

IMIP dan Model Kawasan Industri Hilirisasi

Evolusi Industri Nikel Global dan Indonesia: Tinjauan Historis dan Pelajaran Kebijakan

Hanan Nugroho¹, Muhammad Al-Wafiy²^{1,2} Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/BappenasKorespondensi: nugrohohn@bappenas.go.id <https://doi.org/10.47266/bwp.v9i2.560> | halaman: 236 – 255

Abstrak

Makalah ini menganalisis transformasi struktural industri nikel global serta evolusi peran Indonesia di tengah percepatan transisi energi dan pertumbuhan pesat kendaraan listrik (*electric vehicles/ EVs*). Industri nikel pada awalnya didominasi oleh produksi berbasis bijih sulfida dan permintaan baja tahan karat di bawah kepemimpinan korporasi Barat. Namun, sejak awal abad ke-21, industri ini mengalami perubahan fundamental yang dipicu oleh pergeseran menuju pemanfaatan bijih laterit, inovasi teknologi seperti *Rotary Kiln-Electric Furnace* (RKEF) dan *High-Pressure Acid Leaching* (HPAL), serta lonjakan permintaan industri dari Tiongkok. Dalam konteks tersebut, nikel berkembang menjadi mineral kritis yang memegang peran sentral dalam rantai pasok baterai kendaraan listrik dan keamanan energi global.

Makalah ini berargumen bahwa kemunculan *Nickel Pig Iron* (NPI) di Tiongkok, yang dikombinasikan dengan integrasi vertikal dalam manufaktur baterai serta investasi berskala besar di Indonesia, telah membentuk suatu poros baru Indonesia–Tiongkok yang secara efektif menstrukturkan pasokan nikel global. Melalui kebijakan hilirisasi industri dan penerapan larangan ekspor bijih nikel sejak 2014 yang sepenuhnya diberlakukan pada 2020, Indonesia telah bertransformasi dari eksportir bijih mentah menjadi pusat pengolahan nikel terbesar di dunia.

Meskipun mengalami peningkatan pesat, berbagai tantangan struktural masih tampak, antara lain pada ketergantungan teknologi, sistem produksi yang intensif karbon, tekanan lingkungan dan sosial, keterbatasan nilai tambah domestik di luar tahap pemurnian, serta meningkatnya fragmentasi geopolitik dalam pasar mineral kritis. Dengan menggunakan kerangka ekonomi politik sumber daya yang bersifat historis-struktural, makalah ini berpendapat bahwa posisi jangka panjang Indonesia tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan sumber daya, tetapi juga oleh kemampuan melakukan peningkatan teknologi, integrasi yang lebih dalam dalam rantai nilai, serta navigasi strategis terhadap geopolitik mineral kritis.

Kata kunci: industri nikel; pengolahan laterit; hilirisasi industri; transisi energi; geopolitik mineral kritis; kendaraan listrik (EV)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. Pendahuluan

Nikel merupakan salah satu logam paling strategis dalam perkembangan dunia modern. Namun, selama lebih dari satu abad, logam ini berfungsi sebagai “logam yang kurang mendapat sorotan”—berperan di balik layar tanpa menarik perhatian sebesar emas, perak, atau tembaga. Pada dekade 2020-an, nikel memasuki fase baru yang dramatis: dari bahan paduan utama untuk baja tahan karat menjadi komponen krusial yang membentuk masa depan kendaraan listrik (electric vehicles/EV), baterai lithium-ion berkinerja tinggi, serta rantai pasok energi bersih global (IEA, 2023; USGS, 2024). Dalam konteks ini, industri nikel memperoleh relevansi baru dan ditempatkan di pusat perdebatan mengenai geopolitik mineral kritis, transisi energi, keamanan rantai pasok, serta strategi industrialisasi negara berkembang seperti Indonesia (World Bank, 2020; IEA, 2023).

Secara geologis, nikel relatif melimpah di kerak bumi dan tersebar di berbagai benua. Hal ini membedakannya dari mineral seperti kobalt atau unsur tanah jarang yang distribusinya lebih terkonsentrasi secara geografis (USGS, 2024). Penyebaran tersebut sempat menimbulkan asumsi bahwa nikel tidak akan menjadi logam dengan risiko geopolitik tinggi. Namun, asumsi tersebut berubah ketika pola konsumsi global mengalami transformasi struktural. Lonjakan permintaan baja tahan karat sejak 1990-an, diikuti oleh ekspansi industri *nickel pig iron* (NPI) di Tiongkok pada awal 2000-an, serta revolusi kendaraan listrik yang dimulai sekitar 2018, secara kolektif mengangkat nikel dari sekadar komoditas industri konvensional menjadi mineral kritis dalam arsitektur transisi energi global (World Bank, 2020; IEA, 2023).

Saat ini lebih dari 300.000 produk menggunakan nikel, termasuk ribuan jenis paduan logam. Namun demikian, penggunaan terbesar nikel tetap berada pada industri baja tahan karat, yang menyerap sekitar 65–70 persen dari konsumsi global setiap tahun (USGS, 2024; Nickel Institute, 2023). Fungsi klasik nikel dalam baja tahan karat adalah memberikan ketahanan terhadap korosi, kekuatan pada suhu tinggi, serta stabilitas struktural. Industri konstruksi, permesinan, kimia, pengolahan makanan dan minuman, perkapalan, serta transportasi massal sangat bergantung pada karakteristik tersebut. Sejak pengembangan baja tahan karat pada awal abad ke-20, nikel telah menjadi elemen vital dalam transformasi manufaktur modern (Nickel Institute, 2023).

Di luar baja tahan karat, penggunaan nikel juga berkembang secara signifikan ke berbagai sektor lain, termasuk *superalloy* untuk turbin gas dan mesin pesawat, pelapisan logam (*electroplating*), elektronik, katalis petrokimia, industri minyak dan gas, teknologi desalinasi, serta aplikasi militer. Dalam industri pertahanan dan kedirgantaraan, paduan berbasis nikel memungkinkan operasi mesin jet dan turbin bersuhu tinggi dengan efisiensi dan daya tahan yang tinggi (USGS, 2024). Dengan demikian, nikel bukan sekadar logam industri biasa; ia merupakan material fundamental bagi infrastruktur modern, sistem transportasi, kemampuan pertahanan, dan manufaktur berteknologi maju.

Memasuki dekade ini, narasi mengenai nikel mengalami perubahan mendasar. Nikel kini berada di persimpangan antara industri berat abad ke-20 dan sistem energi abad ke-21. Transformasinya dari logam paduan menjadi logam energi telah membentuk ulang struktur produksi global, teknologi pengolahan, tata kelola pasar, serta mekanisme pembentukan harga internasional (IEA, 2023).

Dari perspektif penggunaan akhir, sekitar 65 persen produksi nikel global diserap oleh industri baja tahan karat, sementara sisanya digunakan untuk baterai isi ulang (terutama kendaraan listrik), *superalloy*, pelapisan logam, serta berbagai paduan logam lainnya (USGS, 2024; Nickel Institute, 2023). Dari sisi konsumsi, Tiongkok merupakan pengguna nikel terbesar

di dunia, didorong oleh dominasi industri baja tahan karatnya serta ekspansi pesat rantai pasok baterai domestik (IEA, 2023). Indonesia juga muncul sebagai konsumen utama seiring dengan perkembangan cepat fasilitas peleburan (*smelting*) domestik dan industri hilir berbasis nikel (USGS, 2024). Uni Eropa menggunakan nikel secara luas dalam sektor manufaktur dan otomotif, sementara Jepang, Amerika Serikat, dan Korea Selatan lebih terkonsentrasi pada aplikasi teknologi tinggi dan baterai (IEA, 2023).

Tabel 1. Cadangan dan Produksi Bijih Nikel Dunia (2024)

Negara	Cadangan (juta ton)	Persentase	Negara	Produksi (ton)	Persentase
Dunia	130	(100)	Dunia	3.600.000	(100)
Indonesia	55	(42)	Indonesia	2.200.000	(61,3)
Australia	24	(18)	Filipina	330.000	(9,2)
Brasil	16	(12)	Rusia	210.000	(5,8)
Rusia	8,3	(6,2)	Kanada	125.000	(3,5)
Kaledonia Baru	7,1	(5,4)	Tiongkok	120.000	(3,3)

Sumber: USGS, Statista

Makalah ini menyajikan tinjauan historis dan analitis mengenai industri nikel global dan Indonesia guna menarik pelajaran dari sejarah itu serta merumuskan arah strategis ke depan. Setelah bagian pendahuluan ini, Bab 2 membahas sejarah dan evolusi industri nikel global. Bab 3 meninjau perkembangan teknologi produksi nikel—termasuk pengolahan laterit dan sulfida, HPAL, RKEF, serta daur ulang. Bab 4 menganalisis geopolitik nikel global dan peran dominan Tiongkok. Bab 5 membahas posisi Indonesia dalam industri nikel global, termasuk trajektori historis, kerangka kebijakan, strategi hilirisasi industri, serta berbagai tantangan struktural yang dihadapi. Bab 6 menutup dengan evaluasi prospek industri nikel Indonesia dan transformasi strategis yang diperlukan.

1.1. Transformasi Permintaan Global: Dari Baja Tahan Karat ke Baterai Kendaraan Listrik

Sejak sekitar 2017–2018, industri kendaraan listrik secara fundamental mengubah struktur permintaan nikel global. Jika sebelumnya penggunaan nikel didominasi oleh industri baja tahan karat, pergeseran menuju energi bersih telah mengangkat nikel menjadi mineral strategis bagi transisi energi global (IEA, 2023; World Bank, 2020).

Baterai lithium-ion berkapasitas tinggi—yang merupakan teknologi inti kendaraan listrik—memerlukan katoda berbasis nikel, khususnya dalam kimia NMC (Nickel-Manganes-Cobalt) dan NCA (Nickel-Cobalt-Aluminum) (BloombergNEF, 2023; IEA, 2023). Kimia baterai ini bergantung pada kandungan nikel yang tinggi karena proporsi nikel yang lebih besar dalam katoda meningkatkan kepadatan energi (*energy density*), sehingga memperpanjang jarak tempuh kendaraan serta meningkatkan efisiensi baterai (IEA, 2023). Dengan kata lain, teknologi baterai modern tidak sekadar menggunakan nikel, tetapi bergantung pada nikel berkualitas tinggi.

Perubahan teknologi ini mendorong transformasi struktural dalam konsumsi nikel global. Pada awal 2010-an, penggunaan nikel untuk baterai hanya menyumbang sekitar 3–4 persen dari total permintaan global. Namun, pada periode 2024–2025, kontribusi tersebut meningkat secara signifikan seiring percepatan adopsi kendaraan listrik di berbagai negara (IEA, 2023; BloombergNEF, 2023). Berbagai proyeksi menunjukkan bahwa pada tahun 2030, permintaan nikel untuk baterai dapat mencapai 25 hingga 40 persen dari total konsumsi global, tergantung pada skenario transisi energi yang digunakan (IEA, 2023; Wood Mackenzie, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa nikel tidak lagi sekadar komoditas pendukung, melainkan pilar utama

industri energi masa depan.

Selain peningkatan volume, terjadi pula perubahan signifikan dalam kualitas nikel yang dibutuhkan pasar. Industri baja tahan karat masih dapat menggunakan produk nikel berkadar rendah seperti nickel pig iron (NPI) atau feronikel. Sebaliknya, industri baterai memerlukan nikel berkadar tinggi (Class I nickel) atau nikel sulfat dengan tingkat kemurnian yang jauh lebih tinggi (USGS, 2024; IEA, 2023). Hal ini menciptakan tekanan ganda terhadap industri nikel global: tekanan kuantitatif akibat lonjakan permintaan, serta tekanan kualitatif karena standar kemurnian yang semakin ketat.

Bagi produsen laterit seperti Indonesia—yang sebelumnya bergantung pada ekspor bijih mentah atau produksi nikel antara—tetap bertahan dalam struktur lama tidak lagi memungkinkan. Transisi menuju produksi nikel berkualitas tinggi menjadi suatu keharusan jika Indonesia ingin terintegrasi dalam rantai pasok baterai kendaraan listrik global dan mempertahankan relevansi strategisnya di masa depan (World Bank, 2020; IEA, 2023).

1.2. Pergeseran Struktural: Dari Sulfida ke Laterit

Hingga awal 2000-an, pasar nikel global sebagian besar bertumpu pada deposit sulfida yang relatif lebih mudah diproses dan mampu menghasilkan nikel dengan kemurnian tinggi. Negara-negara seperti Kanada, Australia, dan Rusia berperan sebagai pusat produksi utama (USGS, 2024). Perusahaan-perusahaan besar seperti INCO, Falconbridge, dan Norilsk Nickel mendominasi industri melalui penguasaan teknologi pengolahan sulfida serta jaringan pemasaran global (Radetzki, 2009). Selama beberapa dekade, pasokan sulfida dianggap memadai dan struktur pasar relatif stabil.

Memasuki abad ke-21, lanskap nikel global mengalami perubahan drastis. Cadangan sulfida di berbagai wilayah dunia mulai menurun, sementara eksplorasi baru tidak sepenuhnya mampu menggantikan kapasitas produksi yang menurun (USGS, 2024). Pada saat yang sama, permintaan nikel meningkat tajam akibat industrialisasi pesat Tiongkok, terutama untuk produksi baja tahan karat (IEA, 2023). Ketidakseimbangan antara permintaan dan pasokan sulfida ini mengguncang fondasi industri nikel global.

Dalam konteks tersebut terjadi sebuah revolusi struktural: ketika deposit sulfida menurun, bijih laterit—yang sebelumnya dianggap sebagai sumber kelas kedua karena kadar yang lebih rendah dan proses pengolahan yang lebih kompleks—muncul sebagai sumber pasokan utama (Dalvi, Bacon, & Osborne, 2004). Negara-negara dengan cadangan laterit besar, terutama Indonesia dan Filipina, menjadi semakin strategis dalam rantai pasok global (USGS, 2024).

Transformasi ini dipercepat oleh terobosan teknologi di Tiongkok, khususnya pengembangan teknologi Rotary Kiln–Electric Furnace (RKEF) untuk mengolah bijih laterit berkadar rendah secara ekonomis menjadi nickel pig iron (NPI) (Li, Shi, & Yang, 2018). Inovasi ini memungkinkan produksi nikel dalam skala besar dengan biaya relatif rendah. NPI kemudian menjadi tulang punggung industri baja tahan karat Tiongkok dan menopang ekspansinya di pasar global (IEA, 2023).

Kemunculan NPI melalui teknologi RKEF bukan sekadar inovasi teknis, melainkan titik balik struktural. Pasar yang sebelumnya didominasi oleh produsen sulfida di negara maju bergeser menuju sumber daya laterit tropis dan terpusat pada industri pengolahan Tiongkok (IEA, 2023; USGS, 2024). Melalui kemampuannya memproduksi NPI secara massal dengan biaya kompetitif, Tiongkok memperoleh posisi dominan dalam rantai pasok nikel global—dominasi yang dampaknya masih terasa hingga saat ini, termasuk dalam proses hilirisasi industri nikel di Indonesia.

1.3. Geopolitik Baru Nikel Global

Selama dua dekade terakhir, nikel mengalami proses geopolitikasi yang cepat, berkembang dari sekadar komoditas primer menjadi instrumen geostrategis dalam transisi energi global (Farooki & Kaplinsky, 2014; IEA, 2023). Dominasi Tiongkok di sepanjang rantai nilai—mulai dari peleburan, produksi bahan antara, hingga teknologi baterai—menjadikan pasar global sangat bergantung pada satu pusat industri utama (IEA, 2023; BloombergNEF, 2023).

Ketegangan perdagangan dan teknologi antara Amerika Serikat dan Tiongkok semakin memperkuat peran nikel sebagai arena kompetisi strategis (White House, 2022). Uni Eropa merespons melalui berbagai kebijakan yang bertujuan mengamankan pasokan mineral kritis serta mengurangi ketergantungan eksternal (European Commission, 2023). Konsep seperti *friendshoring* dan diversifikasi rantai pasok menjadi elemen penting dalam strategi industri negara maju untuk mengurangi risiko geopolitik dalam pasokan mineral kritis (IEA, 2023).

Dalam dinamika tersebut, Indonesia muncul sebagai aktor sentral. Dengan cadangan dan produksi laterit terbesar di dunia, Indonesia menempati posisi yang tidak tergantikan dalam rantai pasok global (USGS, 2024). Sejak penerapan larangan ekspor bijih nikel pada tahun 2020, struktur industri berubah secara drastis menuju pengolahan domestik (World Bank, 2020). Investasi besar—terutama dari Tiongkok—di kawasan industri seperti Morowali dan Weda Bay mempercepat integrasi Indonesia ke dalam rantai nilai global (IEA, 2023).

Konfigurasi ini menempatkan Indonesia sebagai *gatekeeper* pasokan laterit, sementara Tiongkok berperan sebagai *gatekeeper* teknologi pengolahan dan manufaktur baterai (IEA, 2023). Bersama-sama, pengaturan ini menciptakan struktur duopolistik baru dalam tata kelola nikel global dan mendorong respons strategis dari Amerika Serikat, Jepang, dan Uni Eropa.

1.4. Indonesia: Dari Pemasok Bijih ke Pusat Hilirisasi Global

Selama beberapa dekade, Indonesia mengeksport bijih nikel mentah ke Jepang dan Tiongkok, sementara nilai tambah terbesar dihasilkan di luar negeri (World Bank, 2020). Namun, mulai tahun 2014 dan diperkuat secara permanen pada tahun 2020, pemerintah Indonesia menerapkan larangan ekspor bijih nikel guna mendorong pengembangan industri domestik (OECD, 2019).

Dampaknya sangat signifikan: investasi smelter meningkat pesat, kawasan industri besar berkembang dengan cepat, dan produksi NPI Indonesia melonjak hingga melampaui Tiongkok sebagai produsen terbesar di dunia (USGS, 2024). Selain itu, kapasitas High Pressure Acid Leaching (HPAL) juga berkembang pesat untuk memenuhi permintaan nikel sulfat bagi industri baterai (IEA, 2023).

Indonesia kini berada di garis depan industri nikel global—tidak lagi sekadar sebagai pemasok bahan mentah, tetapi sebagai pusat pengolahan hilir yang sangat dinamis. Namun, transformasi ini juga melahirkan tantangan baru: ketergantungan teknologi pada Tiongkok, tekanan lingkungan dan sosial di kawasan industri, kesenjangan nilai tambah antara tahap pemurnian dan manufaktur baterai, serta kebutuhan untuk mengembangkan industri midstream dan hilir secara lebih komprehensif (IEA, 2023; World Bank, 2020).

Seluruh dinamika tersebut tidak terlepas dari geopolitik nikel global yang semakin kompleks dan kompetitif.

II. Sejarah dan Evolusi Industri Nikel Global

Industri nikel global memiliki sejarah panjang yang ditandai oleh perubahan teknologi, siklus harga yang dramatis, pergeseran struktur permintaan, serta persaingan geopolitik antara negara produsen dan konsumen (Radetzki, 2009; Farooki & Kaplinsky, 2014). Berbeda dengan beberapa komoditas lain yang mengalami siklus relatif stabil, industri nikel sering kali mengalami diskontinuitas struktural—yaitu perubahan mendadak yang secara fundamental mengubah keseimbangan kekuatan dalam pasar global (Humphreys, 2015). Perkembangannya dapat dibagi ke dalam beberapa fase, yang masing-masing ditandai oleh perubahan dalam basis sumber daya, teknologi peleburan, struktur permintaan, dan konfigurasi geopolitik.

2.1. Fase Awal (Abad ke-19–1950-an): Era Sulfida dan Industri Berat

Penggunaan nikel secara industri berkembang pesat pada pertengahan abad ke-19 seiring kemajuan metalurgi modern dan kebutuhan militer negara-negara industri (USGS, 2024). Sejak awal, deposit sulfida menjadi sumber utama pasokan nikel global karena kandungan logamnya yang tinggi serta proses pengolahannya yang relatif lebih mudah dibandingkan dengan bijih laterit (Dalvi, Bacon, & Osborne, 2004).

Kanada (Sudbury), Rusia (Norilsk), dan Kaledonia Baru muncul sebagai pusat produksi utama (USGS, 2024). Pada periode ini, nikel memiliki signifikansi strategis dalam pembuatan baja tahan karat, kapal perang, peralatan teknik, serta industri maritim (Radetzki, 2009). Pengamanan pasokan nikel menjadi bagian dari agenda strategis kekuatan kolonial Eropa, terutama Inggris dan Prancis.

Hingga Perang Dunia II, industri ini menunjukkan struktur oligopolistik yang didominasi oleh perusahaan-perusahaan besar seperti INCO, Falconbridge, Eramet, dan Norilsk Nickel (Radetzki, 2009; Humphreys, 2015). Teknologi peleburan terkonsentrasi di negara-negara Barat, sementara produsen tropis seperti Indonesia dan Filipina hanya memainkan peran yang relatif kecil dalam rantai pasok global (USGS, 2024).

2.2. Fase Baja Tahan Karat (1960–1990): Ekspansi Industri di Barat dan Jepang

Revolusi baja tahan karat pada akhir 1950-an dan 1960-an mendorong lonjakan permintaan nikel global (Nickel Institute, 2023). Antara tahun 1960 dan 1990, konsumsi nikel meningkat lebih dari dua kali lipat, didorong oleh industrialisasi Jepang, ekspansi manufaktur di Eropa Barat, serta pertumbuhan industri kimia dan infrastruktur (Radetzki, 2009).

Struktur pasokan masih didominasi oleh deposit sulfida, meskipun kekhawatiran mengenai keterbatasan cadangan jangka panjang mulai muncul (Dalvi et al., 2004).

Pada periode ini, Indonesia mulai masuk dalam peta industri global melalui kegiatan eksplorasi besar di Sulawesi serta pengembangan fasilitas Soroako oleh PT Inco Indonesia (Humphreys, 2015). Meskipun demikian, kontribusi Indonesia terhadap produksi nikel global masih relatif terbatas (USGS, 2024).

2.3. Fase Globalisasi Komoditas (1990–2003): Integrasi Pasar Dunia

Dekade 1990-an ditandai oleh liberalisasi ekonomi global dan integrasi pasar komoditas internasional (Farooki & Kaplinsky, 2014). Harga nikel menjadi semakin volatil seiring meningkatnya keterkaitan pasar logam dunia dan pengaruh dinamika keuangan global (Humphreys, 2015).

Ekspor Rusia meningkat setelah reformasi ekonomi pasca-Soviet, sementara investasi pertambangan mulai bergeser ke kawasan Asia Tenggara (USGS, 2024). Jepang mengembangkan hubungan perdagangan jangka panjang dengan Indonesia dan Filipina sebagai

pemasok bijih laterit bagi industri baja tahan karatnya (Radetzki, 2009).

Pada sekitar tahun 2000, konsumsi nikel Tiongkok masih relatif kecil—sekitar 7–10 persen dari permintaan global (IEA, 2023). Namun, situasi ini berubah secara dramatis pada tahun-tahun berikutnya.

2.4. Revolusi Tiongkok dan NPI (2004–2014): Titik Balik Struktural

Awal 2000-an menandai fase paling disruptif dalam sejarah modern industri nikel. Industrialisasi pesat Tiongkok mendorong pertumbuhan luar biasa dalam permintaan baja tahan karat (Farooki & Kaplinsky, 2014). Pasokan sulfida tidak mampu mengimbangi lonjakan permintaan tersebut, sehingga harga nikel melonjak tajam dan sempat melampaui US\$50.000 per ton pada tahun 2007 (USGS, 2024; Humphreys, 2015).

Sebagai respons, Tiongkok secara strategis mengembangkan *Nickel Pig Iron* (NPI) menggunakan teknologi *Rotary Kiln–Electric Furnace* (RKEF) untuk mengolah bijih laterit berkadar rendah secara ekonomis (Li, Shi, & Yang, 2018). Inovasi ini secara fundamental mengubah struktur biaya dalam industri baja tahan karat dan menggeser dominasi pasar global.

Dampaknya bersifat struktural. Tiongkok tidak hanya menjadi konsumen terbesar, tetapi juga produsen utama NPI dan baja tahan karat dunia (IEA, 2023). Perusahaan-perusahaan Barat seperti INCO dan Falconbridge mengalami restrukturisasi besar, termasuk melalui akuisisi oleh Vale dan Xstrata (Humphreys, 2015).

Pada periode ini, Indonesia mengalami lonjakan ekspor bijih laterit ke Tiongkok. Ketergantungan perdagangan tersebut kemudian menjadi salah satu faktor yang mendorong munculnya kebijakan hilirisasi industri nikel di Indonesia (World Bank, 2020).

2.5. Fase Hilirisasi Indonesia (2014–2020): Mengubah Aturan Permainan

Ketergantungan Tiongkok terhadap bijih nikel Indonesia membuat pasar global sangat sensitif terhadap kebijakan domestik Indonesia (OECD, 2019). Ketika pemerintah Indonesia mengumumkan larangan ekspor bijih nikel pada tahun 2014 berdasarkan Undang-Undang Minerba 2009, harga nikel meningkat dan pasar global bereaksi cepat (USGS, 2024).

Meskipun implementasinya sempat dilonggarkan pada tahun 2017, sinyal kebijakan tersebut memicu gelombang investasi besar, terutama dari Tiongkok (World Bank, 2020). Kawasan industri seperti Morowali dan Weda Bay berkembang pesat sebagai pusat produksi NPI dan feronikel (IEA, 2023).

Ketika larangan ekspor sepenuhnya diberlakukan pada Januari 2020, Indonesia telah bertransformasi menjadi salah satu pusat pengolahan nikel hilir terbesar di dunia (USGS, 2024). Transformasi ini terjadi melalui kemitraan erat dengan investor Tiongkok, yang membentuk konfigurasi rantai nilai terintegrasi baru di Asia Tenggara (IEA, 2023).

2.6. Fase Transisi Energi dan Baterai EV (2020–2025): Permintaan Baru dan Kompetisi Global

Dekade 2020-an ditandai oleh lonjakan permintaan baterai kendaraan listrik serta penetapan nikel sebagai mineral kritis oleh berbagai pemerintah Barat (IEA, 2023; White House, 2022; European Commission, 2023).

Kompetisi teknologi antara *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) dan model hibrida RKEF–HPAL semakin intensif (IEA, 2023). Indonesia, Tiongkok, dan Filipina muncul sebagai tiga pilar utama pasokan laterit global (USGS, 2024).

Tiongkok menguasai porsi besar dari kapasitas pengolahan nikel global, termasuk produksi bahan prekursor dan baterai kendaraan listrik (IEA, 2023; BloombergNEF, 2023).

Amerika Serikat merespons melalui kebijakan *Inflation Reduction Act* (IRA), yang mensyaratkan asal mineral tertentu untuk memperoleh insentif kendaraan listrik (White House, 2022). Uni Eropa juga mengadopsi *Critical Raw Materials Act* untuk mengurangi ketergantungan strategis terhadap pasokan eksternal (European Commission, 2023).

Pada periode ini pula, isu keberlanjutan dan emisi karbon dari produksi nikel semakin mendapat perhatian internasional (IEA, 2023; World Bank, 2020).

Secara historis, transformasi industri nikel menunjukkan pergeseran bertahap dalam pusat-pusat kekuatan global: dari dominasi korporasi Barat pada era sulfida, menuju kebangkitan Jepang dalam fase baja tahan karat, kemudian revolusi NPI yang dipimpin Tiongkok, dan kini menuju poros strategis Indonesia–Tiongkok dalam era baterai kendaraan listrik (Farooki & Kaplinsky, 2014; IEA, 2023).

Dengan demikian, sejarah industri nikel tidak hanya mencerminkan evolusi teknologi dan dinamika pasar, tetapi juga merefleksikan persaingan geopolitik global dalam memperebutkan mineral strategis pada abad ke-21.

III. Evolusi Teknologi Produksi Nikel: Laterit, Sulfida, HPAL, RKEF, dan Daur Ulang

Pada dasarnya, industri nikel global merupakan kisah tentang perkembangan teknologi. Peningkatan permintaan nikel—baik untuk baja tahan karat maupun kendaraan listrik—selalu berjalan seiring dengan perubahan dalam cara logam ini diekstraksi dari bumi (USGS, 2024; IEA, 2023). Dua jenis utama bijih nikel—sulfida dan laterit—telah melahirkan dua jalur teknologi yang berbeda, masing-masing dengan logika produksi, struktur biaya, serta jejak ekologis yang berbeda pula (Mudd, 2010; Norgate & Jahanshahi, 2011).

Secara historis, dominasi bijih sulfida memungkinkan produksi nikel yang relatif murah dan efisien, terutama melalui jalur pirometalurgi konvensional (Dalvi et al., 2004). Namun, memasuki abad ke-21, ketika cadangan sulfida berkadar tinggi mulai menurun, industri global secara bertahap beralih ke bijih laterit (Mudd, 2010; USGS, 2024). Pergeseran ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga geopolitik: pusat produksi berpindah dari Kanada, Rusia, dan Australia—yang selama ini menjadi produsen sulfida utama—ke Indonesia, Filipina, dan beberapa wilayah di Amerika Latin yang kaya akan deposit laterit (Humphreys, 2015; USGS, 2024).

Perubahan ini mendorong pengembangan teknologi pengolahan baru—terutama *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) dan *Rotary Kiln–Electric Furnace* (RKEF)—yang memungkinkan bijih laterit diolah menjadi produk bernilai tinggi seperti *mixed hydroxide precipitate* (MHP), nikel sulfat, dan *nickel pig iron* (NPI) (Crundwell et al., 2011; Li et al., 2019). Indonesia, yang memiliki cadangan laterit melimpah, kemudian berkembang menjadi laboratorium berskala besar bagi penerapan kedua teknologi tersebut (IEA, 2023; World Bank, 2020). Namun, keberhasilan ini juga disertai berbagai konsekuensi, seperti konsumsi energi yang tinggi, emisi yang besar, pengelolaan limbah slurry yang kompleks, serta meningkatnya perhatian publik terkait deforestasi dan dampak sosial (Norgate & Jahanshahi, 2011; World Bank, 2020).

Dalam menganalisis industri nikel modern, perbedaan antara bijih sulfida dan laterit merupakan dasar analitis yang penting. Bijih sulfida, yang selama lebih dari satu abad menjadi tulang punggung produksi nikel global, terutama terkonsentrasi di Kanada, Rusia, dan Australia (Dalvi et al., 2004). Dengan kandungan nikel yang relatif tinggi serta jalur pemurnian

pirometalurgi yang telah mapan, bijih ini mampu menghasilkan nikel kelas I (*Class I nickel*) dengan kemurnian tinggi dan biaya produksi yang relatif kompetitif (Mudd, 2010). Namun, cadangannya semakin menurun; eksplorasi baru sering kali menghadapi deposit yang lebih dalam, biaya yang lebih tinggi, serta kualitas bijih yang semakin menurun (USGS, 2024).

Sebaliknya, bijih laterit—yang tersebar luas di Indonesia, Filipina, Papua Nugini, Kaledonia Baru, dan Madagaskar—memiliki kadar nikel yang lebih rendah dan memerlukan proses pengolahan yang lebih kompleks (Dalvi et al., 2004; Crundwell et al., 2011). Secara umum, laterit dibagi menjadi dua jenis utama: limonit, yang cocok diolah melalui proses HPAL, dan saprolit, yang biasanya diproses menggunakan teknologi RKEF (Li et al., 2019). Skala cadangan laterit yang sangat besar menjadikan transisi teknologi menuju pengolahan laterit sebagai suatu keniscayaan struktural bagi industri nikel global (IEA, 2023).

Sepanjang abad ke-20, ketika cadangan sulfida masih melimpah, produksi nikel global sebagian besar mengandalkan proses pirometalurgi tradisional, seperti model Sudbury di Kanada (Dalvi et al., 2004). Teknologi ini menghasilkan nikel olahan yang digunakan untuk baja tahan karat dan *superalloy* (USGS, 2024). Namun, kelangkaan deposit sulfida yang semakin meningkat pada awal 2000-an mendorong industri untuk beralih ke produksi berbasis laterit (Mudd, 2010).

Keterbatasan pasokan sulfida membuka jalan bagi berkembangnya teknologi pengolahan laterit. Dua proses utama kemudian mendominasi: HPAL dan RKEF. HPAL merupakan terobosan hidrometalurgi yang mengekstraksi nikel dari bijih limonit melalui proses pelindian asam pada suhu dan tekanan tinggi (Crundwell et al., 2011). Proses ini menghasilkan MHP dan nikel sulfat—bahan baku utama untuk baterai kendaraan listrik (IEA, 2023). Namun, proyek-proyek HPAL awal di Kaledonia Baru, Madagaskar, dan Papua Nugini mengalami berbagai kendala, termasuk pembengkakan biaya dan kesulitan teknis (Mudd, 2010; Humphreys, 2015).

Perubahan besar terjadi ketika perusahaan-perusahaan Tiongkok berhasil mengimplementasikan proyek HPAL di Indonesia melalui investasi berskala besar dan integrasi rantai pasok secara vertikal (IEA, 2023; World Bank, 2020). Pada periode 2020–2025, Indonesia berkembang menjadi pusat ekspansi HPAL global (IEA, 2023).

Sementara itu, teknologi RKEF berkembang menjadi tulang punggung produksi NPI untuk industri baja tahan karat Tiongkok (Li et al., 2019). Proses ini memungkinkan konversi bijih saprolit menjadi NPI atau feronikel secara efisien dan stabil (Dalvi et al., 2004). Integrasi industri antara Indonesia dan Tiongkok kemudian menghasilkan kluster produksi RKEF terbesar di dunia (IEA, 2023).

Titik balik penting terjadi pada tahun 2021 ketika perusahaan Tsingshan berhasil mengonversi NPI menjadi *nickel matte*, sehingga membuka jalur baru untuk memasok nikel berkualitas baterai dari sumber laterit (Bloomberg, 2021; IEA, 2023). Inovasi ini meningkatkan fleksibilitas pasokan global sekaligus berkontribusi pada volatilitas harga di London Metal Exchange (LME) (IEA, 2023).

Transformasi teknologi dalam sektor nikel Indonesia menunjukkan interaksi simultan antara kondisi geologi, kebijakan domestik—terutama larangan ekspor bijih nikel pada 2020—serta strategi industri Tiongkok (World Bank, 2020; IEA, 2023). Dalam proses tersebut, Indonesia bertransformasi dari eksportir bijih menjadi pusat pemurnian nikel global.

Di sisi lain, teknologi daur ulang mulai muncul sebagai jalur pasokan masa depan (Gaines, 2014; Harper et al., 2019). Proses daur ulang berbasis hidrometalurgi dapat mencapai tingkat pemulihan yang tinggi dan menghasilkan nikel sulfat berkualitas baterai (Harper et al., 2019). Namun, volume limbah baterai kendaraan listrik yang telah mencapai akhir masa pakai masih

relatif terbatas, sehingga daur ulang diperkirakan baru akan menjadi sumber pasokan yang signifikan setelah tahun 2035 (IEA, 2023).

Dari perspektif teknoekonomi, pengolahan bijih sulfida memiliki kebutuhan investasi dan biaya operasi yang relatif lebih rendah, tetapi menghadapi keterbatasan sumber daya (Mudd, 2010). Teknologi RKEF cocok untuk produksi NPI dalam skala besar, sedangkan HPAL memiliki biaya yang lebih tinggi tetapi sangat strategis bagi rantai pasok baterai kendaraan listrik (Crundwell et al., 2011; IEA, 2023).

Konsekuensi lingkungan menjadi tantangan besar dalam industri ini. Konsumsi energi yang tinggi serta ketergantungan pada pembangkit listrik berbasis batu bara meningkatkan intensitas karbon produksi nikel berbasis laterit (Norgate & Jahanshahi, 2011; World Bank, 2020). Selain itu, pengelolaan tailing HPAL serta isu deforestasi semakin memperkuat sorotan global terhadap aspek ESG (*environmental, social, and governance*) dalam industri nikel Indonesia (World Bank, 2020).

Pada akhirnya, evolusi teknologi nikel mencerminkan interaksi erat antara kimia, rekayasa proses, dan geopolitik mineral kritis (IEA, 2023). Dalam transformasi ini, Indonesia kini berada di pusat dinamika industri nikel global.

IV. Geopolitik Nikel Global dan Peran Dominan Tiongkok

Industri nikel global telah berevolusi dari sekadar pasar komoditas konvensional menjadi arena geopolitik tingkat tinggi. Transisi energi global—khususnya elektrifikasi kendaraan—telah mengubah nikel dari sekadar bahan baku baja tahan karat menjadi fondasi strategis bagi teknologi baterai lithium-ion (IEA, 2023; World Bank, 2020). Seiring negara-negara berlomba mengamankan rantai pasok energi bersih, nikel menjadi komoditas penentu yang membentuk masa depan industri otomotif global (Farrell & Newman, 2019).

Dalam lanskap ini, Tiongkok muncul sebagai aktor paling dominan—bukan hanya karena kapasitas teknologi dan produksinya, tetapi juga karena strategi diplomasi industri dan mineral yang terintegrasi secara sistematis (Kennedy, 2015; IEA, 2023). Melalui apa yang sering disebut sebagai strategi *whole-of-nation*, Tiongkok membangun ekosistem rantai pasok nikel paling komprehensif di dunia—mulai dari smelter RKEF dan fasilitas HPAL, konversi matte, produksi nikel sulfat, manufaktur baterai, hingga perakitan kendaraan listrik (IEA, 2023; CSIS, 2022). Dalam strategi ini, Indonesia menempati posisi yang sangat sentral.

Sebelum tahun 2015, rantai pasok nikel relatif sederhana: produsen bijih seperti Indonesia, Filipina, Kanada, dan Rusia memasok industri baja tahan karat di Tiongkok, Jepang, dan Eropa (USGS, 2024). Namun, kebangkitan kendaraan listrik secara fundamental mengubah karakter logam ini. Kimia baterai berbasis nikel seperti NMC dan NCA memerlukan nikel berkadar tinggi, dan proyeksi menunjukkan bahwa permintaan mineral baterai dapat meningkat dua hingga tiga kali lipat pada tahun 2030 (IEA, 2023). Meskipun baterai LFP berkembang pesat, segmen kendaraan jarak jauh dan premium masih bergantung pada kimia baterai berbasis nikel (BloombergNEF, 2023).

Dalam konteks ini, kekhawatiran negara-negara Barat terhadap dominasi Tiongkok dalam rantai pasok baterai dan kontrol atas mineral kritis semakin meningkat (White House, 2022; European Commission, 2023). Geopolitik nikel pun berkembang menjadi isu keamanan pasokan (*supply security*) (Farrell & Newman, 2019).

Dominasi Tiongkok dibangun melalui integrasi vertikal dan diplomasi mineral yang agresif. Tiongkok memiliki industri baja tahan karat terbesar di dunia dan teknologi NPI berbasis

RKEF berkembang pesat sejak awal tahun 2000-an (Li et al., 2019). Dalam sektor baterai, perusahaan-perusahaan Tiongkok menguasai lebih dari 70 persen kapasitas pemrosesan kimia baterai dan produksi sel baterai global (IEA, 2023). Dominasi ini diperkuat melalui ekspansi luar negeri dalam kerangka Belt and Road Initiative (BRI), yang mengamankan akses jangka panjang terhadap sumber daya nikel dan kobalt di Indonesia, Filipina, Afrika, dan kawasan Pasifik (Hillman, 2020; World Bank, 2020).

Di antara para aktor industri, Tsingshan Holding Group merupakan perusahaan yang paling transformatif. Perusahaan ini menekan harga nikel global melalui produksi NPI berbasis RKEF dalam skala besar, yang memicu restrukturisasi di kalangan produsen sulfida Barat (Humphreys, 2015). Pada tahun 2021, Tsingshan mengumumkan konversi NPI menjadi nikel matte untuk pasar baterai, yang mengguncang pasar global dan berkontribusi pada volatilitas harga di London Metal Exchange (Bloomberg, 2021; IEA, 2023).

Keberhasilan Tiongkok sering dijelaskan melalui model nation–industry complex yang ditandai oleh sinergi antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, bank milik negara, perusahaan negara, dan perusahaan swasta (Kennedy, 2015). Pembiayaan preferensial serta strategi bertahap—dari baja tahan karat menuju baterai dan kendaraan listrik—telah menciptakan ekosistem industri paling terintegrasi secara global (CSIS, 2022).

Posisi Indonesia dalam geopolitik nikel global dengan demikian menjadi sangat strategis. Dengan cadangan laterit terbesar di dunia serta kebijakan larangan ekspor bijih sejak tahun 2020, Indonesia telah mengubah dinamika pasokan global (USGS, 2024). Meskipun kebijakan ini mendorong industrialisasi domestik, kebijakan tersebut juga menghasilkan dominasi signifikan perusahaan Tiongkok dalam kapasitas peleburan di Indonesia (World Bank, 2020; IEA, 2023). Uni Eropa menggugat kebijakan ini di WTO, mencerminkan meningkatnya ketegangan geopolitik terkait mineral kritis (European Commission, 2023).

Melalui Inflation Reduction Act (IRA) tahun 2022, Amerika Serikat berupaya membangun rantai pasok mineral kritis yang independen dari Tiongkok (White House, 2022). Namun, Indonesia bukan mitra perjanjian perdagangan bebas Amerika Serikat, sehingga produk nikel Indonesia memiliki keterbatasan dalam memenuhi syarat insentif pajak kendaraan listrik (CSIS, 2022). Uni Eropa mengadopsi instrumen regulasi seperti Critical Raw Materials Act (CRMA) dan Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), yang memberikan tekanan pada produk dengan intensitas karbon tinggi (European Commission, 2023).

Di Asia Timur, Jepang dan Korea Selatan menghadapi dilema strategis. Jepang sebelumnya memainkan peran dominan dalam rantai pasok nikel melalui INCO dan investasi di Kaledonia Baru (Humphreys, 2015), namun posisi ini melemah seiring ekspansi Tiongkok. Jepang dan Korea Selatan kini menempuh strategi hedging—mempertahankan kerja sama dengan Indonesia dan Tiongkok sekaligus memperkuat koordinasi dengan Amerika Serikat (Farrell & Newman, 2019).

Di kawasan ASEAN, Indonesia dan Filipina merepresentasikan dua model yang berbeda: industrialisasi hilir versus ekspor bijih mentah yang berkelanjutan (World Bank, 2020). Gagasan mengenai potensi “OPEC nikel” kadang muncul dalam diskursus kebijakan, namun struktur pasar global—di mana Tiongkok berfungsi sebagai pembeli dan pemroses utama—membuat koordinasi kartel semacam itu sulit diwujudkan (Humphreys, 2015).

Larangan ekspor bijih Indonesia tahun 2020 menunjukkan bagaimana mineral dapat berfungsi sebagai instrumen pengaruh geopolitik (World Bank, 2020). Sementara itu, Amerika Serikat membentuk Mineral Security Partnership untuk mengamankan rantai pasok di luar pengaruh Tiongkok (White House, 2022), dan Uni Eropa menggunakan standar lingkungan

sebagai instrumen pengaruh pasar (European Commission, 2023).

Ke depan, tiga skenario geopolitik berpotensi membentuk industri nikel global:

1. Dominasi Tiongkok yang berlanjut dalam rantai pasok baterai (IEA, 2023).
2. Fragmentasi akibat ketegangan Amerika Serikat–Tiongkok yang memecah rantai pasok global (Farrell & Newman, 2019).
3. Penyeimbangan kembali melalui peningkatan daur ulang dan penguatan produksi sulfida di negara-negara Barat (IEA, 2023).

Pada akhirnya, nikel telah menjadi simbol kompetisi kekuatan global di era transisi energi, dengan Indonesia berada di pusat transformasi tersebut.

V. Indonesia dalam Industri Nikel Global

Indonesia saat ini merupakan produsen nikel terbesar di dunia (USGS, 2024). Perjalanan sektor ini panjang dan kompleks: mulai dari ekstraksi pada masa kolonial, masuknya International Nickel Company (INCO) pada periode Orde Baru, liberalisasi pasca-1998, hingga kebijakan industrialisasi hilir yang diterapkan setelah tahun 2014 (Robison & Hadiz, 2004; World Bank, 2020).

5.1. Perkembangan Historis Awal

Wilayah Luwu di Sulawesi telah dikenal sebagai penghasil “besi Luwu” sejak abad ke-13 (Pelras, 1996). Pada tahun 1968, INCO—yang kini beroperasi sebagai PT Vale Indonesia—memasuki Indonesia dan memulai produksi komersial di Soroako pada tahun 1978, menghasilkan nikel matte yang sebagian besar diekspor (Humphreys, 2015). Model ekstraktif ini, yang berpusat pada pertambangan hulu dan ekspor produk setengah jadi, berlangsung selama lebih dari tiga dekade.

5.2 Revolusi Hilirisasi, 2014–2024

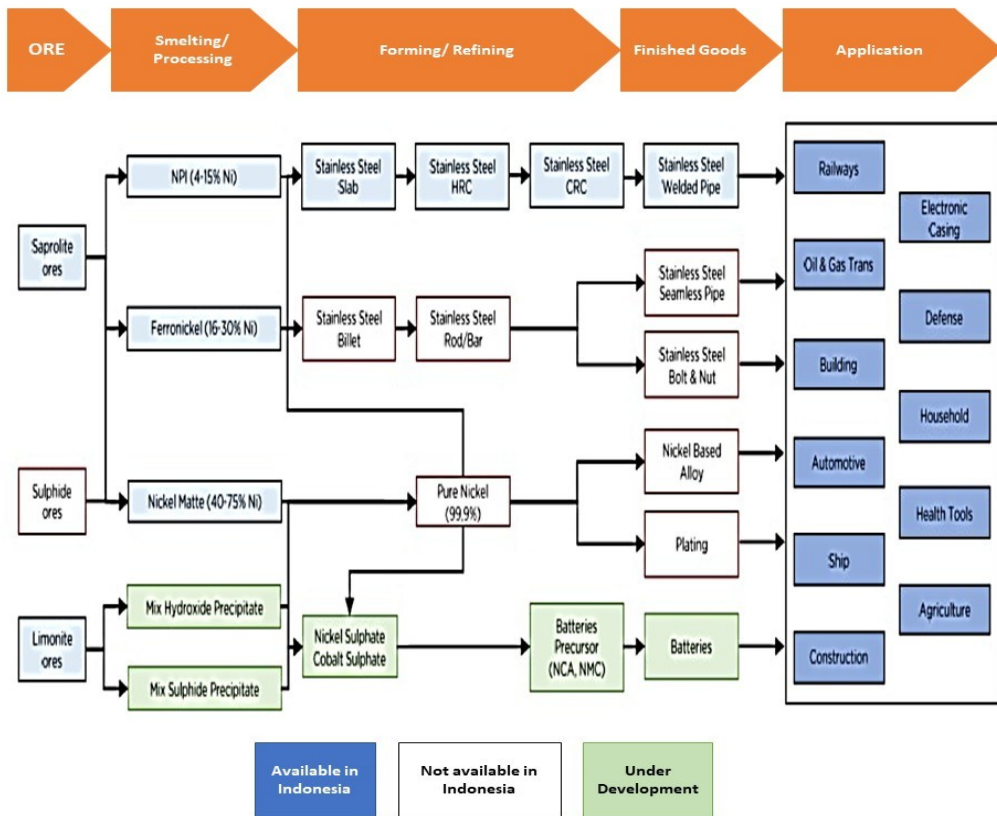
Larangan ekspor bijih nikel yang diamanatkan melalui revisi Undang-Undang Minerba dan diterapkan secara penuh pada tahun 2020 menjadi titik balik penting dalam tata kelola sumber daya Indonesia (World Bank, 2020). Uni Eropa kemudian menggugat kebijakan tersebut di WTO (European Commission, 2023). Namun demikian, larangan ekspor ini berhasil menarik investasi asing dalam skala besar dan mendorong pembangunan puluhan smelter RKEF dan HPAL (IEA, 2023).

Kawasan industri seperti Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) dan Indonesia Weda Bay Industrial Park (IWIP) berkembang menjadi klaster terintegrasi tambang–smelter–kilang, yang memperkuat posisi Indonesia sebagai pusat pengolahan nikel global (World Bank, 2020).

5.3 Evolusi Teknologi

Transisi teknologi dari RKEF menuju HPAL memungkinkan Indonesia memproduksi mixed hydroxide precipitate (MHP) serta berbagai bahan, antara lain berkualitas baterai (IEA, 2023). Hampir seluruh proyek HPAL besar melibatkan perusahaan Tiongkok, yang menegaskan integrasi Indonesia dalam strategi rantai pasok baterai global Tiongkok (CSIS, 2022).

Namun, untuk melangkah lebih jauh ke hilir—menuju produksi precursor cathode active material (pCAM), cathode active material (CAM), dan sel baterai—Indonesia memerlukan kemampuan teknologi serta investasi modal yang jauh lebih besar (IEA, 2023).



Gambar 1. Rantai pasok nikel Indonesia

Sumber: Munikhah (2021), Suhirman (2018)

5.4 Dampak Makroekonomi: Pertumbuhan, Investasi, dan Ketimpangan

Selama satu dekade terakhir, kebijakan hilirisasi nikel telah mentransformasi struktur ekonomi Indonesia serta memperluas perannya dalam perdagangan internasional mineral strategis (World Bank, 2020; IMF, 2023). Melalui penerapan larangan ekspor bijih dan percepatan pembangunan smelter, Indonesia telah beralih dari pemasok bahan mentah menjadi pengeksport produk antara dan bahan baku terkait baterai (OECD, 2023). Restrukturisasi ekspor ini secara signifikan meningkatkan nilai ekspor berbasis nikel dalam beberapa tahun terakhir (USGS, 2024). Produk-produk seperti nikel pig iron (NPI), feronikel, baja tahan karat, serta mixed hydroxide precipitate (MHP) kini memasuki pasar utama seperti Tiongkok, Korea Selatan, Jepang, dan Uni Eropa (IEA, 2023).

Lonjakan ekspor baja tahan karat telah menempatkan Indonesia sebagai salah satu eksportir utama di Asia, sementara ekspor NPI menjadi komponen penting dalam rantai pasok global industri baja tahan karat (World Bank, 2020). Peningkatan volume dan nilai ekspor ini turut berkontribusi terhadap penerimaan negara melalui royalti, penerimaan negara bukan pajak (PNBP) dari sektor pertambangan, bea keluar, serta pajak korporasi (IMF, 2023).

Manfaat ekonomi tersebut menyebar ke berbagai lapisan perekonomian. Industri peleburan telah menciptakan puluhan ribu lapangan kerja langsung maupun tidak langsung, sekaligus mendorong pertumbuhan sektor logistik dan jasa pendukung lainnya (OECD, 2023).

Pertumbuhan ekonomi di provinsi-provinsi seperti Sulawesi Tengah dan Maluku Utara meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir—melampaui rata-rata nasional—yang terutama didorong oleh ekspansi industri pengolahan logam (BPS, 2023). Wilayah seperti Morowali dan Weda Bay telah berkembang menjadi pusat ekonomi baru yang ditandai oleh infrastruktur industri terintegrasi (World Bank, 2020).

Namun demikian, keberhasilan ini juga memunculkan tantangan struktural. Ketergantungan terhadap investasi dan tenaga teknis dari Tiongkok masih cukup besar, terutama pada tahap awal operasional smelter dan fasilitas HPAL (IEA, 2023). Selain itu, ketergantungan kawasan industri terhadap pembangkit listrik berbahan bakar batu bara menimbulkan kritik terkait intensitas karbon produk nikel Indonesia (IEA, 2023; Climate Action Tracker, 2022).

Konsentrasi ekonomi di dalam kawasan industri juga berkontribusi pada ketimpangan spasial. Literatur ekonomi sumber daya menunjukkan bahwa industrialisasi berbasis enklaf dapat menghasilkan pertumbuhan tinggi di pusat produksi tanpa selalu menghasilkan pembangunan regional yang merata (Auty, 2001; World Bank, 2020). Desa-desa yang berada di sekitar kawasan industri sering kali tetap menghadapi keterbatasan akses terhadap layanan dasar meskipun berada di wilayah dengan pertumbuhan ekonomi tinggi.

Fenomena boom town—yang ditandai oleh arus masuk penduduk secara cepat, kenaikan harga tanah, serta tekanan terhadap layanan publik—telah banyak didokumentasikan dalam literatur ekonomi pertambangan (Freudenburg, 1986; OECD, 2023). Tantangan perencanaan kota, kemacetan, dan transformasi sosial yang cepat menjadi bagian integral dari dinamika ini.

Dengan demikian, strategi hilirisasi nikel Indonesia berada pada titik persimpangan: strategi ini menawarkan peluang industrialisasi yang besar, namun memerlukan kerangka tata kelola yang lebih matang agar manfaat ekonomi dapat berkelanjutan dan inklusif (World Bank, 2020; IMF, 2023).

5.5 Biaya Lingkungan dan Sosial: Harga dari Industrialisasi yang Cepat

Ekspansi pertambangan laterit di Sulawesi dan Maluku Utara berkaitan dengan peningkatan deforestasi dan degradasi lahan (Global Forest Watch, 2023; World Bank, 2020). Penambangan terbuka (open-pit mining) pada bijih laterit meningkatkan risiko sedimentasi sungai dan erosi tanah, khususnya di wilayah dengan topografi curam dan curah hujan tinggi (OECD, 2023).

Pada tahap pengolahan, teknologi RKEF memiliki intensitas energi yang sangat tinggi. Ketergantungan pada pembangkit listrik tenaga batu bara menyebabkan intensitas karbon produksi nikel Indonesia relatif tinggi dibandingkan dengan produsen yang menggunakan sumber energi dengan emisi karbon lebih rendah (IEA, 2023). Hal ini menjadi tantangan serius mengingat penerapan Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) oleh Uni Eropa serta meningkatnya standar rantai pasok rendah karbon di pasar Barat (European Commission, 2023).

Dari perspektif sosial, konflik lahan dan distribusi manfaat yang tidak merata sering menyertai ekspansi pertambangan yang cepat (Bebbington et al., 2018). Kesenjangan upah serta isu keselamatan kerja di sektor pengolahan logam berat juga mendapat perhatian dalam literatur keselamatan industri (ILO, 2022).

Pada tingkat fiskal daerah, literatur tata kelola sumber daya menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan tidak secara otomatis menghasilkan peningkatan kualitas layanan publik tanpa institusi tata kelola yang transparan dan akuntabel (Auty, 2001; World Bank, 2020).

Risiko jangka panjang juga berkaitan dengan perkembangan teknologi baterai global. Pengembangan baterai lithium iron phosphate (LFP) dan baterai natrium-ion—yang tidak

memerlukan nikel—berpotensi menurunkan permintaan jangka panjang terhadap jenis nikel tertentu (IEA, 2023; BloombergNEF, 2023). Tanpa diversifikasi, sebagian fasilitas industri berisiko menjadi stranded assets (Caldecott, 2018).

Dengan demikian, keberlanjutan industri nikel Indonesia sangat bergantung pada integrasi kebijakan lingkungan, tata kelola sosial, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan teknologi global (OECD, 2023).

5.6 Posisi Geopolitik: Peran Tiongkok antara Penentu dan Kerentanan

Strategi hilirisasi nikel Indonesia tidak dapat dipisahkan dari strategi geoekonomi Tiongkok yang lebih luas (Hillman, 2020). Melalui investasi besar dalam fasilitas RKEF dan HPAL, perusahaan-perusahaan Tiongkok telah membangun kluster industri terintegrasi di berbagai wilayah Indonesia (IEA, 2023).

Ketika Indonesia memperketat larangan ekspor bijih pada tahun 2020, perusahaan-perusahaan Tiongkok merespons dengan merelokasi rantai pasok dan memperluas investasi dalam skala besar (World Bank, 2020). Dinamika ini mencerminkan konsep yang dalam literatur disebut sebagai weaponized interdependence, yaitu kondisi ketika penguasaan terhadap simpul-simpul kritis dalam rantai pasok global menjadi sumber pengaruh strategis (Farrell & Newman, 2019).

Namun, dominasi perusahaan Tiongkok dalam kepemilikan smelter dan kilang menciptakan asimetri struktural (CSIS, 2022). Indonesia memiliki keunggulan kuat dalam hal cadangan dan kapasitas produksi (USGS, 2024), tetapi masih kurang dominan dalam teknologi pengolahan lanjutan dan manufaktur baterai (IEA, 2023).

Tekanan dari Amerika Serikat dan Uni Eropa—melalui Inflation Reduction Act (IRA) dan Critical Raw Materials Act (CRMA)—semakin memperumit posisi strategis Indonesia (White House, 2022; European Commission, 2023). Dengan demikian, Indonesia menempati posisi ganda: berpotensi menjadi kingmaker karena cadangan sumber dayanya yang sangat besar, tetapi sekaligus rentan karena ketergantungan terhadap teknologi asing dan pasar ekspor.

5.7 Masa Depan Hilirisasi: Empat Jalur Transformasi

Tahap pertama hilirisasi—pembangunan fasilitas RKEF dan HPAL—telah secara signifikan meningkatkan kapasitas pemurnian domestik (IEA, 2023). Namun, segmen dengan nilai tambah tertinggi berada pada bahan kimia baterai tingkat lanjut dan manufaktur kendaraan listrik (BloombergNEF, 2023).

Dekarbonisasi kini menjadi prasyarat penting untuk mempertahankan akses ke pasar ekspor premium (European Commission, 2023). Intensitas karbon yang tinggi berpotensi melemahkan daya saing ekspor Indonesia di bawah mekanisme CBAM.

Penguatan perusahaan nasional dan kapasitas riset juga akan menjadi kunci untuk menghindari middle value-added trap dalam industri berbasis sumber daya (Auty, 2001; OECD, 2023).

Akhirnya, diversifikasi industri—termasuk hilirisasi baja tahan karat, rekayasa material maju, dan industri kimia khusus—akan menentukan ketahanan jangka panjang Indonesia dalam menghadapi perubahan teknologi baterai global (IEA, 2023).

VI. Masa Depan Industri Nikel Indonesia dan Transformasi Strategis

Selama satu dekade terakhir, Indonesia telah mengalami transformasi yang mendalam sehingga menempatkannya pada posisi yang unik dalam lanskap nikel global (World Bank, 2020;

USGS, 2024). Indonesia tidak lagi bergantung pada ekspor bijih mentah dan permintaan eksternal yang fluktuatif; sebaliknya, negara ini telah muncul sebagai pusat global bagi logam dan material strategis, khususnya untuk industri baja tahan karat dan baterai kendaraan listrik (*electric vehicle/EV*) (IEA, 2023). Namun demikian, perubahan global berlangsung sangat cepat. Teknologi baterai terus berkembang, tekanan dekarbonisasi semakin menguat, dan fragmentasi geopolitik semakin dalam (Farrell & Newman, 2019). Dalam konteks inilah masa depan industri nikel Indonesia harus dipahami: sarat peluang, tetapi juga dipenuhi ketidakpastian.

Permintaan global terhadap nikel tetap memiliki prospek jangka panjang yang kuat, terutama sebagai logam kunci dalam transisi energi. Proyeksi *International Energy Agency* (IEA) menunjukkan bahwa permintaan nikel dapat meningkat enam hingga delapan kali lipat pada tahun 2040 dalam skenario *net-zero emissions* (IEA, 2021, 2023). Namun, besarnya pertumbuhan ini sangat bergantung pada arah perkembangan teknologi baterai. Kimia baterai berbasis nikel seperti NMC (*Nickel–Manganese–Cobalt*) dan NCA (*Nickel–Cobalt–Aluminum*) saat ini masih dominan, terutama untuk kendaraan listrik jarak jauh (IEA, 2023; BloombergNEF, 2023), sehingga mempertahankan posisi sentral nikel dalam industri baterai. Meskipun demikian, pergeseran teknologi yang signifikan sedang berlangsung. Baterai *lithium iron phosphate* (LFP), yang tidak memerlukan nikel, berkembang pesat dan kini diadopsi oleh perusahaan seperti Tesla dan BYD, serta berbagai produsen Tiongkok lainnya (BloombergNEF, 2023). Pada saat yang sama, teknologi baterai natrium-ion juga sedang dikembangkan secara agresif sebagai solusi yang lebih ekonomis untuk segmen pasar menengah hingga bawah (IEA, 2023). Apabila teknologi baterai tanpa nikel ini memperoleh pangsa pasar yang lebih besar, laju pertumbuhan permintaan nikel berkualitas untuk baterai dapat melambat (BloombergNEF, 2023). Oleh karena itu, Indonesia perlu mempersiapkan diri menghadapi skenario di mana nikel tidak lagi menjadi komoditas yang secara permanen berada di pusat transisi energi global.

Model hilirisasi Indonesia juga menghadapi potensi risiko *stranded assets* (Caldecott, 2018). Investasi yang mencapai puluhan miliar dolar dalam infrastruktur peleburan membawa implikasi jangka panjang yang signifikan (World Bank, 2020). Smelter *Rotary Kiln Electric Furnace* (RKEF) yang memproduksi *nickel pig iron* (NPI) dan feronikel sangat bergantung pada industri baja tahan karat, memiliki intensitas energi yang tinggi (IEA, 2023), dan semakin rentan terhadap standar emisi yang semakin ketat, termasuk mekanisme *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM) dari Uni Eropa (European Commission, 2023). Apabila pasar baja tahan karat mengalami perlambatan struktural atau beralih menuju komposisi yang menggunakan lebih sedikit nikel, fasilitas RKEF—yang merupakan tulang punggung tahap pertama hilirisasi Indonesia—dapat menghadapi tekanan jangka panjang (OECD, 2023).

Proyek *High-Pressure Acid Leaching* (HPAL), meskipun secara strategis penting bagi industri baterai, juga mengandung risiko yang cukup besar karena biaya investasi yang tinggi, kompleksitas operasional, serta tantangan pengelolaan limbah asam (*acid tailings*) (IEA, 2023; World Bank, 2020). Pergeseran global menuju teknologi baterai LFP atau natrium-ion berpotensi menimbulkan kelebihan kapasitas HPAL, yang dapat memunculkan risiko ekonomi yang signifikan (BloombergNEF, 2023).

Tantangan penting lainnya berkaitan dengan jejak karbon yang tinggi dari produk nikel Indonesia. Pengawasan internasional menyoroti tingginya intensitas emisi yang dihasilkan dari penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara di kawasan industri seperti Morowali dan Weda Bay (IEA, 2023; Climate Action Tracker, 2022). Dampaknya cukup nyata. Produk nikel Indonesia berpotensi menghadapi tarif yang lebih tinggi dalam kerangka CBAM Uni Eropa

(European Commission, 2023). Pada saat yang sama, produsen kendaraan listrik global semakin memprioritaskan rantai pasok dengan emisi karbon rendah (IEA, 2023). Dalam perbandingan global, Indonesia masih tertinggal dari produsen dengan intensitas karbon lebih rendah seperti Australia dan Kanada (IEA, 2023). Tanpa upaya dekarbonisasi yang serius, Indonesia berisiko terjebak dalam posisi sebagai pemasok berbiaya rendah tetapi berintensitas karbon tinggi—sebuah posisi yang kurang menguntungkan dalam ekonomi hijau yang sedang berkembang.

Dari perspektif geopolitik, Indonesia berada di persimpangan kepentingan antara Tiongkok, Amerika Serikat, dan Uni Eropa (Farrell & Newman, 2019). Ketergantungan terhadap Tiongkok masih cukup besar: sebagian besar kapasitas smelter didukung oleh investasi Tiongkok, teknologi HPAL sebagian besar dipasok oleh perusahaan-perusahaan Tiongkok, dan Tiongkok tetap menjadi pasar utama bagi ekspor baja tahan karat dan MHP Indonesia (IEA, 2023; World Bank, 2020). Pola ini menciptakan hubungan simbiotik yang sangat kuat. Namun, ketergantungan yang berlebihan membatasi fleksibilitas Indonesia dalam merespons kerangka regulasi dari Amerika Serikat dan Uni Eropa. Melalui *Inflation Reduction Act* (IRA), Amerika Serikat mensyaratkan bahwa rantai pasok kendaraan listrik harus memenuhi ketentuan asal mineral kritis untuk memperoleh insentif pajak (White House, 2022). Sementara itu, meskipun Uni Eropa memenangkan sengketa di WTO terkait larangan ekspor bijih nikel Indonesia, kawasan tersebut tetap memberikan tekanan melalui kebijakan perdagangan hijau dan standar emisi yang semakin ketat (European Commission, 2023). Akses terhadap pasar premium di Eropa dengan demikian akan memerlukan peningkatan kinerja lingkungan yang nyata.

Menghadapi berbagai tantangan tersebut membutuhkan strategi transformasi yang melampaui sekadar ekspansi kapasitas peleburan (World Bank, 2020). Pertama, Indonesia perlu memprioritaskan dekarbonisasi industri melalui integrasi energi terbarukan serta peningkatan efisiensi teknologi (IEA, 2023). Dekarbonisasi tidak lagi sekadar aspirasi normatif; melainkan telah menjadi prasyarat untuk mempertahankan daya saing ekspor dalam era regulasi karbon lintas batas (European Commission, 2023).

Kedua, Indonesia perlu bergerak lebih jauh dalam rantai nilai hilir. Perkembangan dari produksi NPI dan MHP menuju segmen yang lebih maju—termasuk *precursor cathode active materials* (pCAM), *cathode active materials* (CAM), sel baterai, modul baterai, dan komponen kendaraan listrik—akan menjadi sangat penting (BloombergNEF, 2023). Jika Indonesia hanya bertahan pada tahap pemurnian menengah (*midstream refining*), nilai tambah domestik yang diperoleh akan tetap terbatas (OECD, 2023).

Ketiga, pengembangan perusahaan nasional yang kompetitif secara global menjadi faktor krusial. Literatur pembangunan industri menekankan bahwa transformasi struktural jangka panjang memerlukan perusahaan domestik yang kuat yang didukung oleh kerangka kebijakan industri yang konsisten (Amsden, 2001; Wade, 2004).

Keempat, proses industrialisasi harus bersifat inklusif dan berkelanjutan. Penguatan tata kelola pertambangan, pengelolaan limbah tambang yang bertanggung jawab, peningkatan kapasitas pemerintah daerah, serta perlindungan masyarakat terdampak merupakan prasyarat penting bagi keberlanjutan jangka panjang (Bebbington et al., 2018; World Bank, 2020).

Pada akhirnya, Indonesia berada pada titik krusial yang akan menentukan apakah nikel akan menjadi berkah atau justru kutukan—sebuah dilema klasik dalam literatur *resource curse* (Auty, 2001). Kebijakan hilirisasi telah merekonstruksi struktur ekonomi dan memperkuat posisi geostrategis Indonesia (USGS, 2024). Namun, berbagai tantangan mendasar masih tetap ada: ketergantungan teknologi, intensitas emisi yang tinggi, perubahan teknologi baterai global, standar perdagangan hijau, serta tekanan sosial dan lingkungan (IEA, 2023; OECD, 2023). Masa

depan industri nikel Indonesia akan sangat ditentukan oleh kemampuannya menyeimbangkan industrialisasi yang cepat dengan peningkatan kapasitas teknologi, keberlanjutan lingkungan, serta kecermatan geopolitik. Apabila dikelola secara efektif, nikel dapat menjadi salah satu pilar utama transformasi ekonomi Indonesia menuju pembangunan jangka panjang dalam visi Indonesia Emas 2045.

Daftar Pustaka

- Amsden, A. H. (2001). *The rise of "the rest": Challenges to the West from late-industrializing economies*. Oxford University Press.
- Arif, I. (2018). *Nikel Indonesia*. Gramedia.
- Auty, R. M. (2001). *Resource abundance and economic development*. Oxford University Press.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Pertumbuhan ekonomi provinsi menurut lapangan usaha*. BPS.
- Bebbington, A., et al. (2018). Resource extraction and infrastructure threaten forest cover and community rights. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(52).
- Bloomberg. (2021). Tsingshan shakes the nickel market with matte conversion strategy. Bloomberg.
- BloombergNEF. (2023a). *Battery market outlook 2023*. BloombergNEF.
- BloombergNEF. (2023b). *Battery metals outlook 2023*. BloombergNEF.
- Caldecott, B. (2018). *Stranded assets and the environment*. Routledge.
- Climate Action Tracker. (2022). *Indonesia country assessment*. Climate Action Tracker. <https://climateactiontracker.org/countries/indonesia/2022-10-26/>
- Crundwell, F. K., Moats, M. S., Ramachandran, V., Robinson, T. G., & Davenport, W. G. (2011). *Extractive metallurgy of nickel, cobalt, and platinum group metals*. Elsevier.
- CSIS. (2022). *Critical minerals and U.S.–China competition*. Center for Strategic and International Studies.
- Dalvi, A. D., Bacon, W. G., & Osborne, R. C. (2004). The past and the future of nickel laterites. In *Proceedings of the PDAC International Convention*.
- European Commission. (2023a). *Carbon Border Adjustment Mechanism*. European Commission.
- European Commission. (2023b). *Critical Raw Materials Act*. European Commission.
- Farooki, M., & Kaplinsky, R. (2014). *The impact of China on global commodity prices*. Routledge.
- Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42–79.
- Freudenburg, W. R. (1986). The density of acquaintanceship: An overlooked variable in community research. *American Journal of Sociology*, 92(1).
- Gaines, L. (2014). The future of automotive lithium-ion battery recycling. *Sustainable Materials and Technologies*, 1–2, 2–7.
- Global Forest Watch. (2023). *Indonesia forest monitoring data*. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/IDN/>
- Hillman, J. E. (2020). *The emperor's new road: China and the project of the century*. Yale

- University Press.
- Humphreys, D. (2015). *The remaking of the mining industry*. Palgrave Macmillan.
- International Energy Agency. (2021). *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
- International Energy Agency. (2023). *Critical minerals market review 2023*. IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/afc35261-41b2-47d4-86d6-d5d77fc259be/CriticalMineralsMarketReview2023.pdf>
- International Labour Organization. (2022). *Safety and health in mining*. ILO.
- International Monetary Fund. (2023). *Indonesia: Article IV consultation report*. IMF. <https://www.imf.org/-/media/files/publications/cr/2023/english/1idnea2023002.pdf>
- Kennedy, S. (2015). *The business of lobbying in China*. Harvard University Press.
- Li, B., Shi, Y., & Yang, X. (2018). Development of nickel pig iron smelting technology in China—*Journal of Cleaner Production*.
- Li, G., Shi, T., Rao, M., Jiang, T., & Zhang, Y. (2019). A review of nickel-based alloy production and processing from laterite ores. *Minerals Engineering*, 134, 1–13.
- Mudd, G. M. (2010). Global trends and environmental issues in nickel mining. *Ore Geology Reviews*, 38(1–2), 9–26.
- Munikhah, I. A. T., & Ardi, R. (2021). Supply chain resilience of Indonesian nickel mining industry: A causal loop analysis. In *Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering (APCORISE 2021)*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3468013.3468311>
- Nickel Institute. (2023). *Nickel in the global economy*. Nickel Institute.
- Norgate, T., & Jahanshahi, S. (2011). Assessing the energy and greenhouse gas footprints of nickel laterite processing. *Journal of Cleaner Production*, 19(6–7), 687–694.
- OECD. (2019). *Export restrictions in raw materials trade*. OECD Publishing.
- OECD. (2023). *Raw materials and industrial policy review*. OECD Publishing.
- Pelras, C. (1996). *The Bugis*. Blackwell.
- Radetzki, M. (2009). *A handbook of primary commodities in the global economy*. Cambridge University Press.
- Robison, R., & Hadiz, V. R. (2004). *Reorganising power in Indonesia*. Routledge.
- Statista. (2024). *Nickel reserves and mine production worldwide 2024*. Statista Database.
- Sugito, E. (2023). *Nikel Indonesia: Kunci perdagangan internasional*. Gramedia.
- Suherman, I., & Saleh, R. (2018). Supply chain analysis for Indonesian nickel. *Indonesian Mining Journal*, 21(1), 59–76.
- U.S. Geological Survey. (2024). *Mineral commodity summaries 2024: Nickel*. U.S. Department of the Interior.
- Wade, R. (2004). *Governing the market: Economic theory and the role of government in East Asian industrialization*. Princeton University Press.
- White House. (2022a). *Inflation Reduction Act guidebook*. The White House.

- White House. (2022b). *Fact sheet: Securing a made-in-America supply chain for critical minerals*—the White House.
- Wood Mackenzie. (2023). *Global nickel market outlook 2030*. Wood Mackenzie.
- World Bank. (2020). *Minerals for climate action: The mineral intensity of the clean energy transition*. World Bank.