhadap harga, sementara pasar premium dengan pertumbuhan tinggi yang diatur oleh standar yang ketat, mengalihkan pengadaan mereka ke pesaing yang lebih patuh terhadap regulasi.

Ambisi Pemerintah Indonesia untuk memposisikan negara sebagai pusat manufaktur EV tetap menjadi justifikasi utama atas dorongan hilirisasi nikel. Inisiatif milik negara seperti IBC mencerminkan target jangka panjang pemerintah untuk membangun kapasitas manufaktur baterai sebesar 15 GWh untuk EV dan penyimpanan energi (KESDM, 2025). Terlepas dari perkembangan terkini, kapasitas domestik masih relatif terbatas jika dibandingkan dengan skala ekspansi nikel. Mengingat nikel hanya menyumbang kurang dari 2% dari nilai EV, terdapat ketidaksesuaian antara strategi ekspansi nikel Indonesia dan penyerapan pasar domestik.

Saat ini, intensitas emisi Indonesia yang tinggi semakin membatasi daya saing. Instrumen kebijakan seperti EU CBAM dan Battery Passport akan memberlakukan persyaratan lingkungan yang lebih ketat pada produk nikel. EU-Indonesia *Comprehensive Economic Partnership Agreement* (CEPA), yang diperkirakan mulai berlaku pada tahun 2027, dapat membantu Indonesia memperluas pasar ekspor nikel dan prekursor baterai jika produsen dapat memenuhi persyaratan keberlanjutan dan ketertelusuran (Parlemen Eropa, 2025). Dengan kondisi saat ini, nikel Indonesia berisiko terbatas pada pasar domestik atau pasar dengan standar lingkungan yang lebih lemah.

Jalan menuju pemenuhan standar ini sangat dipengaruhi oleh modal dan teknologi Tiongkok yang mendominasi sektor nikel Indonesia. Meskipun Pedoman Penghijauan Investasi Asing China tahun 2022 awalnya hanya menetapkan ekspektasi bagi perusahaan untuk mengikuti *best practice* internasional, Rencana Lima Tahun ke-15 (2026–2030) yang

baru diluncurkan telah mempercepat hal ini menjadi kerangka kepatuhan yang wajib. Berdasarkan *Unified Green Taxonomy China 2025*, lembaga keuangan kini diwajibkan untuk melakukan penilaian risiko iklim pada seluruh portofolio mereka. Hal ini memberikan tekanan pada kawasan industri nikel luar negeri seperti IMIP dan IWIP untuk menyesuaikan diri dengan standar lingkungan internasional atau berisiko kehilangan akses ke kredit hijau yang kompetitif (GFDC, 2022; GFDC, 2026).

Selain itu, perluasan *China-EU Common Ground Taxonomy* dan penerapan kewajiban pelaporan lingkungan bagi perusahaan-perusahaan Tiongkok yang terdaftar di bursa saham dapat memberikan jembatan strategis bagi produsen Indonesia (Sino-German Cooperation on Climate Change, 2025; China Briefing, 2026). Dengan mengikuti standar yang semakin selaras, perusahaan Tiongkok-Indonesia dapat lebih efektif memenuhi persyaratan *Battery Passport* dan CBAM. Meskipun masih terdapat kesenjangan antara kebijakan dan implementasi di lapangan, keselarasan bukan lagi sekadar preferensi, tetapi prasyarat bagi nikel Indonesia untuk melewati hambatan perdagangan dan mengamankan posisinya dalam rantai pasokan global dengan harga premium tinggi.

Permintaan nikel rendah karbon terus meningkat dan mulai mendapatkan harga yang lebih tinggi. Baru-baru ini, London Metal Exchange (LME) merilis kategori referensi untuk logam rendah karbon. Per Januari 2026, nikel rendah karbon diperdagangkan dalam kisaran USD 18,800-19,300 per ton, dibandingkan dengan USD 17,900-18,300 per ton untuk nikel dengan intensitas karbon yang lebih tinggi (Kompas, 2026).

Industri nikel Indonesia sayangnya kini terjebak dalam 'jebakan energi dan input'. Di tengah konflik Iran-Israel Maret 2026, harga minyak Brent melonjak mendekati USD 120 per barel — lonjakan 1.5 kali lipat dari level normal. Hal ini memicu inflasi biaya logistik yang tak terduga, khususnya untuk kawasan industri terpencil dan tanpa jaringan listrik (BBC, 2026). Biaya logistik diperkirakan telah melebihi 40% dari total biaya operasional, yang berdampak pada penurunan utilisasi pengolahan nikel 15–20% (Discovery Alert, 2026). Pada saat laporan ini diterbitkan, ketidakstabilan geopolitik saat ini telah melumpuhkan Selat Hormuz dan mencekik pasokan sulfur Timur Tengah yang memenuhi 75% kebutuhan HPAL. Akibatnya, harga sulfur melonjak hingga 440% dan kini menyumbang hampir setengah dari total biaya produksi MHP (The Jakarta Post, 2026).

Guncangan eksternal ini diperburuk oleh kebijakan domestik. Pemerintah telah memutuskan untuk memangkas kuota Rencana Kerja dan Anggaran Biaya (RKAB) untuk batubara menjadi sekitar 600 juta ton (25% lebih rendah dari kuota 2025) dan bijih nikel menjadi 260 juta ton (~32% lebih rendah dari kuota 2025) untuk tahun 2026 (KESDM, 2025; Kontan, 2026). Kebijakan ini memicu kelangkaan bahan baku domestik seiring dengan

permintaan ekspor batubara premium yang meningkat karena kebutuhan stabilitas energi global. Akibatnya, utilisasi pengolahan nikel telah turun sebesar 15–20%, sehingga pabrik peleburan harus menghadapi krisis ganda berupa hilangnya margin dan defisit bijih yang besar (Discovery Alert, 2026; SMM, 2026).

Industri nikel Indonesia memasuki fase baru, bergeser dari ekspansi pesat menuju tahap stabilisasi. Kebijakan seperti pengurangan kuota produksi nikel mencerminkan upaya pemerintah untuk menstabilkan harga nikel dan menjaga ketersediaan bijih berkadar tinggi (Tempo, 2026). Sebelumnya, pemerintah juga telah memberlakukan moratorium terhadap pembangunan smelter nikel yang memproduksi produk perantara berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 28 Tahun 2025, dengan fokus diarahkan pada pengolahan bernilai tambah lebih tinggi (Petromindo, 2025a). Meskipun pergeseran tersebut dapat mengatasi ketidakseimbangan global dalam pasokan dan harga nikel, Indonesia masih belum memiliki jalur dekarbonisasi yang jelas dan konkret, sehingga berisiko melemahkan daya saing serta ketahanan industri nikel nasional.

Rekomendasi

Pergeseran strategis: Mendorong produksi nikel bernilai tinggi

Ekspansi pesat industri nikel telah mempercepat konsumsi cadangan bijih nikel, khususnya sumber daya saprolit bermutu tinggi yang dibutuhkan untuk pengolahan intensif energi. Jika kapasitas yang telah beroperasi, yang sedang dibangun, dan yang direncanakan digabungkan, cadangan bijih nikel Indonesia dapat habis paling cepat pada awal tahun 2030-an (Minviro, 2025).

Seiring dengan penurunan kadar bijih, industri nikel menghadapi tekanan berlapis berupa peningkatan intensitas energi, biaya produksi, dan jejak karbon yang lebih tinggi. Penipisan yang dipercepat ini mengancam untuk melemahkan kelayakan investasi infrastruktur energi bersih, karena umur operasional banyak tambang yang mungkin lebih pendek daripada periode *payback* proyek energi terbarukan skala besar.

Di saat yang sama, ambisi Indonesia yang berfokus pada EV belum sepenuhnya mempertimbangkan kesiapan domestik dari sisi teknologi dan rantai pasok. Untuk mengubah risiko sistemik ini menjadi ketahanan industri, berikut prioritas strategis yang dapat dipertimbangkan:

- **Prioritaskan diversifikasi strategis dan integrasi rantai nilai** — Memperluas HPAL dan teknologi pemurnian canggih lainnya dapat mendukung produksi produk hilir bernilai lebih tinggi, sehingga mengurangi ketergantungan pada sektor baja tahan karat. Penguatan transfer teknologi dan diversifikasi investasi menjadi kunci utama untuk ketahanan industri jangka panjang.
- **Secara proaktif mengatasi tantangan keberlanjutan dan tata kelola** — Institusionalisasi regulasi lingkungan yang ketat serta tata kelola yang transparan penting untuk mengatasi paradoks “nikel kotor” dan membuka akses ke pasar dengan standar keberlanjutan tinggi.
- **Integrasikan sirkularitas ke dalam strategi hilir** — Mengembangkan sistem *recovery* nikel yang efisien akan membuka peluang pengurangan emisi yang signifikan, mengurangi tekanan pada penambangan primer, dan memangkas emisi hingga 58% (EuRIC, 2022).
- **Membangun tenaga kerja domestik yang kuat** — Investasi dalam pengembangan sumber daya manusia yang terarah akan mengatasi kesenjangan keterampilan, mengurangi kerentanan terhadap guncangan eksternal, dan mendukung tujuan-tujuan mendasar dari visi Indonesia Emas 2045.

Pendorong kebijakan: Melepaskan diri dari ketergantungan pada pembangkit batubara *captive*

Tantangan kebijakan yang paling menentukan adalah ketergantungan sektor ini pada pembangkit listrik tenaga batu bara *captive*, yang mengunci industri pada jalur emisi tinggi dan menciptakan risiko pasar. Oleh karena itu, memisahkan industri dari pembangkit listrik tenaga batubara *captive* bukan hanya tujuan lingkungan, tetapi juga menjadi imperatif strategis industri untuk memastikan sektor nikel yang berkelanjutan dan resilien. Untuk memastikan ketahanan jangka panjang, pemerintah harus:

- **Membatasi pembangunan aset baru yang menghasilkan emisi karbon tinggi** — Hal ini membutuhkan amandemen segera terhadap Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 untuk secara eksplisit menghapus pengecualian pembangkit listrik tenaga batubara untuk pengolahan mineral. Hal ini akan mengirimkan sinyal yang jelas bahwa produksi di masa depan harus lebih bersih.
- **Terapkan penyesuaian ekonomi untuk mencerminkan biaya sebenarnya** — Ini mencakup menerapkan penetapan harga emisi atau pajak karbon dan menginternalisasi eksternalitas tersembunyi dari batu bara. Perubahan ini akan membuat energi terbarukan menjadi kompetitif secara ekonomi di tingkat proyek, mencerminkan biaya pasar dari pembangkit listrik yang intensif karbon.
- **Menyesuaikan kembali insentif fiskal untuk memprioritaskan energi terbarukan dibanding pembangkit listrik batu bara *captive*** — Ini mencakup revisi kerangka tax holiday dan tax allowance. Dibandingkan memberikan insentif semata berdasarkan besaran investasi, pemerintah perlu mengelompokkan insentif berdasarkan rasio penggantian energi terbarukan yang terverifikasi. Insentif yang lebih besar harus diberikan kepada pihak yang secara aktif menggantikan batu bara dengan energi bersih.
- **Kaitkan kuota produksi dengan intensitas karbon** — Ini artinya mengubah proses penetapan kuota produksi tahunan menjadi instrumen regulasi untuk dekarbonisasi. Dengan memperketat kuota bagi fasilitas beremisi tinggi dan memberikan ‘kuota hijau’ bagi operasi rendah karbon, pemerintah menciptakan penalti operasional langsung bagi yang masih bergantung pada batubara.
- **Standardisasikan ‘nikel hijau’ melalui matrik Penilaian Siklus Hidup (*Life Cycle Assessment, LCA*)** — Hal ini memerlukan penetapan standar industri nasional berbasis Jejak Karbon Siklus Hidup (*Life Cycle Carbon Footprint*), sehingga upaya penghijauan dapat diukur, diverifikasi, dan selaras dengan kerangka global, sekaligus menjadikan kepatuhan sebagai keunggulan kompetitif.

- **Membuka akses ke pembiayaan berbasis transisi** — Penerapan skema pembiayaan strategis yang mengakui integrasi energi terbarukan dan pencapaian pengurangan karbon akan berfokus pada pengurangan risiko finansial, dengan menyediakan akses kredit berbunga rendah khusus untuk penghentian PLTU *captive* dan pengembangan sistem penyimpanan energi skala utilitas.

Referensi

Akhter, M. S., Moossa, B., Kahraman, R., Rasul, S., & Shakoor, R. A. (2025). *Advancements in high voltage, high-energy density, lithium-ion cathode materials: A focused review*. *Applied Materials Today*, 45, Article 102827. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2025.102827>

ANTARA News. (2026). Nickel Industries integrates climate risks into long-term strategy. *ANTARA News*.
<https://en.antaranews.com/news/405810/nickel-industries-integrates-climate-risks-into-long-term-strategy>

Asia Society Policy Institute. (2025). *Indonesia's Energy Transition: Exercising Strategic Agency in Partnership with China*.
<https://asiasociety.org/policy-institute/indonesias-energy-transition-exercising-strategic-agency-partnership-china>

Bappenas & World Resources Institute (WRI) Indonesia. (2025). *Peta Jalan Dekarbonisasi Industri Nikel Indonesia*.
<https://wri-indonesia.org/id/berita/kementerian-ppnbappenas-dan-wri-indonesia-memas-tikan-integrasi-dekarbonisasi-industri-nikel>

BBC. (2026). Oil price jumps despite deal to release record amount of reserves.
<https://www.bbc.com/news/articles/c1w5141vx53o>

Bloomberg Technoz. (2025). Antam-CATL Masuki Tahap Akhir FID Proyek HPAL Rp31,1 T. *Bloomberg Technoz*.
<https://www.bloombergtechnoz.com/detail-news/83745/antam-catl-masuki-tahap-akhir-fid-proyek-hpal-rp31-1-t>

Bloomberg Technoz. (2026). Bos IBC Bidik Kajian Proyek Titan Bareng Huayou Rampung Tahun Ini. *Bloomberg Technoz*.
<https://www.bloombergtechnoz.com/detail-news/98191/bos-ibc-bidik-kajian-proyek-titan-bareng-huayou-rampung-tahun-ini>

Brown, A. (2025). Chinese restrictions threaten Europe's hopes of absorbing battery tech. *Merics*.
<https://merics.org/en/comment/chinese-restrictions-threaten-europes-hopes-absorbing-battery-tech>

BYD. (n.d.). *BYD Blade Battery: Why It's the Safest and Most Reliable Battery for Electric and Hybrid Cars*. <https://www.byd.com/eu/technology/byd-blade-battery>

Caixin Global. (2026). In Depth: How Indonesia Cornered the Nickel Market — and Itself. *Caixin Global*.
<https://www.caixinglobal.com/2026-01-09/in-depth-how-indonesia-cornered-the-nickel-market-and-itself-102402085.html>

Center of Economic and Law Studies (CELIOS). (2025). *China-Indonesia Energy Transition Cooperation: Progress, Prospects, and Recommendations*.
<https://celios.co.id/wp-content/uploads/2025/10/Celios-China-Indonesia-Energy-Transition.pdf>

Center for Advanced Defense Studies (C4ADS). (2025). *Refining Power*.
<https://c4ads.org/commentary/refining-power/#Ownership>

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). (2025). *Biomass co-firing in Indonesia: Prolonging, not solving coal problem*.
<https://energyandcleanair.org/publication/biomass-co-firing-in-indonesia-prolonging-not-solving-coal-problem/>

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA) & Center of Economic and Law Studies (CELIOS). (2024). *Debunking the Value-Added Myth in Nickel Downstream Industry*.
https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2024/02/CREA_CELIOS-Indonesia-Nickel-Development_EN.pdf

China Briefing. (2026, 6 Januari). *China's ESG compliance: 2025 review and 2026 outlook for businesses*.
<https://www.china-briefing.com/news/china-esg-compliance-year-in-review-and-2026-outlook/>

Climateworks Centre. (2026, 17 Maret). *Decarbonising Indonesia's high-value industrial sites through place-based action*.
<https://climateworkscentre.org/resource/decarbonising-indonesias-high-value-industrial-sites-through-place-based-action/>

CNBC Indonesia. (2023, 25 Juli). Tegas! Luhut: Limbah Nikel Tidak Diizinkan Dibuang Ke Laut.
<https://www.cnbcindonesia.com/news/20230725142816-4-457139/tegas-luhut-limbah-nikel-tidak-diizinkan-dibuang-ke-laut>

Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus. (2024). *PT LBM Energi Baru Indonesia Dorong Ekosistem Kendaraan Listrik di KEK Kendal, Bawa Dampak Ekonomi Signifikan*.
<https://kek.go.id/media/press/pt-lbm-energi-baru-indonesia-dorong-ekosistem-kendaraan-listrik-di-kek-kendal-bawa-dampak-ekonomi-signifikan>

Discovery Alert. (2026). Indonesia's Nickel Processing Faces 15-20% Utilisation Decline in 2026.

<https://discoveryalert.com.au/indonesia-nickel-processing-utilization-2026-challenges/>

DNV. (2024). Decarbonizing the Nickel Industry in Indonesia.

<https://www.dnv.com/publications/decarbonizing-the-nickel-industry-in-indonesia/>

Energy Shift Institute. (2025). A dual-track approach to mineral-led industrialisation in Indonesia. *Energy Shift Institute*.

<https://energyshift.institute/work/a-dual-track-approach-to-mineral-led-industrialisation-in-indonesia-evs-and-batteries-lead-the-headlines-but-metallurgical-applications-are-more-scalable-with-greater-scope-to-encourage-sme-inclusio/>

EuRic. (2022). Metal Recycling Factsheet.

<https://euric.org/resource-hub/reports-studies/metal-recycling-factsheet>

European Parliament. (2025). The EU-Indonesia Comprehensive Economic Partnership Agreement (CEPA). *European Parliamentary Research Service*.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/782584/EPRS_BRI\(2025\)782584_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/782584/EPRS_BRI(2025)782584_EN.pdf)

Gaikindo. (2025). *Penjualan Mobil Listrik Nasional Januari - November 2025 Capai 82.525 Unit*.

<https://www.gaikindo.or.id/penjualan-mobil-listrik-nasional-januari-november-2025-capai-82-525-unit/>

Green Finance & Development Center (GFDC). (2022, 18 Januari). *Interpretation of the 2022 "Guidelines for ecological environmental protection of foreign investment cooperation and construction projects"*.

<https://greenfdc.org/interpretation-2022-guidelines-ecological-environmental-protection-of-foreign-investment-cooperation-and-construction-projects/>

Green Finance & Development Center (GFDC). (2026, 24 Februari). *China green finance status and trends 2025-2026*.

<https://greenfdc.org/china-green-finance-status-and-trends-2025-2026/>

Halmahera Persada Lygend. (2024). Sustainability Update Report.

<https://hpalnickel.com/keberlanjutan/keberlanjutan>

Harita Nickel. (2024). *Sustainability Report 2024*.

<https://tbpnickel.com/en/sustainability-report-2024>

PT HLI Green Power. *Facility Overview*. <https://www.hligreenpower.com/en/factory>

Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP). (2025). *Upaya Ciptakan Ekosistem Energi Bersih di Kawasan IMIP*.

<https://imip.co.id/upaya-ciptakan-ekosistem-energi-bersih-di-kawasan-imip/>

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2025). *Electric Vehicle Market in Indonesia. Market Spotlight*.

<https://theicct.org/publication/electric-vehicle-market-in-indonesia-dec25/>

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2025, 30 Juni). *Flexibility in power system development Sulawesi case study*.

<https://iesr.or.id/en/pustaka/flexibility-in-power-system-development-sulawesi-case-study/>

International Energy Agency (IEA). (2025). *Global critical minerals outlook 2025*.

<https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>

International Energy Agency (IEA) (2025a), *Global EV Outlook 2025*, IEA, Paris

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>, Licence: CC BY 4.0

International Energy Agency (IEA). (n.d.). *Reliable supply of minerals*. International Energy Agency.

<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/reliable-supply-of-minerals>

International Energy Agency (IEA). (2026). *Global battery markets are growing strongly - and so are the supply risks*. International Energy Agency.

<https://www.iea.org/commentaries/global-battery-markets-are-growing-strongly-and-so-are-the-supply-risks>

The Jakarta Post. (2026). *Indonesia's HPAL plants scramble as Iran war threatens sulfur supply*.

<https://www.thejakartapost.com/business/2026/03/13/indonesias-hpal-plants-scramble-as-iran-war-threatens-sulfur-supply.html>

Jaringan Advokasi Tambang (Jatam). (2026). *The 2025–2026 Indonesia–United States Reciprocal Trade Agreement: Entrenching Extractivism, Eroding Indonesian Sovereignty*.

<https://jatam.org/id/lengkap/Indonesia-USA-Reciprocal-Trade-Agreement>

Just Energy Transition Partnership (JETP) Indonesia. (2025). *Captive Power Study*.

<https://jetp-id.org/news/captive-power-study>

Koech, A. K., Mwandila, G., Mulolani, F., & Mwaanga, P. (2024). *Lithium-ion battery fundamentals and exploration of cathode materials: A review*. *South African Journal of Chemical Engineering*, 50(1), 321–339. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2024.09.008>

Kontan. (2026). ESDM Setujui RKAB Batubara 390 Juta Ton dan Nikel 100 Juta Ton per 17 Maret 2026.

<https://industri.kontan.co.id/news/esdm-setujui-rkab-batubara-390-juta-ton-dan-nikel-100-juta-ton-per-17-maret-2026>

Kompas. (2025). *Indonesian Nickel Under Pressure from Global Trade and Environmental Pollution*.

<https://www.kompas.id/artikel/en-nikel-indonesia-dalam-tekanan-perdagangan-global-dan-isu-lingkungan>

Kompas. (2025a). *Presiden Prabowo Berpeluang Jadikan Indonesia Pemimpin Transisi Energi lewat Program 100 GW Surya*.

<https://lestari.kompas.com/read/2025/10/28/160446486/presiden-prabowo-berpeluang-jadikan-indonesia-pemimpin-transisi-energi-lewat>

Kompas. (2026). *Menata pasokan dan pacu hilirisasi: Bagaimana nasib tambang RI*. Kompas.

<https://www.kompas.id/pro/artikel/menata-pasokan-dan-pacu-hilirisasi-bagaimana-nasib-tambang-ri>

Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat Fakultas Ekonomi & Bisnis Universitas Indonesia (LPEM FEB UI) (2025). *Balancing Act: Complementary Strategies for Indonesia's Sustainable Nickel Downstream Industry*.

<https://lpem.org/balancing-act-complementary-strategies-for-indonesias-sustainable-nickel-downstream-industry/>

Mining.com. (2025). *Will Indonesia shut the nickel spigot to spur prices?*. *Mining*.

<https://www.mining.com/will-indonesia-shut-the-nickel-spigot-to-spur-prices/>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM-JDIH). (2019). Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum (JDIH). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 11 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 25 Tahun 2018 tentang Pengusahaan Pertambangan Mineral dan Batubara. <https://jdih.esdm.go.id/index.php/web/result/1946/detail>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2020). *Booklet Tambang Nikel 2020*. <https://www.esdm.go.id/id/booklet/booklet-tambang-nikel-2020>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2025). *Indonesia Bangun Industri Baterai Listrik Terintegrasi, Ini Rincian Proyeknya*.

<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/indonesia-bangun-industri-baterai-listrik-terintegrasi-ini-rincian-proyeknya>

Minviro. (2025). *Indonesia's Nickel Transition - From High-Carbon Production to Low-Carbon Nickel: Indonesia's Path to Sustainable Supply*.

<https://www.minviro.com/resources/guides/indonesias-nickel-transition>

Mongabay. (2026). *US-Indonesia trade deal slammed as 'extractive colonialism' over mining, fossil fuels*.

<https://news.mongabay.com/2026/03/us-indonesia-trade-deal-slammed-as-extractive-colonialism-over-mining-fossil-fuels/>

Mongabay. (2026a). *Lagi, Pekerja Tewas Tertimbun Longsoran Limbah Nikel di Kawasan Industri PT IMIP*.

<https://mongabay.co.id/2026/02/23/lagi-pekerja-tewas-tertimbun-longsoran-limbah-nikel-di-kawasan-industri-pt-imip/>

Nickel Industries. (2023, November). *Notice of Extraordinary General Meeting, November 2023*. <https://nickelindustries.com/carbon/assets/2023/11/2639228.pdf>

Otoritas Jasa Keuangan (OJK). (2025). *Taksonomi untuk Keuangan Berkelanjutan Indonesia Versi 2*.

<https://ojk.go.id/id/Publikasi/Roadmap-dan-Pedoman/Sektor-Jasa-Keuangan/Keuangan-Berkelanjutan/Pages/Buku-Taksonomi-untuk-Keuangan-Berkelanjutan-Indonesia-%28TKB1%29-Versi-2.aspx>

Peh, G. (2024). *Indonesia's nickel companies need renewable energy to decarbonize operations (IEEFA Report)*.

https://ieefa.org/sites/default/files/2024-10/IEEFA%20Report%20-%20Indonesia%27s%20nickel%20companies%20need%20RE_Oct2024.pdf

Petromindo. (2025). *IWIP to invest \$2 billion in renewables at Weda Bay nickel hub*.

<https://www.petromindo.com/news/article/iwip-to-invest-2-billion-in-renewables-at-weda-bay-nickel-hub-2>

Petromindo. (2025a). *Indonesia's nickel industry in 2025: From expansion to stabilization*.

<https://www.petromindo.com/news/article/indonesia-s-nickel-industry-in-2025-from-expansion-to-stabilization>

Petromindo. (2026). *SESMO starts construction of 262 MWp solar project in Morowali*.

<https://www.petromindo.com/news/article/sesmo-starts-construction-of-262-mwp-solar-project-in-morowali>

RMI. (2025). *Advancing clean metals: Decarbonizing captive power in Indonesia's nickel and aluminum industries*. Rocky Mountain Institute.

<https://rmi.org/insight/advancing-clean-metals-decarbonizing-captive-power-in-indonesias-nickel-and-aluminum-industries>

SESNA - PT Sumber Energi Surya Nusantara. (2026, April 6). *SESMO Siap Masuki Konstruksi Proyek PLTS 262 MWP dengan Dukungan Pembiayaan BNI*.

<https://sesna.id/media/news/detail/sesmo-siap-masuki-konstruksi-proyek-plts-262-mwp-dengan-dukungan-pembiayaan-bni>

Shanghai Metals Market (SMM). (2025). *250M Ton RKAB Quota Gamble: Is Indonesia About to Break the Global Nickel Market?*.

<https://news.metal.com/newscontent/103686533-%E3%80%90smm-analysis%E3%80%91250m-ton-rkab-quota-gamble-is-indonesia-about-to-break-the-global-nickel-market>

Sino German Cooperation on Climate Change. (2025, 11 September). *The Chinese and European Union's Common Ground Taxonomy (CGT)*.

<https://climatecooperation.cn/climate/the-chinese-and-european-unions-common-ground-taxonomy-cgt/>

Sunuhadi, D. N., Ernowo, Hilman, P. M., & Suseno, T. (2024). *Availability of Indonesian nickel reserves and efforts to improve reserves resistance and its impact to economic growth*.

Mineral Economics, 37(3), 601-617. <https://doi.org/10.1007/s13563-024-00443-0>

Tempo. (2024). *Pabriknya Diresmikan Presiden Jokowi, Apa Itu Anoda Baterai Lithium?*. *Tempo*.

<https://www.tempo.co/arsip/pabriknya-diresmikan-presiden-jokowi-apa-itu-anoda-baterai-lithium--29429>

Tempo. (2025). *China's investment in Indonesia hits US\$35.3 billion*. *Tempo*.

<https://en.tempo.co/read/2043827/chinas-investment-in-indonesia-hits-us35-3-billion>

Tempo. (2026). *Nickel Prices Recover to US\$17,000 as Indonesia Cuts Production*. *Tempo*.

https://en.tempo.co/read/2096829/nickel-prices-recover-to-us17000-as-indonesia-cuts-production#google_vignette

United States Geological Survey (USGS). (n.d.). *Nickel statistics and information*. Diakses 26 Maret 2026, dari

<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/nickel-statistics-and-information>

University of Maryland, Center for Global Sustainability (UMD CGS). (2025). *Nickel Smelters Dashboard*. <https://cgsnickelsmelters.org/index.html>

Wei, W., Samuelsson, P. B., Tilliander, A., Gyllenram, R., & Jönsson, P. G. (2020). *Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions of Nickel Products*. *Energies (Basel)*, 13(21), 5664. <https://doi.org/10.3390/en13215664>

Wood Mackenzie. (2022). *Nickel and copper: building blocks for a greener future*.

<https://www.woodmac.com/news/opinion/nickel-and-copper-building-blocks/for-a-greener-future/>

Wood Mackenzie. (2025). *Nickel: Looking for a route back to safety.*

<https://www.woodmac.com/news/opinion/nickel-looking-for-a-route-back-to-safety/>

World Resources Institute (WRI). (2026, 6 Januari). *Nickel's climate cost and Indonesia's push for cleaner production.*

<https://www.wri.org/technical-perspectives/nickels-climate-cost-and-indonesias-push-cleaner-production>

Wuling Motors Indonesia. (2025). *Mengenal LFP, Baterai Mobil Listrik yang Digunakan Wuling.*

<https://wuling.id/id/blog/autotips/mengenal-lfp-baterai-mobil-listrik-yang-digunakan-wuling>

Zhang, H., Liu, G., Li, J., Qiao, D., Zhang, S., Li, T., Guo, X., & Liu, M. (2023). Modeling the impact of nickel recycling from batteries on nickel demand during vehicle electrification in China from 2010 to 2050. *The Science of the Total Environment*, 859(Pt 1), Article 159964.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159964>

Zhang, Z., Zhang, W., Zhang, Z., & Chen, X. (2025). Nickel extraction from nickel laterites: Processes, resources, environment and cost. *China Geology*, 8(1), 187–213.

<https://doi.org/10.31035/cg2024124>

Zhao, J. (2023). Lithium Manganese Iron Phosphate (LMFP) Batteries Receiving Renewed Attention in China. *Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute Monthly Report.*

https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2023/09/19/2308t_zhao_e.pdf