AEER
AKSI EKOLOGI & EMANSIPASI RAKYAT

Catatan Akhir Tahun AEER 2025

Dekarbonisasi Industri Nikel: Emisi PLTU Captive, Ekspansi HPAL, dan Agenda Uji Tuntas Rantai Pasok



Catatan Akhir Tahun AEER 2025

Dekarbonisasi Industri Nikel: Emisi PLTU Captive, Ekspansi HPAL, dan Agenda Uji Tuntas Rantai Pasok

Arianto Sangadji (Peneliti AEER)
Pius Ginting

Aksi Ekologi dan Emansipasi Rakyat (AEER)
2026

Catatan Akhir Tahun AEER 2025 - Dekarbonisasi Industri Nikel: Emisi PLTU Captive, Ekspansi HPAL, dan Agenda Uji Tuntas Rantai Pasok

Ukuran : 210 x 297 mm, Halaman : iv + 29

Penulis : Arianto Sangadji
Pius Ginting

Penanggung Jawab : Pius Ginting

Desain & Tata Letak : Michael

Diterbitkan oleh :
Perkumpulan Aksi Ekologi dan Emansipasi Rakyat (AEER)
Talavera Office Park, Lantai 28, Jl. T. B. Simatupang, South Jakarta
https://www.aeer.or.id/

Tentang Aksi Ekologi dan Emansipasi Rakyat (AEER)

AEER adalah sebuah organisasi lingkungan di Indonesia yang didirikan pada tahun 2017, yang berdedikasi untuk menangani masalah keadilan ekologi dan sosial, terutama yang diperburuk oleh praktik industri yang tidak berkelanjutan. Misi AEER adalah penyelamatan komunitas yang terdampak oleh kerusakan lingkungan dan mendorong kebijakan yang mendukung keberlanjutan. Organisasi ini secara aktif berkampanye untuk mengurangi ketergantungan negara pada bahan bakar fosil, terutama batubara, sambil mendorong transisi ke alternatif energi rendah karbon. Komitmen ini tercermin dalam target mereka untuk membantu mengurangi emisi karbon Indonesia sebesar 446 juta ton CO2 di sektor energi pada tahun 2060.

Organisasi ini bekerja sama dengan mitra lokal dan internasional, termasuk kelompok masyarakat, badan pemerintah, dan NGO lainnya, untuk melakukan penelitian dan kampanye advokasi. Kegiatan AEER sangat penting dalam konteks pertumbuhan industri nikel di Indonesia, yang meskipun berperan penting dalam transisi global menuju kendaraan listrik, juga menimbulkan tantangan lingkungan dan sosial yang signifikan. Dengan meningkatkan kesadaran, menghasilkan laporan penelitian terperinci, dan terlibat dalam dialog kebijakan, AEER berupaya untuk mengurangi dampak negatif dari pertambangan dan aktivitas industri lainnya. Organisasi ini juga menekankan pentingnya konservasi keanekaragaman hayati dan perlindungan ekosistem penting, dengan bekerja untuk memastikan bahwa pembangunan ekonomi tidak mengorbankan integritas lingkungan.

Daftar Isi

Ringkasan Eksekutif 1

Bab 1. Pendahuluan 3

Bab 2. Analisis Kebijakan dan Program 5

2.1 Kerangka Kebijakan Dekarbonisasi Industri 5

2.2 Roadmap dan Program Dekarbonisasi 6

Bab 3. Perkembangan Industri Nikel 8

3.1 Tren Produksi dan Ekspansi Industri 8

3.2 Industri Nikel Bahan Baku Baterai 9

3.3 Teknologi HPAL dan Persoalan Tailing 10

Tabel 1. Perusahaan-perusahaan Pemilik Fasilitas HPAL di Indonesia 12

3.4 Aktor Utama dan Asal Negara 13

Bab 4. Emisi Karbon dan Dampak Industri 16

4.1 Emisi Karbon dari Industri Nikel 16

Tabel 2. PLTU Captive di Industri Nikel di Indonesia 16

Bab 5. Masalah Struktural Dekarbonisasi Industri 19

5.1 Ketergantungan Energi Fosil 19

5.2 Rendahnya Pemanfaatan Energi Terbarukan 20

Bab 6. Uji Tuntas Hak Asasi Manusia dan Lingkungan Hidup 22

Bab 7. Penutup 24

7.1 Ringkasan Temuan 24

7.2 Arah Kebijakan ke Depan 25

Footnotes 26

Ringkasan Eksekutif

Fakta-fakta menunjukkan bahwa:

1. Produksi masif nikel olahan menempatkan Indonesia menjadi produsen utama nikel olahan dunia sehingga memicu surplus yang menekan harga nikel. Produksi Nickel Pig Iron (NPI) diproyeksikan mencapai 1,76 juta ton pada tahun 2025 dan diperkirakan menyentuh 1,97 juta ton pada tahun 2026. Konversi Nickel Pig Iron (NPI) ke nickel matte diperkirakan mencapai 294.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 347.000 ton pada 2026. Sementara Produksi Mixed Hydroxide Precipitate (MHP) diproyeksikan akan mencapai 399.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 543.000 ton pada tahun 2026.

2. Pada tahun 2025 dan 2026 ditandai dengan ekspansi cepat proyek-proyek HPAL yang akan melipatgandakan kapasitas produksi HPAL. Pada tahun 2025, 8 proyek HPAL yang sudah beroperasi memiliki total kapasitas produksi 491.000 ton nikel dalam MHP per tahun. Pada tahun ini, 4 proyek akan beroperasi sehingga kapasitas produksi meningkat hampir dua kali lipat menjadi 840.000 ton nikel dalam MHP. Indonesia menjadi lokasi terbesar dari proyek-proyek HPAL di dunia.

3. Pada tahun 2025, industri pengolahan nikel Indonesia yang dikuasai perusahaan-perusahaan multinasional menghasilkan antara 92,8 juta ton karbon dioksida (CO_2) hingga 224,36 juta ton CO_2.

4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) captive berbasis batubara merupakan tulang punggung di balik pesatnya laju pertumbuhan industri nikel di Indonesia. Terdapat 72 unit PLTU berbasis Batubara captive dengan kapasitas terpasang 15.405 MW sudah dibangun di kawasan-kawasan industri nikel di Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Maluku Utara. Kapasitas terpasang PLTU masih akan terus bertambah karena regulasi pemerintah masih membolehkan pengembangan PLTU Batubara baru sepanjang terkait dengan Proyek Strategis Nasional (PSN) dalam penghiliran nikel.

5. Perusahaan-perusahaan multinasional yang menguasai industri nikel Indonesia memiliki komitmen rendah untuk tidak bergantung pada PLTU Batubara. Hanya sebagian kecil perusahaan yang mulai beralih ke energi bersih dengan kapasitas sangat terbatas, sementara proyek-proyek baru HPAL masih bergantung pada PLTG, salah satu sumber energi fosil.

6. Kendati pada umumnya perusahaan-perusahaan multinasional yang beroperasi dan menguasai industri nikel di Indonesia adalah perusahaan-perusahaan asal Tiongkok

tetapi rantai pasoknya mencakup berbagai perusahaan di belahan dunia lain, maka terbuka peluang untuk melakukan uji tuntas soal hak asasi manusia dan lingkungan hidup. Intrumen legislasi yang digunakan Uni Eropa (UE) Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) mensyaratkan perusahaan-perusahaan, termasuk perusahaan pertambangan dan pengolahan nikel yang merupakan bagian dari rantai pasok perusahaan-perusahaan UE untuk melakukan uji tuntas guna memastikan bahwa operasi mereka tidak melibatkan pelanggaran hak asasi manusia atau degradasi lingkungan.

Oleh karena itu, pemerintah mesti:

1. Membatasi kuota penambangan nikel dan secara bersamaan menghentikan ekspansi industri nikel di mana pemerintah tidak lagi menerbitkan Izin Usaha Industri (IUI) bagi proyek-proyek baru pengolahan nikel.

2. Menahan laju emisi dari PLTU berbasis batubara dan beralih ke energi bersih, dengan tidak perlu menerbitkan izin baru bagi proyek-proyek PLTU Batubara di kawasan-kawasan industri nikel kendati PP No. 112/2022 memberikan peluang untuk proyek-proyek tersebut.

3. Melakukan dekarbonisasi PLTU batubara captive di kawasan-kawasan industri melalui percepatan penghentian bertahap PLTU captive di kawasan industri berbasis nikel. Usia operasi PLTU captive industri nikel harus dipersingkat menjadi tahun 2034, dengan kewajiban bagi industri mengembangkan sumber energi terbarukan dan mengintegrasikan kawasan-kawasan industri berbasis nikel ke dalam sistem on-grid PLN sehingga tersedia peluang untuk bauran energi.

Bab 1. Pendahuluan

Kebutuhan baterai kendaraan listrik sebagai bagian dari transisi energi terus meningkat yang diperkirakan akan mencapai lebih dari 3 tera watt hour (TWh) pada tahun 2030, naik dari sekitar 1 TWh pada tahun 2024. Meskipun mobil listrik tetap menjadi pemicu utama kebutuhan baterai, jenis transportasi lain diperkirakan akan memperoleh pangsa pasar. Khususnya, sumbangan truk listrik terhadap permintaan baterai kendaraan listrik meningkat tiga kali lipat pada tahun 2030 menjadi lebih dari 8%, naik dari hampir 3% pada tahun 2024.[1]

Nikel adalah salah satu mineral kritis yang sangat diperlukan dalam baterai kendaraan listrik. Baterai kendaraan listrik dengan komposisi litium nikel-kobalt-mangan (NMC) masih banyak digunakan di Amerika Serikat dan Eropa. Kendati baterai dengan komposisi litium-besi-fosfat (LFP) kini lebih banyak digunakan di Tiongkok, pasar terbesar kendaraan listrik di dunia saat ini. Tiongkok menyerap 64,70 persen dari penjualan 17 juta kendaraan listrik pada tahun 2024.[2]

Indonesia adalah produsen utama nikel secara global dan oleh karena itu berperan krusial dalam rantai pasok baterai kendaraan listrik dunia. Memiliki cadangan nikel sebanyak 55 juta ton atau 42,30 persen dari total cadangan dunia, Indonesia menambang 2,2 juta ton nikel atau 59,45 persen dari total pertambangan dunia pada tahun 2024, meningkat tajam dari 130.000 ton atau sekitar 5,70 persen dari total pertambangan dunia pada tahun 2015.[3]

Peningkatan pesat penambangan nikel terutama dipicu program penghiliran nikel dalam 10 tahun terakhir yang berlangsung di Sulawesi Tengah, Maluku Utara, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan. Provinsi-provinsi tersebut secara cepat tumbuh menjadi pusat industri pengolahan yang menghasilkan NPI, bahan baku industri baja nirkarat (stainless steel) yang juga tumbuh secara integral di sana. Selain, terutama di Sulawesi Tengah dan Maluku Utara menjadi produsen nickel matte dan endapan hidroksida campuran atau MHP, bahan-bahan baku untuk baterai kendaraan listrik.

Pengolahan nikel adalah industri padat energi. Dari kawasan-kawasan industri berbasis nikel yang tumbuh di Sulawesi Tengah, Maluku Utara, dan Sulawesi Tenggara sepenuhnya bergantung pada PLTU Batubara. Pada tahun 2025, telah dibangun PLTU Batubara captive dengan kapasitas terpasang 15.405 MW sehingga menjadikan kawasan-kawasan industri berbasis nikel sebagai kawasan yang sangat padat karbon. Paradoks dekarbonisasi adalah bahwa industri pengolahan nikel untuk bahan baku baterai kendaraan listrik bergantung pada pasokan listrik dari PLTU Batubara.

Internasional Energy Agency (IEA) memperkirakan emisi CO_2 dunia mencapai 37,5 Gton CO_2 pada tahun 2024. Sumbangan emisi karbon dari PLTU Batubara dan pengolahan industri mencapai 15,6 Gton CO_2 atau sekitar 41,58 persen dari total emisi tahun tersebut. Asia Tenggara sebagai konsumen Batubara terbesar ketiga di dunia, konsumsi batubara meningkat pada 2024, naik

hampir 8 persen. Peningkatan terutama didorong oleh Indonesia di mana penggunaan oleh industri metalurgi – terutama pengolahan nikel – merupakan faktor pendorong utama.[4]

Indonesia sudah menargetkan akan memenuhi Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060. Berbagai kebijakan telah diambil dan paling penting adalah Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik sebagai landasan dekarbonisasi. Sayangnya tidak ada indikasi dekarbonisasi di industri nikel sedang dijalankan. Salah satu penyebabnya adalah karena PP No 112/2022 mengeluarkan pembangunan PLTU Batubara di industri yang menghasilkan nilai tambah dan diproyeksikan sebagai Proyek Strategis Nasional (PSN).

Bab 2. Analisis Kebijakan dan Program

2.1 Kerangka Kebijakan Dekarbonisasi Industri

Dekarbonisasi industri merujuk kepada usaha pengurangan emisi karbon dalam industri dengan berpindah ke teknologi yang bersandar kepada pembangkit listrik maupun proses produksi yang ramah lingkungan.

Indonesia menargetkan dapat memenuhi NZE pada tahun 2060. Beberapa langkah kebijakan telah diambil untuk mencapai target tersebut. Undang-Undang Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025-2045 sudah menetapkan visi Indonesia Emas 2045 yang diukur melalui salah satu sasaran visi yakni penurunan intensitas emisi gas rumah kaca menuju emisi nol bersih. Kerangka waktu transisi energi disebutkan terutama berkaitan dengan operasi PLTU Batubara. Tahap 1 (2025-2029) penerapan Carbon Capture and Storage (CCS)/Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) dan pembatasan pembangunan PLTU Batubara; Tahap 2 (2030-2034) implementasi retirement PLTU Batubara; Tahap 3 (2035-2039) melanjutkan retirement PLTU Batubara; Tahap 4 (2040-2045) perluasan retirement PLTU Batubara.

Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang berfungsi sebagai pedoman utama arah pengembangan energi di Indonesia hingga tahun 2060. Cakupan program transisi energi meliputi: "pelarangan pengembangan pembangkit listrik baru berbasis Batubara dengan mengacu pada kondisi Ketahanan Energi nasional dan pemenuhan penurunan Emisi GRK Sektor Energi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan."[5]

Pemerintah Pusat bertanggung jawab untuk mengembangkan Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN). Di dalam RUKN disebutkan bahwa pada tahun 2060 bauran energi terdiri dari energi baru dan terbarukan menyumbang 73,6 persen, sementara energi fosil plus CCS sekitar 26,4 persen. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 85.K/TL.01/MEM.L/2025 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional menyebutkan bahwa emisi CO_2 pada tahun 2025 diperkirakan sekitar 435 juta ton dan masih terus meningkat sampai dengan tahun 2037 sekitar 598 juta ton CO_2. Peningkatan emisi CO_2 terjadi terutama karena masih bertambahnya PLTU batubara untuk industri hilirisasi mineral dan industri peningkatan nilai tambah sumber daya alam pada daerah yang belum terjangkau grid PT PLN.[6]

Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) merupakan rencana pengembangan listrik sepuluh tahun di Wilayah Usaha PLN. RUPTL didasarkan pada RUKN. RUPTL mengandung proyeksi permintaan, rencana ekspansi, perkiraan produksi listrik, kebutuhan bahan bakar, dan proyek-proyek yang hendak dikembangkan oleh PLN dan investor-investor Independent Power

Producer (IPP). RUPTL ditinjau setiap tahun dan RUPTL terbaru adalah dalam periode 2025 – 2034.

2.2 Roadmap dan Program Dekarbonisasi

Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik dimaksudkan untuk mempercepat pengembangan energi terbarukan untuk pasokan listrik. Peraturan ini mewajibkan pengutamaan sumber energi terbarukan dan melarang pembangunan PLTU Batubara baru dengan pengecualian. Di antaranya, pembangunan PLTU Batubara diperbolehkan jika berkontribusi terhadap peningkatan nilai tambah sumber daya alam atau jika PLTU Batubara termasuk di dalam proyek strategis nasional (PSN). PLTU Batubara yang sudah beroperasi juga harus mengurangi emisi gas rumah kaca setidaknya 35 persen dalam waktu sepuluh tahun sejak mulai beroperasi dan hanya diperbolehkan beroperasi hingga tahun 2050.[7]

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2023 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa sebagai Campuran Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap menetapkan pedoman penggunaan bahan bakar biomassa melalui cofiring sebagai komponen pembakaran bersama di PLTU Batubara. Peraturan ini dimaksudkan untuk mempercepat target bauran energi terbarukan nasional dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Peraturan juga menguraikan ketentuan standar teknis, mekanisme dan prosedur pengawasan, dan ketentuan transisi untuk memastikan integrasi biomassa secara efektif ke dalam sistem PLTU Batubara yang sudah beroperasi. Pelaksana *cofiring* biomassa juga mencakup pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan sendiri.[8]

Tetapi, penggunaan biomassa kayu sebagai sumber energi co-firing PLTU Batubara berpotensi memicu deforestasi di Indonesia. Bergantung kepada Hutan Tanaman Energi (HTE) dan Hutan Tanaman Industri (HTI) sebagai penyedia bahan baku biomassa akan mendorong deforestasi. RUPTL 2025-2034 merujuk potensi hutan energi eksisting seluas 49.578 hektar yang bisa menghasilkan 991.560 ton kayu selain potensi pengembangan seluas 27,2 juta hektar yang menghasilkan 544,4 juta ton kayu sebagai potensi pasokan biomassa.[9]

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan (Road Map) Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan berfungsi sebagai panduan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mencapai komitmen nasional terhadap pembangunan berkelanjutan dan emisi nol gas rumah kaca. Tetapi, Pasal 6 ayat 2 menegaskan pengecualian pembangunan PLTU Batubara sebagaimana disebutkan dalam Perpres 112/2022.[10]

Oleh karena itu, Perpres 112/2022 menjadi penghambat peralihan menuju penggunaan pembangkit yang ramah lingkungan. Sebagai proyek yang menghasilkan nilai tambah dan

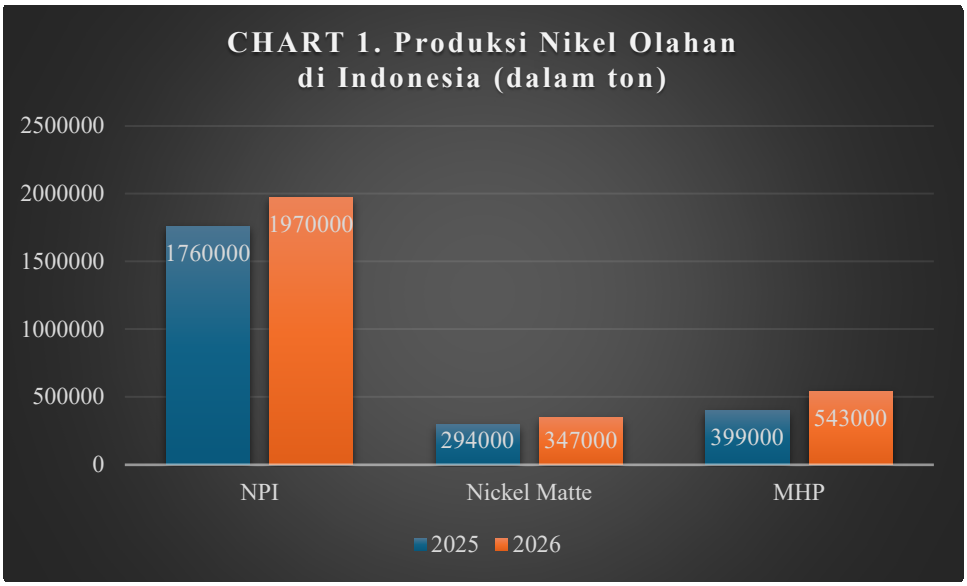
berstatus Proyek Strategi Nasional (PSN) maka tidak ada kewajiban bagi industri-industri nikel untuk beralih dari ketergantungan terhadap PLTU Batubara ke pembangkit-pembangkit EBT. Peta jalan dekarbonisasi industri pengolahan nikel bersifat sukarela.

Bab 3. Perkembangan Industri Nikel

3.1 Tren Produksi dan Ekspansi Industri

Internasional Nickel Study Group (INSG) memperkirakan produksi nikel olahan dunia mencapai 3.810.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 4.085.000 ton pada tahun 2026. Sementara konsumsi nikel olahan dunia diperkirakan mencapai 3.601.000 ton pada tahun 2025 dan menyentuh 3.824.000 ton pada tahun 2026. Pasar nikel mengalami surplus sebesar 209.000 ton pada tahun 2025 dan sebesar 261.000 ton pada tahun 2026[11] yang menekan harga nikel LME ke titik terendah USD 14.125 per ton dalam perdagangan 16 Desember 2025.[12]

Surplus terutama dipicu produksi masif di Indonesia yang merupakan produsen nikel olahan terbesar dalam rantai pasok nikel dunia dengan menyumbang lebih dari separuh produksi global. Ini terjadi karena pertumbuhan cepat industri peleburan nikel di berbagai kawasan industri berbasis nikel. Produksi Nickel Pig Iron (NPI) diproyeksikan mencapai 1,76 juta ton pada tahun 2025 dan diperkirakan menyentuh 1,97 juta ton pada tahun 2026. Konversi NPI ke nickel matte diperkirakan mencapai 294.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 347.000 ton pada tahun 2026.[13] Produksi MHP diproyeksikan akan mencapai 399.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 543.000 ton pada tahun 2026.[14]



Gambar 1. Produksi Nikel Olahan di Indonesia. *Sumber:* Nornickel.

Dalam rantai pasok global produk-produk nikel olahan Indonesia diekspor terutama dengan tujuan Tiongkok. Produk-produk tersebut diolah lebih lanjut baik sebagai baja nirkarat maupun komponen baterai kendaraan listrik. Hingga kuartal ketiga tahun 2025, Indonesia sudah

mengekspor 1.047.000 ton NPI, 306.000 ton MHP, dan 129.000 ton nickel matte, selain mengirim nickel sulfat dan nikel kelas-1.[15]

Sebagian produk NPI digunakan sebagai alternatif bahan baku murah untuk pembuatan baja nirkarat di kawasan-kawasan industri yang terintegrasi dengan smelter NPI di Indonesia. Produksi baja nirkarat seri-300 Indonesia diperkirakan mencapai 5.193.000 ton pada tahun 2025, setara kebutuhan 407.000 ton nikel dan diproyeksikan menjadi 6.666.000 ton pada tahun 2026, setara konsumsi 486.000 ton nikel.[16] Produk baja nirkarat diekspor terutama ke Tiongkok.

3.2 Industri Nikel Bahan Baku Baterai

Transisi menuju energi bersih untuk memutus ketergantungan pada energi fosil sedang berlangsung. Penggunaan baterai kendaraan listrik kini menjadi alternatif terhadap dekarbonisasi di sektor transportasi. Konsumsi nikel sebagai salah satu mineral kritis yang diperlukan untuk kebutuhan baterai kendaraan listrik dunia kini menyentuh 15 persen dengan baja nirkarat masih merupakan konsumen nikel terbesar dunia dengan menyerap 65 persen.[17]

Sebagi produsen terbesar nikel di dunia, industri nikel yang tumbuh di Indonesia menggunakan teknologi-teknologi yang memproduksi produk-produk nikel setengah jadi yang dapat dikonversi menjadi nikel sulfat, bahan baku baterai kendaraan listrik. Teknologi RKEF (Rotary-Kiln Electric Furnace) dimanfaatkan untuk mengonversi NPI menjadi nickel matte, selain teknologi OESBF (Oxygen Enriched Side Blowing Furnace) untuk memproduksi nickel matte secara langsung. Kemudian, teknologi HPAL (High Pressure Acid Leaching) digunakan untuk memproduksi MHP. Nickel matte dan MHP adalah material yang digunakan untuk menghasilkan nikel sulfat sebelum diolah menjadi pCAM (Precursor Cathode Active Material).[18] Dalam rantai pasok global produksi nikel untuk baterai kendaraan listrik secara geografis terkonsentrasi di Indonesia terutama di kegiatan hulu (pertambangan) dan midstream (pengolahan).

Tetapi rantai pasok baterai kendaraan listrik juga terkonsentrasi secara geografis ketika memperhatikan produksi sel baterai dan komponen. Tiongkok menyumbang 80 persen produksi sel baterai global pada tahun 2024, sementara sisanya diproduksi di Amerika Serikat, Uni Eropa, Korea, dan Jepang. Produksi peralatan manufaktur baterai litium-ion juga sangat terkonsentrasi dengan China, Korea, dan Jepang menguasai pasar. Tiongkok juga memonopoli produksi komponen baterai dengan memasok hampir 85 persen bahan aktif katoda – NMC dan LFP – dan lebih dari 90 persen produksi bahan aktif anoda, terutama grafit. Di luar Tiongkok, hanya Korea dan Jepang yang memiliki kapasitas produksi yang cukup besar untuk komponen katoda.[19]

Baterai dengan kandungan nikel-cobalt-mangan (NMC) untuk baterai kendaraan listrik sedang menghadapi persaingan keras dari baterai dengan kandungan litium-besi-fosfat (LFP). Masing-masing baterai memiliki keunggulan dan kelemahan. LFP diketahui aman digunakan, hampir 30

persen lebih murah per kilowatt dan kemampuan untuk mencapai 100 persen pengisian daya. makin banyak digunakan dalam penyimpanan energi dan kendaraan listrik. NMC memiliki kepadatan energi lebih tinggi untuk aplikasi yang membutuhkan jangkauan lebih jauh atau pengoperasian di iklim dingin, di mana teknologi LFP biasanya kurang efektif. Harganya juga lebih mahal dan ketersediaan komponen utama seperti nikel dan cobalt. Namun, baterai LFP kini telah mencapai tingkat kinerja yang memadai untuk sebagian besar aplikasi kendaraan listrik, sehingga biaya yang lebih rendah menjadi keunggulan utama bagi produsen mobil yang menargetkan pasar massal. NMC memainkan peran penting dalam industri yang membutuhkan energi dalam jumlah besar seperti mobil listrik mewah dan perangkat portabel.[20]

3.3 Teknologi HPAL dan Persoalan Tailing

Asal muasal HPAL berawal sekitar 70 tahun lalu, tetapi teknologi ini semakin meluas untuk memenuhi permintaan baterai untuk kendaraan berbasis nikel. Cara kerja HPAL sangat sederhana: tambahkan asam sulfat dan naikkan suhu untuk melarutkan seluruh bijih. Netralkan kelebihan asam, singkirkan logam tidak diinginkan, dan pulihkan logam yang diinginkan.[21] Teknologi HPAL pertama diperkenalkan di Moa Bay, Kuba pada akhir dekade 1950an. Dalam periode 1999-2014, hanya terdapat 10 proyek HPAL yang beroperasi di dunia.[22]

Teknologi HPAL berkembang sangat pesat di Indonesia. Teknologi ini untuk mengolah bijih limonit menjadi MHP pertama kali diperkenalkan oleh PT Halmahera Persada Lygend yang beroperasi di Pulau Obi pada tahun 2021. Hanya dalam 5 tahun proyek-proyek HPAL lain tumbuh cepat. Pada tahun 2025 jumlah proyek HPAL yang sudah beroperasi mencapai 8 proyek dan akan terus bertambah pada tahun 2026 dan 2027 (lihat TABEL 1). 8 proyek HPAL yang sudah beroperasi memiliki total kapasitas produksi 491.000 ton nikel dalam MHP per tahun. Pada tahun ini, 4 proyek akan beroperasi sehingga kapasitas produksi meningkat hampir dua kali lipat menjadi 840.000 ton nikel dalam MHP. Indonesia menjadi lokasi terbesar dari proyek-proyek HPAL di dunia.

Masalah paling menonjol adalah bahwa proyek-proyek HPAL tersebut bergantung kepada energi fosil dalam jumlah besar. Proyek-proyek yang sudah beroperasi sangat bergantung kepada PLTU berbasis batubara, sementara proyek-proyek yang akan beroperasi menggantungkan pasokan energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).

Selain ketergantungan pada sumber energi listrik yang besar, aspek paling krusial dari teknologi HPAL adalah volume tailing atau limbah beracun yang dihasilkan setelah logam berharga dikeruk. Memproduksi 1 ton logam nikel akan menghasilkan 150 - 200 ton tailing.[23] Dari proyek-proyek HPAL yang sudah beroperasi dengan kapasitas produksi 491.000 ton nikel dalam MHP diperkirakan akan menghasilkan 73,65 - 98,20 juta ton tailing per tahun. Pada tahun 2026, dengan

tambahan proyek HPAL yang akan beroperasi dengan total kapasitas produksi 840.000 ton nikel dalam MHP maka volume tailing yang dihasilkan akan meningkat menjadi 126 - 168 juta ton.

Ada 3 cara untuk membuang tailing yakni bendungan tailing, pembuangan ke laut dalam, dan penyimpanan di gundukan kering. Proyek-proyek HPAL di Indonesia yang sudah beroperasi menggunakan metode "dry-stack tailings" atau gundukan kering tailing di darat. Penyebutan "dry-stack" dianggap tidak tepat karena tailing yang diklaim kering masih memiliki kandungan air 15-20 persen. Istilah yang tepat adalah "filtered tailings" atau tailing yang difilter.[24]

Tetapi penerapan metode dry-stack di daerah beriklim basah dengan curah hujan tinggi seperti di Sulawesi dan Maluku Utara memiliki risiko lingkungan dan keanekaragaman hayati yang tinggi. Tailing dalam bentuk bubur tanah dengan kandungan air sekitar 30 - 35 persen yang disimpan di dry-stack tailings akan berubah menjadi lumpur ketika ditimpa curah hujan tinggi. Setelah terkena hujan, tumpukan bubur tailing yang seolah kering menjadi basah kembali dan mengalami oksidasi dan pelindian logam berat. Ketika curah hujan mengalir melalui tailing, logam berat dan unsur-unsur lainnya dapat terbawa ke tanah dan badan air di sekitar.[25]

Risiko yang sama juga berlaku bagi daerah dengan kerentanan terhadap gempa bumi. Morowali di mana IMIP beroperasi adalah bagian dari sesar aktif Matano yang kerap dihajar gempa bumi merusak. Begitu juga dengan Pulau Obi yang merupakan cabang dari sesar Sorong di mana gempa bumi destruktif sering menimpa. Gempa juga kerap terjadi di Halmahera Tengah yang juga adalah bagian dari sesar Sorong.

Faktor paling dikhawatirkan adalah tingginya curah hujan dan potensi seismik yang memicu fasilitas tailing jebol sehingga melepaskan jutaan ton limbah tailing. Seperti yang terjadi dengan jebolnya fasilitas tailing milik PT HYNC di Morowali pada Maret 2025. Fasilitas dry stack tailings PT HYNC yang tidak dirancang menghadapi curah hujan tinggi mengalami jebol dihantam banjir pada 16 Maret 2025. Banjir menghajar desa Labota dan IMIP mengakibatkan 341 kepala keluarga atau 1.092 jiwa penduduk Desa Labota termasuk buruh-buruh mengalami risiko terpapar tailing yang mengandung logam berat.[26]

Kejadian lebih buruk berlangsung pada 21 Maret 2025 ketika terjadi longsor di fasilitas dry-stack tailings PT QMB New Energy Materials. Akibatnya, 4 pekerja PT Morowali Investasi Konstruksi Indonesia (MIKI) tertimbun, 3 di antaranya (Irfan Tandi, Akbar, dan Demianus) meninggal dunia dan seorang pekerja selamat. PT MIKI adalah perusahaan kontraktor PT QMB.[27] Peristiwa tersebut memaksa PT QMB untuk menghentikan semua kegiatan produksi pada Maret 2025 dan mengurangi volume produksi pada bulan-bulan berikutnya.

Pengalaman kegagalan dry-stack tailing di Fatufia menunjukkan bahwa tailing yang disaring dan disimpan di atas permukaan tanah yang tinggi dengan sistem drainase buruk, dan pemodelan risiko yang tidak memadai untuk curah hujan dan aktivitas seismik. Di Fatufia, tanah longsor

terjadi setelah hujan berhari-hari, tetapi citra satelit menunjukkan bahwa tanah mungkin sudah rusak jauh-jauh hari sebelumnya. Ini bukan sebuah kesalahan perhitungan yang terisolasi. Tetapi merupakan celah desain sistemik yang mengancam seluruh komunitas.[28]

Tabel 1. Perusahaan-perusahaan Pemilik Fasilitas HPAL di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas produksi Ni dalam MHP (ton)/tahun	Produksi tailing (ton)/tahun	Sumber listrik	Tahun mulai produksi	Kepemilikan saham
PT Halmahera Persada Lygend	Pulau Obi	55.000	8.250.000 s/d 11.000.000	PLTU	2021	PT Trimegah Bangun Persada (45,10%), Lygend Resources & Technology Co Ltd (29,53%), dan Kang Xuan Pte Ltd (25,36%).[29]
PT Huayue Nickel Cobalt	IMIP	80.000	12.000.000 s/d 16.000.000	PLTU	2022	Huaqing Nickel & Cobalt Co Ltd (57%), W-Source Holding Ltd (30%), Nickel Industries (10%), Huaqing Hualong Consulting Co Ltd (2%), dan Long Sincere Holding Ltd (1%).[30]
PT QMB New Energy Materials	IMIP	96.000	14.000.000 s/d 19.200.000	PLTU	2022	Jingmen GEM Co Ltd (28%), New Horizon International Holding Ltd (21%), IMIP (10%), Brunp Recycling - CATL (10%), EcoPro Co Ltd (9%), dan Hanwa Co Ltd (8%), Yibin Libode New Materials Co Ltd (8%), dan GEM Hongkong International Co Ltd (6%).[31]
PT Obi Nickel Cobalt	Pulau Obi	65.000	9.750.000 s/d 13.000.000	PLTU	2024	Lygend New Power (Hongkong Limited) (60%) dan PT Trimegah Bangun Persada (40%).[32]
PT Huafei Nickel Cobalt	IWIP	120.000	18.000.000 s/d 24.000.000	PLTU	2024	Huayou International Cobalt (Hongkong Co ltd) (51%), Glaucous International Pte Ltd (30%), Eva Asia Co Ltd (17%), dan Lindo Investment Pte Ltd (2%).[33]
PT ESG New Energy Material	IMIP	30.000	4.500.000 s/d 6.000.000	PLTU	2025	PT Merdeka Industri Anantha (60%), GEM Hongkong International Co Ltd (14%), EcoPro (10%), Y&K (HK) Internasional Holding Ltd (7%), Eversong Internasional Investment Pte Ltd (5%), Internasional Mining (Hongkong) Technology Ltd (2,8%) H&K Internasional Investment Holdings Ltd (1,2%).[34]
PT Meiming New Energy Material	IMIP	25.000	3.750.000 s/d 5.000.000	PLTU	2025	GEM (Wuxi) Energy Material Co Ltd (54%), Merdeka Energi Utama (12,5%), H&K International Investment Holdings Ltd (10,5%), Cahaya Jaya Investment Pte Ltd (10%), EcoPro Co Ltd (9%), Green Engineering Technology (Jingmen) Partnership (3%), dan GEM Hongkong International Co Ltd (1%).[35]
PT Green Eco Nickel	IMIP	20.000	3.000.000 s/d 4.000.000	PLTU	2025	EcoPro (38%), New Horizon International Holding Ltd (23,2%), H&K International Investment Holdings Ltd (16%), Darrow International Pte Ltd (10%), GEM Hongkong International Co Ltd (5,8%), Speed (HK) International Engineering Ltd (5%), dan Green Engineering Technology Partnership (2%).[36]
PT Excelsior Nickel Cobalt	IMIP	72.000	10.800.000 s/d 14.400.000	PLTU	2026	Sanghai Decent (46%), Nickel Industries (44%), Sphere Corp (10%).[37]
PT Blue Sparkling Energy	IWIP	67.000	10.050.000 s/d 13.400.000	PLTU	2026	PT Tanito Harum Nikel (51%) dan Tanjung Development Investment Pte Ltd (49%).[38]

PT Kolaka Nickel Indonesia	IPIP	120.000	18.000.000 s/d 24.000.000	PLTG	2026	Huaqi (Singapore) Pte Ltd (85,71%), Ford Motor Company (8,49%), dan PT Vale Indonesia (5,78%).[39]
PT Sulawesi Nickel Cobalt	IMIP	90.000	13.500.000 s/d 18.000.000	PLTU	2026	Merdeka Energi Baru (50,1%), Constant Resource Pte Ltd (28,93%), Strive Investment Capital Pte Ltd (19,96%), dan Kingdo Internasional Pte Ltd (1%).[40]
PT Bahudopi Nickel Smelting Indonesia	IGIP	66.000	9.900.000 s/d 13.200.000	PLTG	2027	GEM Hongkong International Co Ltd (55,12%), Vale Indonesia (26,52%), dan EcoPro Co Ltd (18,34%).[41]
PT Huali Nickel Indonesia	IHIP	60.000	9.000.000 s/d 12.000.000	PLTG	2027	Hua Qun (Hongkong) Ltd (53%) dan Hua Bin (Hongkong) Ltd (47%).[42]
PT Chengseng New Energy	IMIP	60.000	9.000.000 s/d 12.000.000	PLTU	-	Tsingshan
Total	-	1.026.000	153.900.000 s/d 205.200.000			

3.4 Aktor Utama dan Asal Negara

Penanaman modal di proyek-proyek HPAL dalam 5 tahun terakhir tumbuh cepat. Perusahaan-perusahaan asal Tiongkok yang menguasai modal dan teknologi mendominasi penanaman modal. Perusahaan berbasis Korea Selatan, Australia, dan Indonesia turut ambil bagian dalam berbagai proyek HPAL (lihat TABEL 1). Diperkirakan nilai investasi seluruh proyek HPAL tersebut sekitar USD 21,9 miliar.

Paling utama adalah Zhejiang Huayou Cobalt Co Ltd, sebuah perusahaan raksasa Tiongkok yang bergerak di bidang energi baru. Huayou mengontrol 57% persen saham di PT Huayue Nickel Cobalt (HYNC) di IMIP, 51 persen saham di PT Huafei Nickel Cobalt (HFNC) di IWIP, 85,71% saham di PT Kolaka Nickel Indonesia (KNI) di Indonesia Pomalaa Industrial Park (IPIP), dan mengontrol 100 persen saham di PT Huali Nickel Indonesia di PT Indonesia Huali Industrial Park (IHIP). Huayou Cobalt melalui Huacai (Hongkong) Ltd memegang 35 persen saham di PT Wana Kencana Mineral, perusahaan tambang nikel yang memiliki areal konsesi 24.700 hektar di Halmahera Timur dan Halmahera Tengah.

GEM Co Ltd merupakan perusahaan utama pembuat material baterai untuk energi baru asal Tiongkok. GEM secara langsung mengontrol 28 persen saham di PT QMB dan melalui New Horizon International Holding Ltd memegang 21 persen saham dan GEM Hongkong International Co Ltd memegang 6 persen saham membuat GEM mengendalikan 55 persen saham di PT QMB. GEM melalui GEM (Wuxi) Energy Material Co Ltd juga memiliki 54 persen saham di PT Meiming New Energy Material dan melalui GEM Hongkong International Co Ltd mengontrol 55,12 persen saham di PT Bahudopi Nickel Smelting Indonesia (BNSI). GEM juga melalui GEM Hongkong Internasional Co Ltd juga memiliki 14 persen saham di PT ESG New Energy Material dan 5,8 persen saham di PT Green Eco Nickel.

Lygend Resources & Technology Co Ltd merupakan perusahaan Tiongkok yang bergerak di keseluruhan rantai pasok nikel. Perusahaan menguasai 29,53 persen saham di PT Halmahera Persada Lygend (HPL) dan melalui anak usahanya Kang Xuan Pte Ltd mengontrol 25,36 persen saham di PT HPL, sehingga Lygend mengontrol 55 persen saham HPL. Lygend juga mengendalikan 60 persen saham di PT Obi Nickel Cobalt (ONC).

EcoPro adalah perusahaan kelas dunia asal Korea Selatan yang memasok katoda baterai NCM. Perusahaan agresif melakukan ekspansi dengan berinvestasi USD 477,6 juta di berbagai proyek HPAL di Morowali.[43] EcoPro menguasai 38 persen saham di PT Green Eco Nickel, 9 persen saham di PT QMB, 10 persen saham di PT ESG New Energy Material, 9 persen saham di PT Meiming Energy Material, dan 18,34 persen saham di PT BNSI.

Tsingshan merupakan perusahaan raksasa baja nirkarat asal Tiongkok. Tsingshan terkenal dengan bisnis pertambangan nikel terintegrasi dengan fasilitas-fasilitas pengolahan nikel setengah jadi dan baja nirkarat di IMIP yang membuat produk-produk baja nirkaratnya sangat kompetitif di pasar global. Tsingshan mengusai 40 persen saham di IWIP. Perusahaan melalui sayap usahanya Sanghai Decent memegang 56 persen saham di PT ENC dan melalui PT IMIP memegang 10 persen saham di PT QMB. Tsingshan juga memegang 51,2 persen saham di PT Weda Bay Nickel yang menguasai 45.045 hektar tambang nikel di Halmahera Tengah dan Halmahera Timur.

Nickel Industries adalah perusahaan berbasis Sydney, Australia. Perusahaan memiliki fasilitas pertambangan dan industri pengolahan nikel terintegrasi di IMIP dan IWIP. Nickel Industries adalah pemegang 10 persen saham di proyek HPAL yang dikelola PT HYNC di Morowali. Perusahaan juga memiliki 44 persen saham di PT ENC.

Harita Group adalah pebisnis Indonesia yang pertama kali masuk di industri pengolahan dengan teknologi HPAL. Grup ini melalui PT Trimegah Bangun Persada Tbk mengontrol 45,10 persen saham di PT HPLdan 40 persen saham di PT ONC.

PT Merdeka Battery Materials Tbk adalah perusahaan Indonesia yang aktif terlibat dalam industri pengolahan nikel berbasis teknologi HPAL. Perusahaan melalui PT Merdeka Industri Anantha mengontrol 60 persen saham di PT ESG New Energy Material dan melalui PT Merdeka Energi Baru menguasai 50,1 persen saham di PT Sulawesi Nickel Cobalt (SLNC). Merdeka juga melalui PT Merdeka Energi Utama memegang 12,5 persen saham di PT Meiming New Energy Material. Perusahaan-perusahaan tersebut memperoleh pasokan nikel limonit dari PT Sulawesi Cahaya Mineral (SCM) yang memiliki konsesi seluas 21.100 hektar di Routa, Konawe. PT SCM adalah usaha patungan antara Merdeka Battery Materials dan Tsingshan Group. Merdeka Battery Materials melalui anak usahanya PT Merdeka Industri Mineral menguasai 51 persen saham di PT SCM dan Tsingshan memegang 49 persen saham.

PT Vale Indonesia merupakan raksasa nikel penghasil *nickel matte* di Sorowako Sulawesi Selatan dan sedang melakukan ekspansi ke teknologi HPAL. Perusahaan mengontrol 5,78 persen saham di PT KNI dan 18,34 persen saham di PT BNSI. Vale menjadi pemasok utama bijih nikel limonit kepada PT KNI yang dikeruk dari areal konsesinya di Blok Pomalaa seluas 20.286 hektar. Di Morowali, Vale menjadi pemasok bijih limonit ke PT BNSI yang bersumber dari areal konsesinya seluas 22.699 hektar di Bahudopi.

PT Harum Energy merupakan perusahaan nasional yang juga bergerak di bidang pertambangan dan industri pengolahan nikel. Harum melalui PT Tanito Harum Nickel mengontrol 51 persen saham di PT Blue Sparkling Energi, sementara Tanjung Development Investment Pte Ltd memegang 49 persen. PT Tanito Harum Nickel juga memiliki 51 persen saham di PT Position, perusahaan yang memiliki konsesi tambang nikel seluas 4.017 hektar di Halmahera Timur.

Bab 4. Emisi Karbon dan Dampak Industri

4.1 Emisi Karbon dari Industri Nikel

Industri nikel memerlukan pasokan energi listrik sangat besar. Membangun kawasan-kawasan industri nikel di daerah-daerah dengan infrastruktur tenaga listrik yang buruk karena ketidakhadiran PLN memaksa perusahaan-perusahaan membangun PLTU Batubara captive, sumber pembangkit paling murah tetapi penyumbang terbesar emisi karbon di antara pembangkit lain. Emisi dari PLTU Batubara berkisar antara 800 – 1200 kgCO2e/MWh, tergantung teknologi yang digunakan. Selain CO_2, beberapa emisi utama dihasilkan dari pembakaran batubara seperti sulfur dioksida (SO_2) yang mengakibatkan terjadinya hujan asam dan penyakit pernapasan. Oksida nitrogen (NOX) yang menyebabkan terjadinya kabut asap dan penyakit pernapasan. Materi Partikulat ($PM_{2,5}$) yang berkontribusi terhadap kabut asap, penyakit pernapasan, dan penyakit paru-paru.

PLTU Batubara telah menjadi tulang punggung pertumbuhan cepat industri nikel dalam 10 tahun terakhir karena merupakan bagian dari Proyek Strategis Nasional (PSN) untuk penghiliran sumber daya mineral. Saat ini berbagai kawasan industri nikel di Indonesia mengoperasikan PLTU Batubara dengan kapasitas terpasang 15.405 MW (lihat TABEL 2). Angka tersebut setara dengan 38,5 persen dari total PLTU yang dioperasikan oleh PLN dan IPP sebesar 40 gigawatt pada tahun 2024.[44]

Tabel 2. PLTU Captive di Industri Nikel di Indonesia

Kawasan Industri dan Perusahaan	Lokasi	MW
Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP)	Morowali	5.440
Indonesia Weda Bay Industrial Park (IWIP)	Halmahera Tengah	4.540
Virtue Dragon Nickel Industrial Park (VDNIP)	Konawe	2.370
Kawasan Industri Pulau Obi	Halmahera Selatan	1.630
Gunbuster Nickel Industry	Morowali Utara	945
Indonesia Huabao Industrial Park (IHIP)	Morowali	350
Wanxiang Nickel Indonesia	Morowali	130
Total		15.405

Sumber: GEM

IMIP menjadi kawasan industri dengan PLTU captive berbasis Batubara terbesar dengan kapasitas terpasang 5.440 MW. PT Sulawesi Mining Investment (SMI) pertama kali membangun dua unit PLTU Batubara yang terintegrasi dengan smelter RKEF berkapasitas 150 MW dan mulai beroperasi pada tahun 2015. Dalam periode tahun 2016 hingga tahun 2020, PT Indonesia Guang Ching Nickel and Stainless Steel Industry (GCNS) membangun dua unit PLTU berkapasitas 300

MW, PT Indonesia Tsingshan Stainless Steel (ITSS) membangun empat unit PLTU dengan total kapasitas 1.400 MW dan Indonesia Morowali Power Co membangun satu unit berkapasitas 250 MW. Semua perusahaan berafiliasi dengan Tsingshan Group, kecuali GCNS yang merupakan anak usaha Guangxin Holding.[45]

Dalam 5 tahun sejak tahun 2021, PLTU yang telah dibangun di IMIP mencapai 3.360 MW. PT Walsin Nickel Industrial Indonesia dan Eternal Tsingshan Group masing-masing mengoperasikan satu unit PLTU berkapasitas 350 MW, serta PT Hua Chin Aluminum Indonesia mengoperasikan satu unit PLTU berkapasitas 380 MW. PT Zhao Hui Nickel dan Indonesia Wanjia Ferro Nickel Co Ltd masing-masing mengoperasikan satu unit PLTU berkapasitas 380 MW, serta PT Sulawesi Mining Investment mengoperasikan empat unit PLTU masing-masing berkapasitas 380 MW. PLTU yang dioperasikan Zhao Hui Nickel, Wanjia Ferro Nickel, dan PT Sulawesi Mining Investment menggunakan teknologi supercritical.[46] Teknologi supercritical dianggap lebih efisien dalam konsumsi batubara hingga 30 persen.[47]

Kapasitas terpasang PLTU Batubara di IMIP diperkirakan sudah mendekati 7.000 MW karena di IMIP sedang dibangun 1.520MW pada Januari 2024.[48] Kapasitas terpasang PLTU captive di IMIP jauh lebih besar dari kapasitas eksisting seluruh pembangkit milik PLN dan IPP di pulau Sulawesi yang sekitar 3.628,75 MW.[49]

IWIP menjadi tuan rumah beroperasi PLTU Batubara dengan 14 unit pembangkit berkapasitas terpasang 4.540 MW. IWIP menyediakan enam unit pembangkit dengan kapasitas 2.150 MW. PT Yashi Indonesia Investment, PT Youshan Nickel Indonesia, PT Libai Indonesia Metal, PT Huayue Nickel Cobalt, dan PT Huake Nickel Indonesia masing-masing mengoperasikan satu unit PLTU dengan total kapasitas 1.250 MW. Sementara PT Sunny Metal Industry mengoperasikan satu unit PLTU berkapasitas 380 MW dan PT Angel Nickel Industry mengoperasikan dua unit PLTU dengan total kapasitas 760 MW.[50] Seluruh PLTU di IWIP menggunakan teknologi supercritical. Dari perusahaan-perusahaan yang menyediakan dan mengoperasikan PLTU-PLTU, terdapat PT Huayue Nickel Cobalt (HYNC) – kemungkinan besar adalah PT Huafei Nickel Cobalt – yang mengoperasikan PLTU unit 5 dengan kapasitas 250 MW yang memasok listrik ke pabrik HPAL miliknya.[51]

PLTU Batubara juga menjadi tulang punggung industri nikel di Kawasan Industri Pulau Obi. PT Halmahera Persada Lygend mengoperasikan delapan unit PLTU Batubara dengan kapasitas 810 MW. Sementara PT Obi Nickel Cobalt mengoperasikan empat unit PLTU berkapasitas 760 MW. Terdapat dua belas unit PLTU yang sudah beroperasi dengan kapasitas terpasang 1.570 MW.[52]

Di Virtue Dragon Nickel Industry Park (VDNIP) kapasitas terpasang PLTU Batubara mencapai 2.370 MW. PT Virtue Dragon Nickel Industry, produsen NPI, mengoperasikan delapan unit pembangkit dengan total kapasitas 530 MW. PT Obsidian Stainless Steel, penghasil baja tahan karat, mengoperasikan sepuluh unit pembangkit dengan kapasitas terpasang 1.840 MW.[53]

Ada tiga kawasan industri dan industri nikel dengan masing-masing memiliki PLTU Batubara dengan kapasitas di bawah 1 GW. Pertama, PT Gunbaster Nickel Industry (GNI) yang mengoperasikan tujuh unit PLTU Batubara dengan kapasitas terpasang 945 MW.[54] Kedua, Indonesia Huabao Industrial Park (IHIP) yang mengoperasikan tiga unit PLTU Batubara dengan kapasitas terpasang 350 MW.[55] Terakhir, PT Wanxiang Steel Indonesia yang mengoperasikan dua unit PLTU Batubara berkapasitas 130 MW.[56]

Bab 5. Masalah Struktural Dekarbonisasi Industri

5.1 Ketergantungan Energi Fosil

Produksi nikel merupakan proses yang sarat emisi karbon karena bersandar pada energi fosil. Teknologi RKEF menggunakan peleburan bijih nikel pada suhu sekitar 1500°C,[57] sementara teknologi HPAL mengandalkan pelarutan yang berlangsung di bawah tekanan tinggi pada suhu sekitar 250°C.[58] Kendati sama-sama memerlukan energi besar, tetapi teknologi RKEF menghasilkan emisi lebih tinggi dari pada teknologi HPAL. Menurut IEA, untuk memproduksi 1 ton MHP dengan teknologi HPAL akan menghasilkan emisi 18-33 ton CO_2, tergantung teknologi pembangkit.[59] Sementara dengan teknologi RKEF untuk memproduksi NPI atau Feronikel menghasilkan emisi 40-120 ton CO_2 per ton nikel, tergantung teknologi sumber energi.[60] Dengan teknologi yang sama untuk mengonversi NPI menjadi nickel matte mengeluarkan emisi 62 ton CO_2 per ton nikel.[61]

Pada tahun 2025, industri pengolahan nikel di Indonesia menghasilkan antara 92,8 juta ton CO_2 hingga 224,36 juta ton CO_2. Rinciannya, produksi NPI diperkirakan menghasilkan 70,40 juta hingga 211,2 juta ton CO_2. Sementara produksi MHP menghasilkan emisi antara 7,18 juta hingga 13,16 juta ton dan konversi nikel matte dari NPI diproyeksikan menghasilkan sekitar 18,22 juta ton CO_2.

Beberapa perusahaan pengolahan nikel di Indonesia yang mengumumkan emisinya menunjukkan intensitas emisi lebih tinggi. Fasilitas HPAL milik PT QMB New Energi Materials mengeluarkan emisi 37,5 ton CO_2 per ton nikel.[62] Angka tersebut jauh melebihi emisi dari proyek HPAL seperti disebutkan IEA. Fasilitas-fasilitas RKEF yang memproduksi NPI milik PT Merdeka Battery Materials menghasilkan emisi 56,9 ton CO_2 per ton nikel.[63] Angka emisi tersebut hampir mendekati emisi yang dihasilkan dari konversi NPI ke nickel matte. Proyek-proyek RKEF yang memproduksi NPI di bawah Nickel Industries di IMIP dan IWIP mengeluarkan emisi 64,65 ton CO_2 per ton nikel.[64] Kecuali PT Vale Indonesia yang menghasilkan emisi lebih rendah dalam produksi nickel matte karena bergantung pada 3 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) berkapasitas 365 MW. Vale mengeluarkan emisi 30 ton CO_2 per ton nikel.[65]

5.2 Rendahnya Pemanfaatan Energi Terbarukan

Kendati Pesiden Xi Jinping mengatakan pada tahun 2021 bahwa Tiongkok tidak akan lagi membantu membangun atau membiayai pembangkit listrik tenaga batu bara di luar negeri, tetapi perusahaan-perusahaan Tiongkok terus saja membangun PLTU di kawasan-kawasan industri berbasis nikel. 10 tahun program penghiliran nikel di Indonesia menunjukkan rendahnya komitmen perusahaan-perusahaan asal Tiongkok untuk membangun pembangkit dari energi terbarukan. Pada 2021, Tsingshan mengumumkan akan membangun energi surya dan angin berkapasitas 2 GW di IMIP dan IWIP dalam 3 hingga 5 tahun dengan tujuan mencapai emisi karbon nol dalam proses produksinya.[66] Tetapi setelah 5 tahun tidak ada aksi kongkret tentang implementasi rencana tersebut.

Sejak tahun lalu mulai muncul perusahaan-perusahaan yang berkomitmen mengurangi ketergantungan pada PLTU Batubara secara terbatas. Di antaranya adalah adalah PT Dexin Steel Indonesia (DSI) yang beroperasi di IMIP. Perusahaan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 65,89 megawatt dengan progres pembangunan mencapai 80 persen pada Oktober 2025.[67] Jika kelak beroperasi PLTS dengan nilai investasi USD 37.5 juta tersebut akan mengurangi 100.000 ton CO_2 per tahun.[68] PT DSI juga memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Gas Buang yang dapat mengurangi emisi sekitar 2,4 juta ton CO_2 serta menghemat penggunaan batu bara hingga 980.000 ton per tahun. PLTU Gas Buang berkapasitas 350 MW tersebut merupakan sebuah instalasi yang berfungsi mengubah energi panas dari hasil pembakaran tungku smelter menjadi energi listrik.[69]

IWIP diberitakan sedang mengembangkan proyek energi hijau senilai USD 2 miliar dolar. Proyek tersebut mencakup pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 2.000 MW dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebesar 500 MW.[70] Tetapi, tidak ada kerangka waktu tentang kapan proyek akan dimulai.

Harita Nickel juga mulai mengembangkan PLTS dan menargetkan bisa menurunkan emisi karbon hingga 30 persen pada tahun 2030. Di antaranya, sebesar 5,26 MW sedang dalam uji coba di mess karyawan. Perusahaan juga sedang membangun PLTS di fasilitas PT Halmahera Persada Lygend, PT Obi Nickel Cobalt, dan di pabrik Nikel Sulfat, serta 20,96 MW di area PT Halmahera Jaya Feronikel. Harita menargetkan di akhir tahun 2025, PLTS berkapasitas 40 MW bisa beroperasi.[71]

Sementara untuk proyek-proyek baru, terdapat Indonesia Pomalaa Industrial Park (IPIP), kawasan industri yang dikuasai Huayou Cobalt, yang berencana membangun pembangkit listrik dengan kapasitas 4.100 MW pada tahun 2030. Total pembangkit yang akan dibangun terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 2.000 MW, PLTA 1.600 MW, dan PLTS 500 MW.[72] Proyek pertama di IPIP adalah proyek HPAL milik PT Kolaka Nikel Indonesia (KNI) dengan kapasitas 120.000 ton nikel dalam MHP. Sumber energi diperoleh dari PLTG. Gas memang mengeluarkan

emisi karbon lebih rendah dibanding batubara dan minyak bumi, tetapi penggunaan PLTG memberikan isyarat rendahnya komitmen untuk melakukan dekarbonisasi atau bahkan praktik "green washing."

Hal yang sama juga dilakukan di proyek HPAL kerjasama antara GEM, Vale, dan EcoPro di kawasan Indonesia Green Industrial Park (IGIP) di Sambalagi. Proyek yang dijalankan oleh PT Bahudopi Nickel Smelting Indonesia (BNSI) juga direncanakan akan menggantungkan sumber pasokan listrik dari PLTG. Kendati menggunakan energi fosil bersumber PLTG, Vale mengklaim proyek tersebut didesain untuk net zero emission.[73]

Rendahnya usaha dekarbonisasi industri nikel selain karena kebijakan pemerintah Indonesia melalui Perpres No. 112/2022 juga disebabkan oleh hambatan-hambatan teknis – keterbatasan daya dan jaringan transmisi – PLN untuk memasok listrik ke kawasan-kawasan industri. Solusi praktis yang bisa ditempuh dalam jangka menengah adalah dengan mengintegrasikan kawasan-kawasan industri berbasis nikel ke dalam sistem on-grid PLN. Dalam RUPTL 2025-2034, rencana pengembangan pembangkit hingga tahun 2034 berdasarkan skenario Accelerated Renewable Energy Development (ARED) adalah sebanyak 10.422 MW di Sulawesi dan sebanyak 934 MW di Maluku Utara. Angka tersebut masih jauh di bawah pembangkit PLTU batubara yang sudah beroperasi di kawasan-kawasan industri berbasis nikel, tetapi setidaknya bisa menciptakan bauran energi di kawasan-kawasan industri itu.

Titik krusial dari PLN adalah belum adanya sistem interkoneksi Sulawesi. Interkoneksi Sulawesi bisa terjadi ketika terjadi interkoneksi antara Sistem Sulawesi bagian selatan (Sulbagsel) dan Sistem Sulawesi bagian utara (Sulbagut) melalui SUTT 150 kV Tambu – Bangkir (Sulawesi Tengah). RUPTL 2025-2034 menyebutkan aliran daya yang mengalir pada SUTT 150 kV Tambu – Bangkir relatif kecil, hanya sekitar 4,8 MW sehingga benefit dari interkoneksi tidak sepadan dengan investasi yang dikeluarkan. Interkoneksi Tambu – Bangkir sejauh 180 kilometer secara teknis dan finansial akan layak ketika pembebanan transmisi sebesar 43,6 MW. Dalam RUPTL 2025-2034 pembangunan jaringan transmisi Tambu – Bangkir berstatus masih direncanakan pada tahun 2028. Diperlukan kajian lebih lanjut untuk menentukan saat yang tepat membangun sistem interkoneksi Sulawesi ini.[74]

Tetapi, mengingat industri nikel berlokasi Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan yang relatif terkoneksi jaringan transmisi PLN di sistem tenaga listrik Sulawesi bagian selatan (Sulbagsel), maka peluang bauran energi di kawasan-kawasan industri menjadi mungkin dengan tersedia potensi pasokan dari pembangkit EBT berkapasitas 6.048 MW. RUPTL 2025-2034 menyebutkan rencana pembangunan PLTA di Sulbagsel berkapasitas 1.700 MW di Sulawesi Tengah, 1.800 MW di Sulawesi Barat, dan 465 MW di Sulawesi Selatan bisa memasok listrik ke Konsumen Tegangan Tinggi (KTT) di kawasan industri nikel.[75] Tetapi pembangunan PLTA bisa memicu masalah-masalah hak asasi manusia serius seperti pemindahan penduduk secara paksa. Sumber energi lain berdasarkan RUPTL 2025-2034 adalah rencana pembangunan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) + Battery Energy Storage System (BESS) berkapasitas 1.153 MW dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) + BESS berkapasitas 930 MW di Sulawesi Selatan.[76]

Bab 6. Uji Tuntas Hak Asasi Manusia dan Lingkungan Hidup

Zhejiang Huayou Cobalt, GEM Co Ltd, Tsingshan Group, Lygend Resources & Technology Co Ltd, EcoPro adalah perusahaan-perusahaan multinasional yang merajai industri pengolahan nikel di Indonesia. Tesla, BMW, Volkswagen, Mercedes Benz adalah perusahaan-perusahaan otomotif di bagian hilir yang menggunakan produk-produk nikel yang bersumber dari Indonesia. Saat ini, berbagai negara sedang melembagakan tata kelola hak asasi manusia dan lingkungan hidup dalam rantai pasok komoditas melalui legislasi. Perkembangan ini menunjukkan bahwa komunitas internasional telah meningkatkan standar hak asasi manusia dan lingkungan hidup menjadi prasyarat rantai pasok komoditas yang bertanggung jawab.

Perusahaan-perusahaan tersebut memperoleh pasokan nikel dari penambangan nikel dengan metode open pit yang membutuhkan penebangan semua pohon dan pengikisan lapisan tanah bagian atas. Penambangan terbuka menghancurkan hutan hujan tropis dan memiliki konsekuensi polusi udara dan air, kerusakan terumbu karang dan laut, pemusnahan populasi satwa liar dan kerusakan ekologis. Perusahaan-perusahaan multinasional tersebut dan rantai pasoknya mesti menaati Kerangka Kerja Keanekaragaman Hayati Global Kunming-Montreal (Kerangka Kerja Keanekaragaman Hayati Global Kunming-Montreal) dengan memantau, menilai, dan secara transparan mengungkapkan dampak mereka terhadap keanekaragaman hayati dan secara progresif mengurangi dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati.[77]

Uni Eropa (UE) sudah mengeluarkan Arahan Uji Tuntas Keberlanjutan Perusahaan 2024/1760 Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) yang berlaku pada 25 Juli 2024. Negara-negara anggota UE harus mentranposisikannya ke dalam undang-undang nasional pada Juli 2026. Arahan ini menyerukan agar perusahaan-perusahaan yang berbasis di UE dan "rantai aktivitas" mereka untuk menghormati hak asasi manusia dan lingkungan. Kewajiban uji tuntas dalam CSDDD pada dasarnya selaras dengan standar uji tuntas internasional yang ditetapkan dalam Prinsip-Prinsip Panduan PBB tentang Bisnis dan Hak Asasi Manusia dan Pedoman OECD untuk Perusahaan Multinasional tentang Perilaku Bisnis yang Bertanggung Jawab. Perusahaan yang didirikan di Uni Eropa dengan rata-rata lebih dari 1.000 karyawan dan omset bersih di seluruh dunia melebihi EUR 450.000.000 diwajibkan untuk menaati kewajiban uji tuntas yang diatur dalam Direktif.[78]

Dengan demikian, CSDDD mewajibkan perusahaan-perusahaan, termasuk perusahaan pertambangan dan pengolahan nikel yang merupakan bagian dari rantai aktivitas perusahaan UE,

untuk melakukan proses uji tuntas guna memastikan bahwa aktivitas mereka tidak melibatkan pelanggaran hak asasi manusia atau degradasi lingkungan.

Tetapi, pada 16 Desember 2025, Parlemen Uni Eropa menyetujui Omnibus I. Omnibus mengubah beberapa aspek fundamental dengan menetapkan CSDDD diberlakukan terhadap perusahaan dengan 5.000 karyawan dan omzet €1,5 miliar untuk perusahaan-perusahaan Uni Eropa. Implementasi untuk negara-negara anggota telah ditunda hingga 26 Juli 2028 dan penerapan untuk perusahaan hingga 26 Juli 2029. Kewajiban rencana transisi telah dihapus dari CSDDD, selain tidak ada kewajiban melakukan pemetaan rantai pasok secara lengkap di mana perusahaan memusatkan perhatian pada area dengan dampak buruk paling parah.[79]

Dengan menerapkan regulasi dalam rantai pasok dan belajar dari model seperti European Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), kini Korea Selatan sedang memperkenalkan kembali Rancangan Undang-Undang Uji Tuntas Hak Asasi Manusia dan Lingkungan Perusahaan. Pada 13 Juni 2025, Anggota Parlemen Jung Tae-ho kembali mengajukan Corporate Human Rights and Environmental Due Diligence Act (CHREDDA). Rancangan Undang-Undang (RUU) ini menetapkan kewajiban kepatuhan perusahaan untuk secara proaktif mengidentifikasi dan mengatasi potensi pelanggaran hak asasi manusia dan lingkungan di seluruh rantai pasok global. RUU tersebut menetapkan kewajiban uji tuntas terhadap hak asasi manusia dan lingkungan yang berlaku untuk perusahaan dengan lebih dari 500 karyawan atau pendapatan tahunan sekitar USD 150 juta.

Bab 7. Penutup

7.1 Ringkasan Temuan

Indonesia menjadi produsen terbesar nikel olahan dunia dengan menyumbang lebih dari separuh produksi global. Ini terjadi setelah pertumbuhan cepat industri peleburan nikel di berbagai kawasan industri berbasis nikel. Produksi Nickel Pig Iron (NPI) diproyeksikan mencapai 1,76 juta ton pada tahun 2025 dan diperkirakan menyentuh 1,97 juta ton pada tahun 2026. Konversi NPI ke nickel matte diperkirakan mencapai 294.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 347.000 ton pada tahun 2026. Produksi MHP diproyeksikan akan mencapai 399.000 ton pada tahun 2025 dan meningkat 543.000 ton pada tahun 2026.

Pada tahun 2025, industri pengolahan nikel di Indonesia menghasilkan antara 92,8 juta ton CO_2 hingga 224,36 juta ton CO_2. Rinciannya, produksi NPI diperkirakan menghasilkan 70,40 juta hingga 211,2 juta ton CO_2. Sementara produksi MHP menghasilkan emisi antara 7,18 juta hingga 13,16 juta ton dan konversi nikel matte dari NPI diproyeksikan menghasilkan sekitar 18,22 juta ton CO_2.

Proyek HPAL mengalami ekspansi cepat dalam 5 tahun terakhir dengan 8 proyek HPAL yang sudah beroperasi memiliki total kapasitas produksi 491.000 ton nikel dalam MHP per tahun. Pada tahun ini, 4 proyek akan beroperasi sehingga kapasitas produksi meningkat hampir dua kali lipat menjadi 840.000 ton nikel dalam MHP. Indonesia menjadi lokasi terbesar dari proyek-proyek HPAL di dunia.

Faktor di balik kemajuan pesat industri nikel adalah PLTU Batubara yang telah menjadi tulang punggung pertumbuhan cepat industri nikel dalam 10 tahun terakhir. Saat ini berbagai kawasan industri nikel di Indonesia mengoperasikan PLTU Batubara dengan kapasitas terpasang 15.405 MW. Angka tersebut setara dengan 38,5 persen dari total PLTU yang dioperasikan oleh PLN dan IPP sebesar 40 gigawatt pada tahun 2024.

Perusahaan-perusahaan multinasional yang menguasai industri nikel Indonesia memiliki komitmen rendah untuk tidak bergantung pada PLTU Batubara. Hanya sebagian kecil perusahaan yang mulai beralih ke energi bersih dengan kapasitas sangat terbatas, sementara proyek-proyek baru HPAL masih bergantung pada PLTG, salah satu sumber energi fosil.

Kendati pada umumnya perusahaan-perusahaan multinasional yang menguasai industri nikel di Indonesia adalah perusahaan-perusahaan asal Tiongkok tetapi rantai pasoknya mencakup berbagai perusahaan di belahan dunia lain, maka terbuka peluang untuk melakukan uji tuntas soal hak asasi manusia dan lingkungan hidup. CSDDD mensyaratkan perusahaan-perusahaan, termasuk perusahaan pertambangan dan pengolahan nikel yang merupakan bagian dari rantai

aktivitas perusahaan UE untuk melakukan uji tuntas guna memastikan bahwa operasi mereka tidak melanggar hak asasi manusia atau merusak lingkungan.

7.2 Arah Kebijakan ke Depan

1. Pemerintah mesti membatasi kuota penambangan nikel dan secara bersamaan menghentikan ekspansi industri nikel di mana pemerintah tidak boleh lagi menerbitkan Izin Usaha Industri (IUI) terhadap proyek-proyek baru pengolahan nikel.

2. Untuk menahan laju emisi dari PLTU berbasis batubara dan beralih ke energi bersih, maka pemerintah tidak perlu menerbitkan izin baru bagi proyek-proyek PLTU Batubara di kawasan-kawasan industri nikel kendati PP No. 112/2022 memberikan peluang untuk proyek-proyek tersebut.

3. Menargetkan dekarbonisasi PLTU batubara captive di kawasan-kawasan industri melalui percepatan penghentian bertahap PLTU captive di kawasan industri berbasis nikel. Usia operasi PLTU captive industri nikel harus dipersingkat menjadi tahun 2034, dengan kewajiban bagi industri mengembangkan sumber energi terbarukan dan mengintegrasikan kawasan-kawasan industri berbasis nikel ke dalam sistem on-grid PLN sehingga tersedia peluang untuk bauran energi.

Footnotes

[1] Internasional Energy Agency. 2025. "Global EV Outlook 2025: Expanding sales in diverse markets." Hlm, 135. Dapat diakses melalui: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ea38b60-3033-42a6-9589-71134f4229f4/GlobalEVOutlook2025.pdf. [Akses 26 Desember 2025].
[2] *Ibid*
[3] USGS.2025. "Nickel Statistics and Information." Dapat diakses melalui: https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/nickel-statistics-and-information. [Akses 26 Desember 2025].
[4] International Energy Agency. 2025. *Global Energy Review 2025*. Dapat diakses melalui: https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b169aa1-bc88-4c96-b828-aaa50406ba80/GlobalEnergyReview2025.pdf. [Akses 27 Desember 2025]
[5] Lihat Pasal 42 ayat (2) huruf f Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional.
[6] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2025. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
[7] Pasal 3 ayat 4 huruf b Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik.
[8] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2023 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa sebagai Campuran Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap.
[9] PLN.2025. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034*. Jakarta: PLN. Hlm,III-25.
[10] Peraturan Menteri ESDM No 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan (Road Map) Transisi Energi Sektor Ketenagalistrikan.
[11] INSG. 2025. "Nickel Market Observations for 2025 and 2026." *Press Release*, 7 October. Dapat diakses melalui: https://insg.org/wp-content/uploads/2025/10/pressrel_INSG-Press-Release-October_2025-nd782v78.pdf. [Akses 26 Desember 2025].
[12] LME. 2025. "LME Nickel Official Prices Graph." Dapat diakses melalui: https://www.lme.com/en/Metals/Non-ferrous/LME-Nickel#Price+graphs. [Akses 6 Januari 2026).
[13] Nornickel. 2025. "Quintessentially Nickel". Dapat diakses melalui : https://nornik-upload.storage.yandexcloud.net/iblock/b88/b885707084c99b8c0a60aecdf4f19ab5/2025_12_15-Quintessentially-Nickel.pdf. [Akses 26 Desember 2025].
[14] *Ibid*, hlm 17.
[15] *Ibid*, hlm 13.
[16] *Ibid*, hlm 6.
[17] Nornickel. 2025. Annual Report 2024. Dapat diakses melalui: https://nornik-upload.storage.yandexcloud.net/iblock/f92/f9210a4b4425bd885e24df90f8c38f01/2024_annual_report_pjsc_mmc_norilsk_nickel.pdf. [Akses 4 Januari 2026].
[18] Arianto Sangadji, Linda Dewi Rahayu, Pradnya Paramarini. 2025. *Clean Cars, Dirty Nickel: The Indonesia-China-Germany Nickel Supply Chain for EV Batteries*. Berlin: Rosa-Luxemburg-Stiftung. Dapat diakses melalui: https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Onl-Studie_X-25_Lieferkette_Nickel.pdf. [Akses 27 Desember 2025].
[19] IEA, *Global EV Outlook 2025*, hlm, 146.
[20] Solomon Evro et al. 2024. "Navigating battery choices: A comparative study of lithium iron phosphate and nickel manganese cobalt battery technologies". *Future Batteries* 4: 1-18. https://doi.org/10.1016/j.fub.2024.100007
[21] Lyle Tritten. 2025. "Nickel Industry – Part 3: Processing Nickel Laterite, High Pressure Acid Leaching." https://nickelinstitute.org/en/blog/2025/march/nickel-industry-part-3-processing-nickel-laterites-high-pressure-acid-leaching. [Akses 7 Januari 2026].
[22] Jack Gabb. 2018. "HPAL: Upping the Pressure." Dapat diakses melalui: https://gigametals.com/site/assets/files/4861/2018-03-19-hpal.pdf. [Akses 26 Desember 2025].
[23] Zhen-fang Zhang et al.2025.
"Nickel extraction from nickel laterites: Processes, resources, environment and cost". *China Geology* 8:187-213.
[24] Steven H. Emerman. 2024. "A letter to Callum Russel and Sophie Grig". March 14.
[25] Steven H. Emerman. 2023. "Evaluation of the Filtered Tailings Storage Facility in the Updated Proposal for the Savannah Lithium Barroso Mine, Northern Portugal." Report prepared at the request of Associações Unidos em Defesa de Covas do Barroso e Povo e Natureza do Barroso, Revised on April 13.
[26] Yayasan Tanah Merdeka (YTM). 2025. "Tentang Kecelakaan Kerja di Fasilitas Penyimpanan Limbah (Tailing) di PT Indonesia Morowali Industrial Park". *Pernyataan Pers*, 23 Maret.

[27] Ibid
[28] Geoengineer. 2025. "When Dams Fail: The Growing Crisis of Tailings Management". *Geoengineer*, May 2. Dapat diakses melalui: https://www.geoengineer.org/news/when-dams-fail-the-growing-crisis-of-tailings-management. [Akses 3 Januari 2026].
[29] Kementerian Hukum. 2025. *Profil Perusahaan PT Halmahera Persada Lygend AHU-0060835.AH.01.02. Tahun 2025*. Jakarta: Kementerian Hukum.
[30] Kementerian Hukum. 2025. *Profil Perusahaan PT Huayue Nickel Cobalt (AHU-AH.01.09-0183459).* Jakarta: Kementerian Hukum.
[31] Kementerian Hukum.2025. *Profil Perusahaan PT QMB New Energy Materials (AHU-AH.01.09-0101637)*. Jakarta: Kementerian Hukum.
[32] Kementerian Hukum.2025. Profil Perusahaan PT Obi Nickel Cobalt. AHU-AH.01.09-0302702. Jakarta: Kementerian Hukum.
[33] Kementerian Hukum. 2025. Profil Perusahaan PT Huafei Nickel Cobalt.AHU-AH.01.09-0303810. Jakarta: Kementerian Hukum.
[34] Kementerian Hukum.2025. *Profil Perusahaan PT ESG New Energy Material (AHU-AH.01.09-0342266).* Jakarta: Kementerian Hukum.
[35] Kementerian Hukum.2024. *Profil Perusahaan PT Meiming New Energy Material (AHU-AH.01.09-0277437)*. Jakarta: Kementerian Hukum.
[36] Kementerian Hukum. 2025. *Profil Perusahaan PT Green Eco Nickel (AHU-AH.01.09-0337608).* Jakarta: Kementerian Hukum.
[37] Nickel Industries. 2025. Annual Report 2024; James Thornhill. 2026."SpaceX supplier buys into $3.6b Nickel Industries project". *Finansial Review*, Januari 2. Dapat diakses melalui: https://www.afr.com/companies/mining/spacex-supplier-buys-into-3-6b-nickel-industries-project-20260102-p5nr6o. [Akses 3 Januari 2026].
[38] Kementerian Hukum. 2025. Profil Perusahaan PT Blue Sparking Energy. AHU-AH.01.09-0303559. Jakarta: Kementerian Hukum.
[39] Kementerian Hukum. 2024. Profil Perusahaan PT Kolaka Nickel Indonesia.AHU-AH.01.03-0224714. Jakarta: Kementerian Hukum.
[40] Kementerian Hukum.2025. *Profil Perusahaan PT Sulawesi Nickel Cobalt (AHU-AH.01.09-0218041)*. Jakarta: Kementerian Hukum.
[41] Kementerian Hukum. 2025. *Profil Perusahaan PT Bahudopi Nickel Smelting Indonesia (AHU-AH.01.03-0250846)*. Jakarta: Kementerian Hukum.
[42] Kementerian Hukum. 2024. Profil Perusahaan PT Huali Nickel Indonesia. AHU-AH.01.09-0254555. Jakarta: Kementerian Hukum.
[43] Lee Gyu-lee. 2025. "EcoPro to launch high-voltage mid-nickel cathodes production". *The Korea Times*, Nov 26. Dapat diakses melalui: https://www.koreatimes.co.kr/business/companies/20251126/ecopro-to-launch-high-voltage-mid-nickel-cathodes-production. [Akses 27 Desember 2025].
[44] PLN. 2025. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034*. Jakarta: PLN. Hlm, IV-1.
[45] Gem. "Sulawesi Mining Power Station." Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Sulawesi_Mining_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[46] Gem. "Sulawesi Labota Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Sulawesi_Labota_power_station. [Akses 26 Desember 2025]
[47] Irwandy Arif. 2022. *Era Baru Batubara Indonesia*. Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Hlm, 594-5.
[48] Anonim. 2024. "Melihat Langsung Hilirisasi Produk Nikel di Kawasan PT IMIP, Morowali". *Kumparan* 22 Januari. Dapat diakses melalui: https://kumparan.com/kumparanbisnis/melihat-langsung-hilirisasi-produk-nikel-di-kawasan-pt-imip-morowali-2215p7lIUoK/2. [Akses 26 Desember 2025].
[49] PLN. 2025. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034*. Jakarta: PLN.
[50] Gem. "Weda Bay Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Weda_Bay_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[51] Gem, "Weda Bay Power Station".
[52] GEM. "PT Halmahera Persada Lygend Nickel Smelter power station." Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/PT_Halmahera_Persada_Lygend_Nickel_Smelter_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[53] Gem. "Delong Nickel Phase I Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Delong_Nickel_Phase_I_power_station. [Akses 26 Desember 2025]; Gem. "Delong Nickel Phase II Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Delong_Nickel_Phase_II_power_station. [Akses 26 Desember 2025].

[54] Gem. "Delong Nickel Phase III Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Delong_Nickel_Phase_III_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[55] Gem. "PT IHIP Power Station". Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/PT_IHIP_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[56] Gem. "Wanxiang Nickel Indonesia Power Station." Dapat diakses melalui: https://www.gem.wiki/Wanxiang_Nickel_Indonesia_power_station. [Akses 26 Desember 2025].
[57] Lyle Trytten. 2024. Nickel Industry – Part 2 – Processing Nickel Laterites and Smelting. Dapat diakses melalui: https://nickelinstitute.org/en/blog/2024/august/nickel-industry-part-2-processing-nickel-laterites-and-smelting. [Akses 6 Januari 2026].
[58] Lyle Trytten.2025. "Nickel Industry-Part 3 Processing Nickel Laterite, High Pressure Acid Leaching.". Dapat diakses melalui: https://nickelinstitute.org/en/blog/2025/march/nickel-industry-part-3-processing-nickel-laterites-high-pressure-acid-leaching. [Akses 6 Januari 2026].
[59] IEA. 2022. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Dapat diakses melalui: https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf. [Akses 3 Januari 2026].
[60] R. Basuhi et al. 2024. "Clean energy demand must secure sustainable nickel supply". *Joule B*, 2960-2973.
[61] IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions.
[62] PT. QMB New Energy Materials.2024. *Environmental, Social, and Governance (ESG) Report (2023).* Dapat diakses melalui: https://www.gemindonesia.com/uploadfiles/2024/08/20240831111142137.pdf. [Akses 3 Januari 2026].
[63] Merdeka Battery Materials. 2024. *Sustainability Report of 2024*. Dapat diakses melalui: https://assets.merdekabattery.com/dist/documents/PT%20Merdeka%20Battery%20Materials%20Tbk%20-%20Sustainability%20Report%202024.pdf. [Akses 3 Januari 2026].
[64] Nickel Industries. 2024. Sustainability Report 2023. Dapat diakses melalui: https://nickelindustries.com/carbon/assets/0007e8/000006/NIC-2023-Sustainability-Report.pdf. [Akses 3 Januari 2026].
[65] PT Vale Indonesia. 2025. *Laporan Keberlanjutan 2024*. Dapat diakses melalui: https://vale.com/documents/d/guest/laporan-keberlanjutan-sustainability-report-pt-vale-indonesia-tbk-2024-bahasa. [Akses 3 Januari 2026].
[66] Anu Bhambhani. 2021."Chinese Steel Producer Wants Solar & Wind In Indonesia". Taiyang News March 15. Dapat diakses melalui: https://taiyangnews.info/business/chinese-steel-producer-wants-solar-wind-in-indonesia. [Akses 5 Januari 2026].
[67] Anonimous. 2025. "IMIP Dorong Transisi Energi Bersih, Sejumlah Tenant Terapkan Teknologi Rendah Emisi". Narasita, 20 Desember. Dapat diakses melalui: https://narasita.com/baca/imip-dorong-transisi-energi-bersih-sejumlah-tenant-terapkan-teknologi-rendah-emisi/. [Akses 28 Desember 2025].
[68] Tang Shihua. 2024. "China's Yonker Pens USD38 Million Solar Power Deal for Indonesian Steel Mill". *Yicai*, March 19. Dapat diakses melalui: https://www.yicaiglobal.com/news/chinas-yonker-secures-usd38-million-deal-to-build-operate-pv-facilities-for-steel-mill-in-indonesia. [Akses 6 Januari 2026].
[69] Klaster, Edisi No. 18. November 2024
[70] Bambang P. Jatmiko. 2025. IWIP Percepat Transisi Energi Lewat Proyek PLTS dan PLTB di Weda Bay. *Kompas*, 16 November. Dapat diakses melalui: https://lestari.kompas.com/read/2025/11/16/165924186/iwip-percepat-transisi-energi-lewat-proyek-plts-dan-pltb-di-weda-bay. [Akses 28 Desember 2025].
[71] Harita Nickel. 2025. Laporan Keberlanjutan 2024. Dapat diakses melalui: https://tbpnickel.com/files/sustainability_assets/Laporan%20Keberlanjutan%20Harita%20Nickel%202024.pdf. [Akses 5 Januari 2026].
[72] Huayou Cobalt. ND. *Company Profile: Indonesia Pomalaa Industry Park*. Huayou Cobalt; Huayou Cobalt. 2025. "Huayou Indonesia IPIP Park: Building a New Benchmark for Global Lithium Battery Industry and Jointly Creating A Green Future". Press Release, April 22. Dapat diakses melalui: https://www.huayou.com/en/news/press-release/310. [Akses 5 Januari 2026]
[73] Vale Indonesia. 2025. Press Release February 26. Dapat diakses melalui: https://vale.com/documents/d/guest/2025-2-26-pt-vale-indonesia-4q-2024-results-release-english#:~:text=The%20Morowali%20mining%20development%20project,investment%20of%20US$1.4%20billion. [Akses 6 Januari 2026].
[74] PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034.* Hlm, C-34.
[75] PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2034.*
[76] PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025-2024*.
[77] UNEP. 2022. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Dapat diakses melalui: https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf. [Akses 10 Januari 2026].

[78] European Union. 2024. Directive (EU) 2024/1760 of the European Parliament and the Council of 13 June 2024 on corporate sustainability due diligence and amending Directive (EU) 2019/1937 and Regulation (EU) 2023/2859. Dapat diakses melalui: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1760/oj. [Akses 10 Januari 2026].

[79] European Union. 2025. Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2022/2464 and (EU) 2024/1760 as regards the dates from which Member States are to apply certain corporate sustainability reporti ng and due diligence requirements. Dapat diakses melalui: https://commission.europa.eu/document/download/0affa9a8-2ac5-46a9-98f8-19205bf61eb5_en?filename=COM_2025_80_EN.pdf. [Akses 10 Januari 2026].