



Sejarah dan Proyeksi Masa Depan Pemanfaatan Nikel Indonesia

History and Future Projections of Indonesian Nickel Utilization

Ronaldo Irzon^{1*}, Heri Hermiyanto¹, Ollybinar Rizkika¹, Alles Sandra Tardeli²

¹Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

²Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

*Email: ronaldoirzon18@gmail.com

Submit: 12 February 2025, Revised: 24 August 2025, Approved: 29 August 2025, Online: 31 August 2025

DOI: 10.33332/jgsm.geologi.v26i3.975

Abstrak- Nikel adalah salah satu sumber daya mineral unggulan Indonesia dan merupakan logam yang berperan strategis dalam industri global. Studi ini bertujuan untuk membahas sejarah, kondisi terkini, serta proyeksi masa depan industri nikel di Indonesia. Terdapat dua tipe endapan nikel, yaitu sulfida dan laterit. Nikel di Indonesia didominasi oleh tipe laterit yang tersebar luas di Sulawesi, Halmahera, dan Papua. Eksplorasi nikel di bumi Nusantara telah dimulai sejak tahun 1901. *Oost Borneo Maatschappij* dan *Bone Tole Maatschappij* adalah perusahaan yang melakukan eksplorasi nikel ketika masa kolonial. Pasca kemerdekaan, PT INCO dan PT Aneka Tambang berperan penting dalam eksploitasi logam tersebut. Kebutuhan global untuk industri baja tahan karat dan baterai kendaraan listrik mendorong peningkatan produksi nikel Indonesia sejak tahun 2017. Pemerintah telah menerapkan kebijakan hilirisasi dan larangan ekspor bahan mentah untuk meningkatkan nilai tambah industri nikel domestik. Dengan cadangan nikel terbesar secara global, Indonesia berpeluang untuk menjadi pemain kunci industri nikel pada masa mendatang. Indonesia perlu mengoptimalkan pemanfaatan *metal companions* sambil terus mengontrol kemungkinan pencemaran lingkungan akibat industri pertambangan dan pengolahan nikel. Sinergi antara pemerintah, pelaku industri, dan masyarakat menjadi kunci keberhasilan pemanfaatan nikel Indonesia.

Kata Kunci: Nikel, Indonesia, laterit, metal companions, hilirisasi

Abstract- Nickel is one of Indonesia's leading mineral resources and plays a strategic role in the global industry. This study aims to discuss the history, current conditions, and future projections of the nickel industry in Indonesia. There are two types of nickel deposits: sulfide and laterite. Indonesia's nickel is predominantly of the laterite type, which is widely distributed in Sulawesi, Halmahera, and Papua. Nickel exploration in the archipelago began in 1901. *Oost Borneo Maatschappij* and *Bone Tole Maatschappij* were companies conducting nickel exploration during the colonial era. After independence, PT INCO and PT Aneka Tambang played significant roles in the exploitation of the metal. The global demand for the stainless steel and electric vehicle battery industries has driven Indonesia's nickel production growth since 2017. The government has implemented downstream processing policies and export bans on raw materials to increase the added value of the domestic nickel industry. With the world's largest nickel reserves, Indonesia has the potential to become a key player in the nickel industry in the future. Indonesia needs to optimize the utilization of metal companions while continuously controlling the potential environmental pollution caused by nickel mining and processing industries. Synergy between the government, industry players, and the public is essential for the successful utilization of Indonesia's nickel.

Keywords: Nickel, Indonesia, laterite, metal companions, downstream

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang diberkahi dengan sumber daya geologi melimpah dengan aneka deposit mineral di wilayah Nusantara. Setiap deposit mineral tersebut berasosiasi dengan kondisi geologi tertentu. Timah hanya terdapat di Indonesia bagian barat karena merupakan bagian sabuk timah Asia Tenggara yang sebagian besar terkait dengan intrusi granit tipe-S berumur Perem-Trias (Zulfikar & Aryanto, 2017; Irzon dkk., 2021; Siregar & Widana, 2022; Sirimongkonpun dkk., 2024). Pada sisi lain, intrusi granit di daerah timur Indonesia kebanyakan adalah tipe-I dan tanpa keberadaan larutan hidrotermal kaya unsur yang sesuai untuk mineralisasi timah. Indonesia bagian timur justru tersebar luas singkapan batuan ultrabasa akibat pengangkatan kerak samudra sehingga memiliki kandungan nikel, kobalt, dan magnesium yang melimpah (Irzon & Abdullah, 2016; Haya dkk., 2019; Anbiyak & Cahyaningrum, 2020). Sebaran deposit logam di Indonesia ditampilkan pada Gambar 1.

Penemuan deposit nikel di Soroako tahun 1901 menjadi tonggak awal penambangan nikel di Indonesia (Marcuson dkk., 2009; Nasution dkk., 2024). Beberapa dekade berselang, produksi bijih nikel pertama Nusantara baru dilaksanakan oleh Bone Tole Maatschappij sebagai anak Perusahaan Oost Borneo Maatschappij (OBM). Bijih nikel tersebut dikirim ke Jepang pada tahun 1938 karena terutama keterbatasan teknologi pemurnian dan kondisi politik ketika itu (Fauziyyah & Paksi, 2023). PT INCO (sekarang dikenal sebagai PT Vale Indonesia) memulai penambangan di Sorowako pada tahun 1968 dan menjadi perusahaan yang aktif melakukan eksplorasi dan eksploitasi nikel pasca kemerdekaan. Produksi nikel Indonesia meningkat tajam sejak tahun 2017 dengan total 345.000 metrik ton. Angka tersebut terus meningkat setiap tahun dan ditargetkan mencapai 240 juta ton pada tahun 2024. Nilai PNBP dari eksploitasi nikel mencapai Rp 10,81 triliun sebagai hasil penjualan sebanyak 135,01 juta ton pada tahun 2022. Dengan cadangan mencapai 5 miliar ton, Indonesia layak disebut sebagai raja nikel global (Kementerian ESDM, 2024).



Gambar 1. Peta sebaran deposit timah, emas, dan nikel Indonesia (sumber: Irzon & Abdullah, 2016; Arifin dkk., 2019; Ernowo dkk., 2019; Irzon dkk., 2021; Siregar & Widana, 2022)

Selain devisa negara, kegiatan penambangan nikel juga perlu memperhatikan problematika terkait yang muncul. Masalah pencemaran lingkungan akibat eksploitasi nikel telah dilaporkan oleh penulis terdahulu (Ahmed, 2019; Lo dkk., 2024; Nasution dkk., 2024). Tidak hanya masalah lingkungan, pemanfaatan nikel juga terbukti memiliki pengaruh terhadap kondisi sosial dan ekonomi masyarakat (Suriyani, 2019; Peribadi dkk., 2020; Ilham, 2023). Kemudian, Indonesia juga perlu mewaspadai sisi kebijakan nasional dan fluktuasi perdagangan global agar hasil eksploitasi komoditas nikel dapat optimal. Selain itu, pemerintah harus memberikan perhatian khusus kepada logam ikutan (*metal companions*) nikel agar proyeksi penerimaan negara meningkat. Studi ini menjabarkan komoditas nikel nasional meliputi kondisi pada masa lampau, keadaan terkini, proyeksi masa mendatang, dan tantangannya. Studi ini dapat menjadi referensi dalam pembuatan kebijakan strategis pemerintah maupun pelaku usaha penambangan nikel

METODE

Studi mengenai nikel di Indonesia ini menggunakan metode kualitatif deskriptif untuk memahami makna di balik berbagai kondisi, peristiwa, dan gejala yang terjadi tanpa menguji hubungan kausal di antaranya. Pendekatan kualitatif dipilih karena berfokus pada pemahaman mendalam terhadap konteks sosial, ekonomi, dan lingkungan yang melatarbelakangi fenomena yang diteliti. Metode ini menekankan interpretasi terhadap data faktual dibandingkan pengukuran numerik. Melalui pendekatan deskriptif, penelitian ini berupaya menggambarkan realitas empiris sektor nikel di Indonesia secara rinci dan kontekstual berdasarkan temuan lapangan.

Data mengenai produksi, harga jual, cadangan, dan kebijakan mengenai penambangan nikel di Indonesia dari berbagai sumber dikumpulkan, disarikan, dan dibahas dalam tulisan ini. Dokumen dari *United States Geological Survey* (USGS) digunakan untuk pembahasan kondisi pasar global pada beberapa dekade terakhir. Laporan dari korporasi yang menjalankan bisnis pertambangan nikel bermanfaat untuk analisis situasi penambangan timah, terutama nasional. Hasil-hasil penelitian sebelumnya maupun data dari situs pertambangan dipergunakan sebagai data-data tambahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan Deposit Nikel

Nikel (Ni) adalah elemen yang kelima paling melimpah di Bumi setelah besi (Fe), oksigen (O), silikon (Si), dan magnesium (Mg). Berdasarkan konsep kimia, nikel adalah logam transisi berwarna putih keperakan dan bernomor atom 28. Logam ini memiliki isotop stabil, yaitu ^{58}Ni (kelimpahan paling besar sekitar 68%), ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni , dan ^{64}Ni . Widiatmoko dkk. (2020) mengemukakan bahwa karakter kimia nikel secara umum mirip dengan besi (Fe) dan kobalt (Co). Kuat, tahan korosi, mudah ditempa, tahan oksidasi pada temperatur tinggi, dan konduktif adalah sifat bahan nikel. Sifat terakhir tersebut membuat nikel dapat digunakan secara luas dalam dunia industri, seperti pembuatan baja tahan karat, *electroplating*, baterai, dan uang logam (Ahmed dkk., 2019).

Terdapat dua rezim pengayaan nikel, yaitu sistem magmatis dan proses lateritisasi. Sistem magmatis menghasilkan nikel sulfida akibat magmatisme yang membawa logam berat dari mantel ke kerak bumi melalui kristalisasi. Sistem tersebut berasosiasi dengan magma ultramafik dan mafik yang naik ke permukaan melalui celah-celah struktur bumi dan ketika mendingin mengendapkan nikel sulfida. Kondisi tersebut juga kerap menyebabkan pengayaan tembaga, magnesium, besi serta kelompok logam platinum (*Platinum Group Minerals* atau PGM; meliputi platinum, palladium, rhodium, ruthenium, iridium, dan osmium). Contoh endapan jenis ini ditemukan di Norilsk (Rusia), Voisey's Bay (Kanada), Jinchuan (Cina), Goldfields (Australia), dan Munali (Zambia) seperti dilaporkan oleh studi terdahulu (Howell dkk., 2017; Barnes & Mungall, 2018; Siégel dkk., 2024).

Deposit nikel tipe laterit terbentuk akibat pelapukan intensif batuan ultramafik yang telah mengandung mineral nikel dalam kadar cukup tinggi. Proses pelapukan ini menyebabkan nikel terkonsentrasi pada horizon hasil pelapukan dari batuan induk (König, 2021; Dybowska dkk., 2022), sementara silika dan magnesium terlarut dan tercuci ke horizon yang lebih dalam. Nikel laterit umumnya berkembang di wilayah tropis yang memiliki curah hujan tinggi dan penyinaran matahari stabil sepanjang tahun. Topografi landai, waktu pelapukan yang panjang, serta sirkulasi air tanah yang baik semakin meningkatkan tingkat pengayaan nikel pada tipe endapan ini. Di Indonesia,

sebagian besar endapan nikel merupakan tipe laterit, yang tersebar di Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Halmahera, dan Papua (Irzon, 2017; Permanadewi dkk., 2017; Irzon & Abdullah, 2018; Kamaruddin dkk., 2018; Anbiyak & Cahyaningrum, 2020). Sumber daya

nikel laterit juga ditemukan di Filipina, Brasil, Kuba, Australia, dan Kaledonia Baru (Tupaz dkk., 2020; König, 2021; Dybowska dkk., 2022). Sebaran endapan nikel tipe sulfida dan magmatik global ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi-lokasi dengan keterdapatannya endapan nikel sulfida dan nikel laterit berskala global (sumber Jinlong dkk., 2023; Siégel dkk., 2024)

Logam dari deposit sistem magmatis (nikel sulfida) dimurnikan dengan teknik pirometalurgi atau hidrometalurgi, sedangkan metode *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) dan *smelting* diterapkan pada tipe laterit (Ucyildiz & Girgin, 2017; Zhao dkk., 2022). Konsumsi energi dan bahan kimia yang lebih besar pada pengolahan nikel laterit mengakibatkan biaya pengolahan yang lebih tinggi. Selain itu, limbah hasil proses HPAL lebih sulit ditangani dibandingkan limbah dari pemurnian nikel sistem magmatis. Penambangan nikel magmatis umumnya dilakukan pada area yang lebih kecil, sedangkan nikel tipe laterit membutuhkan lahan luas sehingga lebih rentan terhadap degradasi lingkungan. Seperti dijelaskan sebelumnya, nikel sulfida sering berasosiasi dengan Cu, Co, dan PGM, sedangkan nikel laterit umumnya hanya berkaitan dengan Co (Irzon, 2017; Permanadewi dkk., 2017; Tupaz dkk., 2020; Latyuk dkk., 2024). Hasil olahan nikel sulfida lebih sesuai untuk produksi baterai litium. Pada sisi lain, hasil pemurnian nikel laterit dianggap tepat untuk industri baja.

Sejarah Penambangan Nikel di Indonesia

Sejak Era Kolonial Hingga tahun 2010

Eksplorasi nikel di wilayah Indonesia dimulai oleh seorang ahli Belanda bernama Kruyt, yang awalnya ditugaskan untuk mencari bijih besi di Pegunungan Verbeek (Gunawan & Nadir, 2022). Hasil studi tersebut kemudian dilanjutkan oleh Abendanon, yang berhasil menemukan nikel di Pomalaa. *Oost Borneo Maatschappij* dan *Bone Tole Maatschappij* merupakan dua perusahaan Hindia Belanda yang melanjutkan eksplorasi hingga Flat Elves berhasil mengidentifikasi endapan nikel tipe laterit di Soroako. *Oost Borneo Maatschappij* mampu menambang sekitar 150.000 ton bijih nikel untuk dikirim ke Jepang, yang pada masa itu membutuhkan sumber daya untuk mendukung ekspansinya. Kegiatan penambangan oleh *Oost Borneo Maatschappij* berhenti sekitar tahun 1940 akibat dinamika politik dan ekonomi global pada masa tersebut.

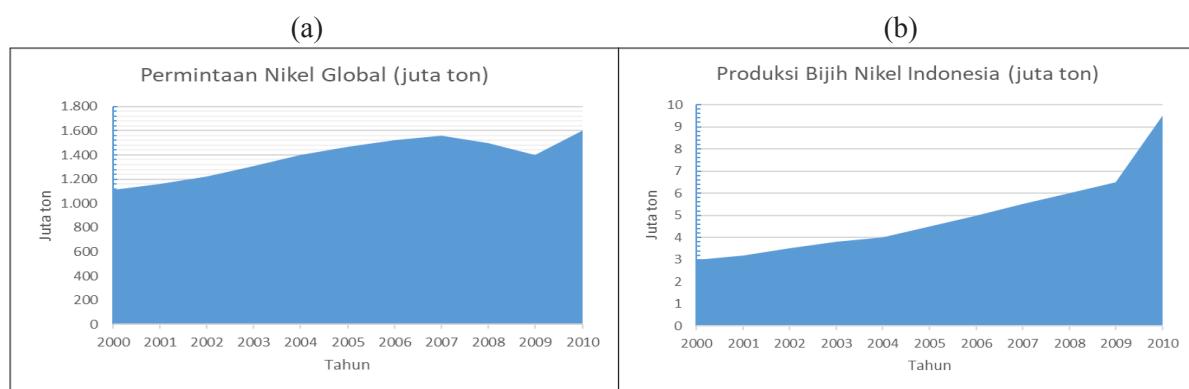
Pasca deklarasi kemerdekaan, situasi politik Indonesia belum stabil sehingga kegiatan eksplorasi skala besar mengalami kendala. Sambil menunggu Pembangunan infrastruktur pendukung, penambangan nikel skala besar baru kembali dimulai tahun 1968, ketika PT. International Nickel Indonesia (INCO) memperoleh kontrak kerja untuk mengeksplorasi nikel laterit di Sulawesi Selatan. Selain oleh PT INCO, kegiatan penambangan nikel juga dilakukan oleh PT Aneka Tambang, salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN), di Sulawesi dan Halmahera (Gunawan & Nadir, 2022). PT INCO kemudian berganti nama menjadi PT Vale Indonesia pada tahun 2011 terkait *rebranding* global setelah diakuisisi oleh Perusahaan multinasional yang berbasis di Brasil.

Indonesia mulai mengekspor nikel pasca kemerdekaan ketika tahun 1975 dengan Jepang sebagai target utama untuk memenuhi kebutuhan industri elektronik dan otomotifnya. Ekspansi ekspor nikel meluas ke Eropa dan Amerika Serikat dengan perkembangan industri baja, sehingga beberapa *smelter* dibangun. *Smelter* nikel pertama di Indonesia dibangun oleh PT INCO di Sorowako. Fasilitas tersebut mulai beroperasi pada tahun 1977 dan mencapai produksi komersial pada April 1978. Untuk mendukung kegiatan penambangan dan pemurnian, PT INCO membangun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Larona pada tahun 1979 (Muis dkk., 2023).

Kebutuhan dunia terhadap nikel terus meningkat sejak dekade 1980-an hingga tahun 2000. Permintaan sempat menurun pada awal 1990-an, namun pulih kembali beberapa tahun kemudian. Menyikapi kondisi global tersebut, perusahaan-perusahaan

tambang nikel di Indonesia melakukan berbagai langkah antisipatif. PT Aneka Tambang memperluas operasinya di Pomalaa dan mulai mengembangkan proyek baru untuk mengolah cadangan bijih nikel laterit. Sementara itu, PT INCO terus meningkatkan kapasitas produksinya dengan dukungan tambahan pembangkit listrik mandiri, di antaranya PLTA Balambano yang mulai beroperasi pada tahun 1999 (Muis dkk., 2023). Kondisi tersebut juga mendorong kegiatan eksplorasi cadangan nikel baru secara masif di Sulawesi, Halmahera, dan Papua. Pada periode tersebut, cadangan nikel berkategori besar di Pulau Obi mulai dikenal.

International Nickel Study Group (INSG) menyebutkan bahwa kebutuhan nikel global menunjukkan tren meningkat selama satu dekade sejak tahun 2000 (Gambar 3a). Penurunan hanya terjadi pada tahun 2008 dan 2009 akibat dampak krisis keuangan global. Produksi bijih nikel nasional pada kurun waktu yang sama justru terus meningkat setiap tahun, tanpa terpengaruh oleh penurunan permintaan global pada tahun 2008 dan 2009 (Gambar 3b). Kenaikan drastis tercatat pada tahun 2010, dengan produksi bijih nikel mencapai 146% lebih tinggi dibandingkan tahun sebelumnya. Pemulihan ekonomi pasca krisis pada dua tahun tersebut berasosiasi dengan lonjakan tajam produksi nikel tahun 2010. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa fenomena ini berkaitan dengan terbitnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009, yang mengatur bahwa dalam waktu lima tahun setelah diberlakukan, nikel harus diolah dan dimurnikan di dalam negeri sebelum dapat dieksport (Setiawan & Horman, 2019).



Gambar 3. a) Permintaan nikel dunia dalam kurun tahun 2000 hingga 2010; b) Produksi bijih nikel Indonesia selama tahun 2000 sampai 2010

Komoditas Nikel Indonesia Sejak 2011

Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, pemanfaatan nikel dalam negeri sangat ditentukan oleh terbitnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Data dari United States Geological Survey (USGS) menunjukkan bahwa produksi nikel nasional selalu berada di atas 225.000 metrik ton per tahun selama 2011 hingga 2013 (Tabel 1). Penurunan signifikan terjadi pada tahun 2014 dengan nilai produksi hanya 177.000 metrik ton yang ditengarai akibat mulai diimplementasikannya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009. Penurunan terus berlanjut satu tahun kemudian dengan angka produksi 130.000 metrik ton per tahun. Namun demikian, jumlah produksi nikel justru terus meroket sejak 2016 hingga 2019 seiring dengan meningkatnya investasi asing di sektor *smelter* dan kebijakan larangan ekspor bijih mentah yang mendorong pengolahan di dalam negeri (Sulistyo dkk., 2021; Zhao dkk., 2022). Angka produksi yang mencapai 853.000 metrik ton pada 2019 bahkan hampir dua kali lipat jika dibandingkan dengan tahun 2014. Peristiwa penting lainnya yang terjadi pada awal dekade kedua dari milenium kedua adalah akuisisi PT INCO oleh Vale S.A.

Jumlah produksi tahun 2020 hanya mencapai 90% produksi tahun sebelumnya, yaitu pada angka 771.000 metrik ton. Dua faktor penting tampak menekan pemanfaatan nikel nasional, yaitu Permen ESDM No. 11 Tahun 2019 dan wabah Covid-19. Peraturan tersebut mempercepat larangan ekspor bijih nikel dengan kadar <1,7% dari sebelumnya tahun 2022 menjadi 1 Januari 2020 demi akelerasi hilirisasi dan peningkatan nilai tambah melalui pembangunan *smelter* di dalam negeri. Dimulainya konstruksi *smelter* baru milik PT Vale Indonesia Tbk di Pomalaa yang menggunakan teknologi *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) adalah salah satu usaha untuk mengimplementasikan aturan tersebut. *Smelter* tersebut ditargetkan beroperasi pada tahun 2026 dengan kapasitas 120.000 ton nikel dan 15.000 ton kobalt per tahun.

Pandemi Covid-19 tidak hanya memberatkan industri nikel, namun juga penambangan logam lain secara nasional. Studi sebelumnya menyebutkan industri timah nasional tertekan akibat wabah tersebut (Irzon, 2021). Secara global, pandemi ini menekan sejumlah harga logam di pasar internasional termasuk nikel (Jowitt, 2020). Operasi eksplorasi mineral seperti

mobilitas tenaga kerja, rantai pasok logistik, dan kegiatan konstruksi *smelter* terhambat akibat pandemi global tersebut. Meskipun terdapat masalah, tidak ada perusahaan yang resmi melaporkan penghentian total operasi eksplorasi nikel di Indonesia. Sebagai langkah tengah, industri tersebut menerapkan protokol ketat sesuai pedoman pemerintah untuk memastikan keselamatan pekerja dan keberlanjutan operasionalnya.

Tabel 1. Produksi nikel Indonesia tahun 2010 – 2023
(Sumber: USGS)

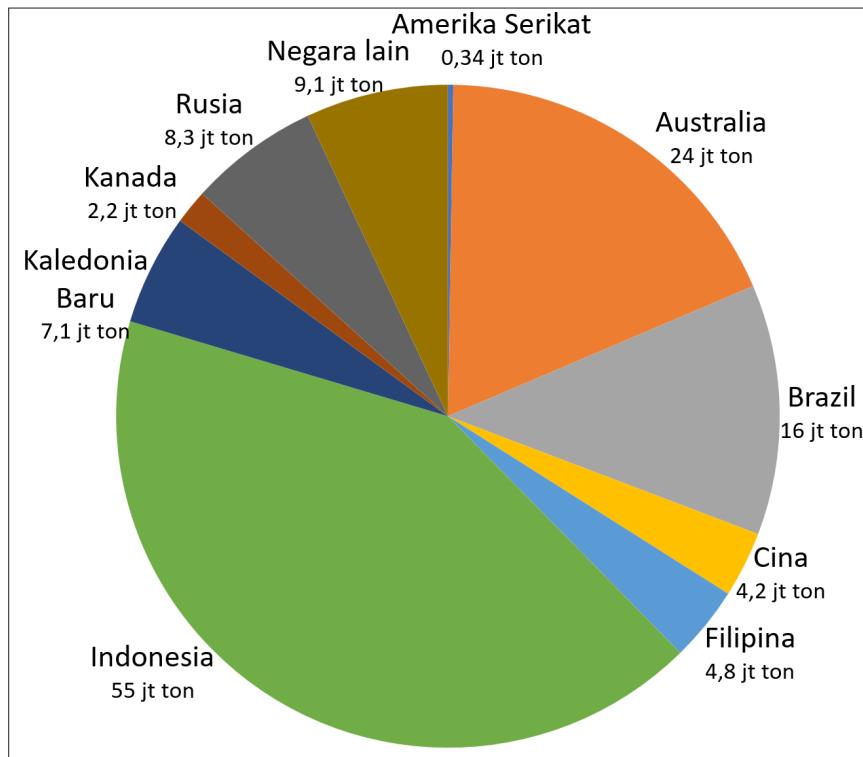
Tahun	Produksi*	Tahun	Produksi*
2010	236	2017	345
2011	290	2018	606
2012	228	2019	853
2013	440	2020	771
2014	177	2021	1040
2015	130	2022	1580
2016	199	2023	1800

*dalam 1.000 metrik ton

Proyeksi Nikel Indonesia

Peluang Indonesia Sebagai Pengendali Pasar Nikel

Setelah keluar dari tekanan wabah COVID-19 pada akhir tahun 2023, dunia industri kembali menggeliat. Nikel, bersama dengan seng, tembaga, aluminium, dan timah, merupakan bahan baku penting bagi sebagian besar sektor industri (Kahraman & Akay, 2023). Isu *green energy* diperkirakan menjadi pendorong utama peningkatan kebutuhan global terhadap nikel karena perannya dalam baterai kendaraan listrik, produksi energi terbarukan, dan infrastruktur penyimpanan energi. Cadangan nikel global meningkat tajam dibandingkan tahun-tahun sebelumnya akibat intensifikasi studi eksplorasi yang berkaitan dengan isu *green energy*. USGS melaporkan bahwa pada akhir tahun 2023, cadangan nikel global telah melebihi 130 juta ton, dan Indonesia didapuk sebagai negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia (Gambar 4). Kondisi tersebut diperkirakan menjadi salah satu faktor yang mendorong pemerintah untuk memberlakukan kebijakan larangan ekspor bijih nikel mentah sejak Januari 2020 (Santoso dkk., 2024). Rangkaian studi tersebut meyakinkan pemerintah bahwa Indonesia dapat memainkan peran penting dalam perdagangan nikel global.



Gambar 4. Negara-negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia. Indonesia memiliki cadangan 55 juta ton nikel atau setara dengan 41% cadangan dunia (sumber: USGS, 2024)

Pelarangan ekspor bijih nikel tampak berkorelasi dengan fluktuasi harga nikel global. *Statista.com* melaporkan bahwa sejak tahun 2020 harga nikel terus bergerak naik dan mencapai puncaknya pada tahun 2022 dengan nilai US\$25.833,73 per metrik ton. Studi terdahulu berpendapat bahwa pengurangan ekspor logam oleh Rusia, perang Rusia–Ukraina, serta meningkatnya permintaan baterai kendaraan listrik turut mendorong lonjakan harga nikel (Khurshid dkk., 2023; Wang dkk., 2023). Di samping itu, tren ini juga mencerminkan masa adaptasi produsen nikel Indonesia terhadap kebijakan larangan ekspor bijih mentah yang menyebabkan pasokan nikel ke pasar global berkurang. Namun demikian, kondisi tersebut tidak berlangsung lama. Harga nikel turun ke US\$21.521,12 per metrik ton setahun kemudian dan terus melemah hingga di bawah US\$20.000 per metrik ton pada tahun-tahun berikutnya. Selain peningkatan suplai dari Indonesia, penurunan harga juga disebabkan oleh *oversupply* dari Tiongkok dan Filipina.

Meskipun beberapa analisis sebelumnya memperkirakan harga nikel akan sedikit membaik pada tahun 2025 karena meningkatnya permintaan industri kendaraan listrik (Zhang dkk., 2023), realisasi

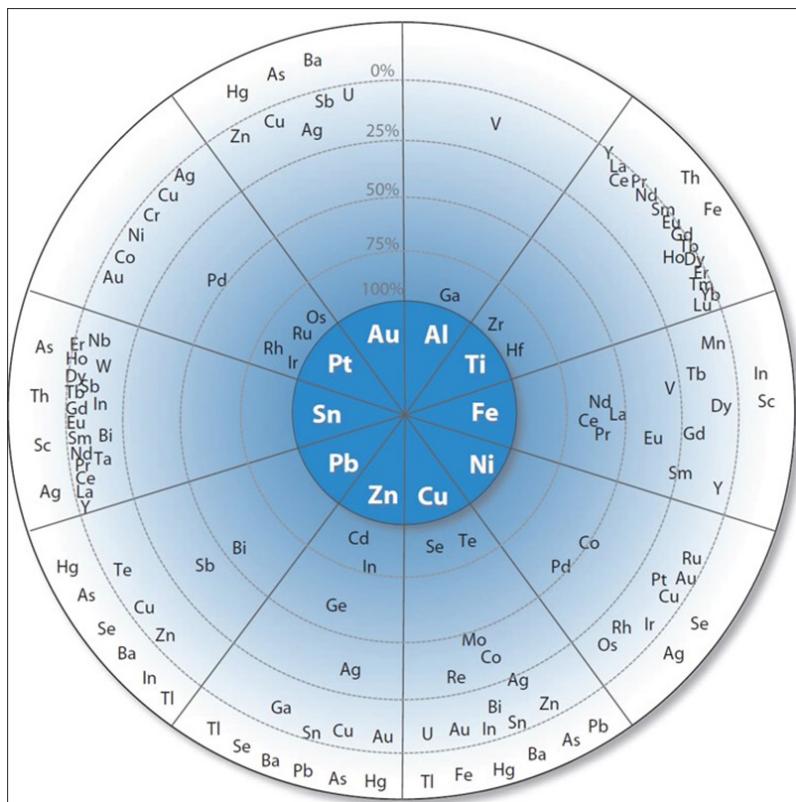
di lapangan menunjukkan bahwa harga nikel belum pulih secara signifikan. Data pasar hingga pertengahan tahun 2025 menempatkan harga nikel pada kisaran US\$16.000–18.000 per metrik ton, dipengaruhi oleh kelebihan pasokan global dan perlambatan permintaan akibat pergeseran sebagian produsen baterai ke teknologi *Lithium Iron Phosphate* (LFP) yang tidak menggunakan nikel. Namun demikian, dalam jangka menengah, permintaan nikel diproyeksikan kembali meningkat seiring dengan diversifikasi teknologi baterai dan ekspansi industri kendaraan listrik di Asia Tenggara. Dinamika harga tersebut semakin menegaskan pentingnya strategi hilirisasi dan optimalisasi logam ikutan (*metal companions*), agar Indonesia tidak hanya bergantung pada ekspor bahan mentah tetapi juga memperoleh nilai tambah maksimal dari setiap ton nikel yang ditambang.

Pemberdayaan *Metal Companions*

Pada bidang pertambangan dikenal istilah *metal companion* atau logam yang berassosiasi. Paradigma *metal companion* terhadap nikel mengacu pada elemen logam lain yang kerap terdapat dalam suatu endapan nikel. Logam-logam ini jarang dijumpai dalam bentuk

murni, melainkan hadir bersama beberapa jenis logam lain. Jenis logam yang berasosiasi dengan nikel pun berbeda tergantung pada tipe batuan induk dan karakter endapannya. Pemahaman terhadap konsep ini memiliki nilai strategis untuk menentukan arah

eksplorasi, ekstraksi, serta pengelolaan sumber daya logam tersebut agar menghasilkan devisa yang optimal bagi negara. Penelitian terdahulu telah merangkum asosiasi logam induk terhadap logam-logam lain secara umum seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

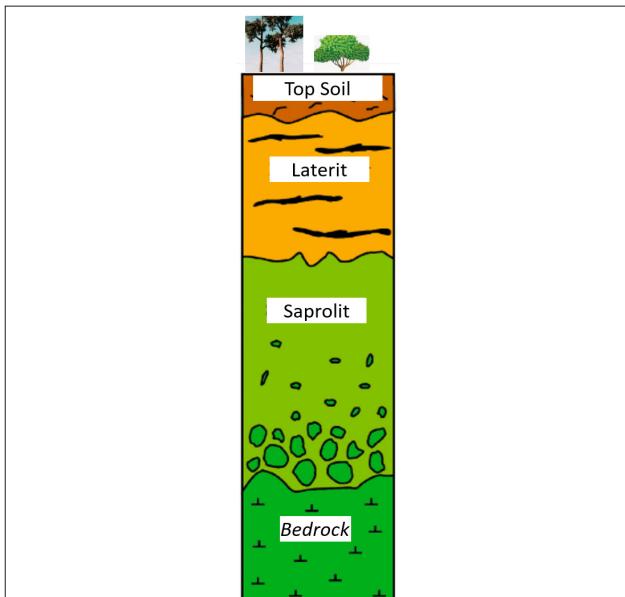


Gambar 5. *Metal companionality* delapan logam dalam dunia pertambangan (sumber: McNulty & Jowitt, 2022)

Kobalt dan palladium merupakan dua logam yang berasosiasi kuat dengan nikel. *Platinum Group Minerals* (PGM) lainnya—seperti platinum, rhodium, osmium, ruthenium, dan iridium—serta emas dan tembaga memiliki korelasi sedang terhadap nikel. Adapun logam lain yang berasosiasi dalam skala lebih kecil ialah perak dan selenium. Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, *metal companion* dipengaruhi oleh tipe endapannya. Dengan terdapatnya dua rezim utama pada endapan nikel, yaitu magmatik dan laterit, maka *metal companions* pada masing-masing tipe tersebut perlu dipahami. Nikel magmatik (nikel sulfida) umumnya berasosiasi dengan tembaga, kobalt, PGM, perak, emas, dan selenium (McNulty & Jowitt, 2022). Sementara itu, *metal companions* untuk endapan nikel tipe laterit meliputi kobalt, besi, magnesium, kromium, aluminium, mangan, dan silikon (Irzon, 2017; Irzon & Abdullah, 2018).

Hingga tulisan ini dibuat, belum ada laporan mengenai keterdapatannya sumber daya nikel tipe sulfida di Indonesia. Oleh karena itu, pemerintah dan pelaku industri pertambangan nikel nasional perlu memperhatikan komposisi kobalt, besi, magnesium, kromium, aluminium, mangan, dan silikon sebagai *metal companions* nikel laterit. Pelapukan sempurna batuan ultramafik menghasilkan empat horizon, yaitu batuan induk, saprolit, laterit/limonit, dan *top soil* (Irzon dkk., 2016; Irzon dkk., 2019; Kusuma dkk., 2019), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Silika (SiO_2), sebagai mineral yang paling resisten terhadap pelapukan, terutama terdapat pada horizon batuan induk (*bedrock*). Pengayaan nikel dan magnesium terbesar umumnya dijumpai pada horizon saprolit karena keduanya relatif stabil dan berasosiasi dengan silikat yang belum sepenuhnya terurai (Irzon, 2017; Tupaz dkk., 2020). Kobalt terkonsentrasi pada

horizon laterit bawah, sedangkan besi dan aluminium dominan pada lapisan laterit bagian atas yang berbatasan dengan *top soil* (Irzon, 2017; Permanadewi dkk., 2017; Tupaz dkk., 2020; Widiatmoko dkk., 2020).



Gambar 6. Empat horizon pada pelapukan ideal, yaitu *bedrock*, saprolite, laterit, dan *top soil*

Tantangan Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan merupakan tantangan yang lazim terjadi sebagai ekses dari kegiatan pertambangan. Secara umum, pertambangan dapat mencemari sumber air, merusak tanah dan lahan, menurunkan kualitas udara, serta menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati. Genchi dkk. (2020) melaporkan bahwa meskipun nikel belum terbukti bermanfaat bagi kesehatan manusia secara langsung, logam ini merupakan nutrisi bagi beberapa jenis mikroorganisme, tanaman, dan hewan. Ragam enzim berbasis nikel banyak ditemukan pada berbagai bakteri, alga, dan tumbuhan untuk mendukung pertumbuhan serta perkembangbiakkannya. Perlu ditekankan bahwa kadar nikel yang melebihi ambang batas justru dapat mengganggu metabolisme organisme tersebut karena menghambat aktivitas enzimatik, proses fotosintesis, dan biosintesis klorofil (Sreekanth dkk., 2013).

Cemaran nikel dapat disebabkan oleh industri berbahan nikel, penggunaan bahan bakar cair dan padat, dan limbah perkotaan. Pada dosis dan waktu paparan tertentu, nikel mengganggu daya imun tubuh manusia dan bersifat karsinogenik. Penyakit kulit, jantung,

asma, dan paru-paru adalah beberapa penyakit akibat paparan nikel berlebihan (Assad dkk., 2018). Penyakit paru-paru diyakini disebabkan oleh penyerapan nikel melalui saluran pernapasan, terutama pada pekerja industri pengolahan nikel. Adapun penyakit lain diduga berasosiasi dengan masuknya nikel ke saluran pencernaan akibat konsumsi makanan yang tercemar logam tersebut (Genchi dkk., 2020). Kasus penyakit kulit pada industri pelapisan logam berbasis nikel dilaporkan terjadi di Sidoarjo, sedangkan berbagai penyakit lain terdeteksi pada pekerja smelter di Banjarbaru (Miaratiska & Azizah, 2015; Tri, 2021).

Eksplorasi nikel memang telah memberikan kontribusi devisa bagi Indonesia, membuka lapangan kerja, serta meningkatkan kemampuan teknis dan saintifik masyarakat. Namun, isu mengenai potensi kerusakan lingkungan perlu menjadi perhatian agar pemanfaatan nikel dapat berlanjut tanpa membahayakan manusia dan ekosistem. Pemerintah pusat dan daerah perlu turun ke lapangan untuk memastikan kegiatan eksplorasi dan pengolahan nikel berdampak minimal terhadap lingkungan. Beberapa solusi tersedia untuk perlindungan hayati, antara lain pengawasan limbah, pemantauan kualitas air dan udara, edukasi bagi pekerja nikel, serta penerapan teknologi bersih pada proses ekstraksi dan pengolahan nikel (Kurniawan dkk., 2021). Program reforestasi, reklamasi, dan rehabilitasi dapat ditempuh untuk memperbaiki kondisi lahan (Varela dkk., 2016; Irzon dkk., 2018). Sinergi antara pemerintah, pelaku industri, dan masyarakat menjadi kunci dalam menciptakan pengelolaan sumber daya nikel yang optimal dan berkelanjutan. Di Indonesia, beberapa perusahaan tambang besar seperti PT Vale Indonesia Tbk dan PT Indonesia Morowali Industrial Park telah mulai menerapkan sistem pengelolaan limbah cair dan udara berbasis *zero discharge* serta program revegetasi pascatambang (ESDM, 2023). Meski implementasinya belum merata di semua wilayah, upaya ini menunjukkan langkah awal menuju praktik pertambangan nikel yang lebih ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Indonesia memiliki potensi besar dalam sektor pertambangan mineral, termasuk nikel yang mendominasi wilayah timur Nusantara. Berkat kondisi geologi yang unik, Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir utama nikel global.

Sejak era kolonial hingga saat ini, eksplorasi dan eksploitasi nikel telah berkembang pesat, ditandai dengan meningkatnya produksi dan pembangunan smelter modern. Penerapan regulasi seperti UU No. 4 Tahun 2009 dan Permen ESDM No. 11 Tahun 2019 mendorong hilirisasi industri nikel untuk meningkatkan nilai tambah. Di sisi lain, pandemi COVID-19 sempat menekan industri ini, meski sektor tersebut berhasil bangkit dengan adaptasi yang cepat. Mayoritas deposit nikel Indonesia adalah tipe laterit, yang memerlukan lahan luas dan teknologi pengolahan yang kompleks bila dibandingkan dengan tipe sulfida. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan yang bijak menjadi isu krusial dalam eksploitasi nikel. Ke depan, Indonesia memiliki peluang besar untuk mempertahankan

statusnya sebagai pengendali harga nikel dengan terus memperhatikan isu keberlanjutan lingkungan, logam ikutan, serta fluktuasi perdagangan global.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Bapak Edy Slameto atas dukungan dan izin publikasinya. Bapak Kurnia telah berperan dalam memberikan masukan mengenai peluang pada dunia pertambangan. Apresiasi kami juga sampaikan kepada Bapak Asep K. Permana dan Bapak Ratdomo Purbo atas diskusinya yang bermanfaat.

ACUAN

- Ahmed, A. M. M., Ali, A. E., & Ghazy, A. H. 2019. "Adsorption separation of nickel from wastewater by using olive stones." *Advanced Journal of Chemistry-Section A*, 2(1), 79-93.
- Anbiyak, N., & Cahyaningrum, T. 2020. "Identifikasi Zona Kaya Kobalt Pada Cebakan Nikel Laterit Di Indonesia." *Indonesian Mining Professionals Journal*, 2(2), 103-110.
- Arifin, A., Rosana, M. F., Yuningsih, E. T., & Yoseph, B. 2019. "Geologi Dan Karakteristik Bijih Pit Ramba Joring Deposit Martabe, Sumatera Utara." *Buletin Sumber Daya Geologi*, 14(2), 79-95.
- Assad, N., Sood, A., Campen, M. J., & Zychowski, K. E. 2018. "Metal-induced pulmonary fibrosis." *Current environmental health reports*, 5, 486-498.
- Barnes, S. J., & Mungall, J. E. 2018. Blade-shaped dikes and nickel sulfide deposits: A model for the emplacement of ore-bearing small intrusions. *Economic Geology*, 113(3), 789-798.
- Dybowska, A., Schofield, P. F., Newsome, L., Herrington, R. J., Mosselmans, J. F., Kaulich, B., Kazemian, M., Araki, T., Skiggs, T.J., Kruger, J., Oxley, A., Norman, R.L., & Lloyd, J. R. 2022. "Evolution of the Piauí laterite, Brazil: Mineralogical, geochemical and geomicrobiological mechanisms for cobalt and nickel enrichment." *Minerals*, 12(10), 1298.
- Ernowo, E., Meyer, F. M., & Idrus, A. 2019. "Hydrothermal alteration and gold mineralization of the Awak Mas metasedimentary rock-hosted gold deposit, Sulawesi, Indonesia." *Ore Geology Reviews*, 113, 103083.
- Fauziyyah, P. Z., & Paksi, A. K. 2023. "Dampak Kerja Sama Indonesia-China Dalam Proyek Investasi Nikel Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kedua Negara." *Jurnal Ilmiah Dinamika Sosial*, 7(1), 86-105.
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M. S., & Catalano, A. 2020. "Nickel: Human health and environmental toxicology." *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 679.
- Gunawan, A., & Nadir, N. 2022. "An Analysis of Export Restriction Policies for Indonesian Nickel: Strengthening Indonesia's Opportunities from the European Union's Lawsuit Regarding Export Restrictions for Nickel." *Legal Brief*, 11(2), 408-418.

- Haya, A., Conoras, W. A., & Firman, F. 2019. "Penyebaran endapan nikel laterit pulau obi kabupaten halmahera selatan provinsi maluku utara." *Journal Of Science And Engineering*, 2(1).
- Ilham, M. 2023. "Dampak Pertambangan Nikel PT. GMS terhadap Gaya Hidup Karyawan." *Jurnal Online Program Studi Pendidikan Ekonomi*, 8(3), 479-494.
- Irzon, R., Syafri, I., Hutabarat, J., & Sendjaja, P. 2016. "REE comparison between muncung granite samples and their weathering products, Lingga Regency, Riau Islands." *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(3), 149-161.
- Irzon, R., & Abdullah, B. 2016. "Geochemistry of Ophiolite Complex in North Konawe, Southeast Sulawesi." *Eksplorium: Buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir*, 37(2), 101-114.
- Irzon, R. 2017. "Pengayaan logam berat Mn, Co, dan Cr pada laterit nikel di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara." *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12(2), 71-86.
- Irzon, R., & Abdullah, B. 2018. "Element mobilization during weathering process of ultramafic complex in North Konawe Regency, Southeast Sulawesi based on a profile from Asera." *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(3), 277-290.
- Irzon, R., Syafri, I., Hutabarat, J., Sendjaja, P., & Permanadewi, S. 2018. "Heavy metals content and pollution in tin tailings from Singkep Island, Riau, Indonesia." *Sains Malaysiana*, 47(11), 2609-2616.
- Irzon, R., Kurnia, K., Sendjaja, P., Harisaputra, D., & Baharuddin, B. 2019. "Pengaruh Pelapukan Terhadap Kadar Platina dan Palladium Nikel Laterit Konawe Utara." *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 15(2), 97-108.
- Irzon, R. 2021. "Penambangan timah di Indonesia: Sejarah, masa kini, dan prospeksi." *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(3), 179-189.
- Irzon, R., Syafri, I., Suwarna, N., Hutabarat, J., Sendjaja, P., & Setiawan, V. E. 2021. "Geochemistry of plutons in central Sumatra and their correlation to Southeast Asia tectonic history." *Geologica acta: an international earth science journal*, (19), 2.
- Jinlong, L., Zhumin, L., Yongheng, Z., Li, W., Guan, W., Ping, J., ... & Cunjie, D. 2023. "Distribution, geology and development status of nickel deposits." *Geology in China*, 50(1), 118-132.
- Jowitt, S. M. 2020. "COVID-19 and the global mining industry." *SEG Newsletter*, (122), 33-41.
- Kahraman, E., & Akay, O. 2023. Comparison of exponential smoothing methods in forecasting global prices of main metals. *Mineral Economics*, 36(3), 427-435.
- Kamaruddin, H., Indrakususma, R. A., Rosana, M. F., Sulaksana, N., & Yuningsih, E. T. 2018. "Profil Endapan Laterit Nikel Di Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara." *Buletin Sumber Daya Geologi*, 13(2), 84-105.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2024. "Hilirisasi Nikel Hasilkan Nilai Tambah Industri Baterai Kendaraan Listrik." Siaran Pers Nomor: 418.Pers/04/SJL/2024, 5 Agustus 2024.
- Khurshid, A., Chen, Y., Rauf, A., & Khan, K. 2023. "Critical metals in uncertainty: How Russia-Ukraine conflict drives their prices?." *Resources Policy*, 85, 104000.

- König, U. 2021. "Nickel laterites—mineralogical monitoring for grade definition and process optimization." *Minerals*, 11(11), 1178.
- Kurniawan, A. R., Murayama, T., & Nishikizawa, S. 2021. "Appraising affected community perceptions of implementing programs listed in the environmental impact statement: A case study of Nickel smelter in Indonesia." *The Extractive Industries and Society*, 8(1), 363-373.
- Kusuma, R. A. I., Kamaruddin, H., Rosana, M. F., & Yuningsih, E. T. 2019. "Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tengara." *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(2), 85-92.
- Latyuk, E., Goryachev, A., Melamud, V., & Bulaev, A. 2024. "Hydrometallurgical Processing of a Low-Grade Sulfide Copper–Nickel Ore Containing Pt and Pd. Processes", 12(6), 1213.
- Lo, M. G., Morgans, C. L., Santika, T., Mumbunan, S., Winarni, N., Supriatna, J., ... & Struebig, M. J. 2024. "Nickel mining reduced forest cover in Indonesia but had mixed outcomes for well-being." *One Earth*, 7(11), 2019-2033.
- Marcuson, S. W., Hooper, J., Osborne, R. C., Chow, K., & Burchell, J. 2009. "Sustainability in nickel projects: 50 years of experience at Vale Inco." *Engineering and Mining Journal*, 210(10), 52.
- McNulty, B. A., & Jowitt, S. M. 2022. "Exploration for Byproduct Critical Element Resources: Proxy Development Using a LA–ICP–MS Database." *Frontiers in Earth Science*, 10, 892941.
- Miaratiska, N., & Azizah, R. 2015. *Hubungan paparan nikel dengan gangguan kesehatan kulit pada pekerja industri rumah tangga pelapisan logam di Kabupaten Sidoarjo*. Universitas Airlangga.
- Muis, I., Agustang, A., Rosmini Maru, A. A., & Kamaruddin, S. A. 2023. "Analyzing ecological modernization process and its effects on the community near the company: case study Vale Indonesia TBK." *European Chemical Bulletin*, (12), S3.
- Nasution, M. J., Bakri, S., Setiawan, A., Wulandari, C., & Wahono, E. P. 2024. "The Impact of Increasing Nickel Production on Forest and Environment in Indonesia: A Review." *Jurnal Sylva Lestari*, 12(3), 549-579.
- Peribadi, P., Kasim, S. S., Juhaepa, J., Sarmadan, S., & Samsul, S. 2020. Pertambangan Nikel dan Problematikanya (Studi Fenomenologi di Kabupaten Konawe Selatan). ETNOREFLIKA: Jurnal Sosial dan Budaya, 9(3), 299-312.
- Permanadewi, S., Wahyudiono, J., & Tampubolon, A. 2017. "Cebakan Nikel Laterit di Pulau Gag, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat." *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12(2), 56-70.
- Santoso, R. B., Dermawan, W., & Moenardy, D. F. 2024. "Indonesia's rational choice in the nickel ore export ban policy." *Cogent Social Sciences*, 10(1), 2400222.
- Setiawan, A., & Horman, J. R. 2019. "Regulation Development of Increasing Nickel Added Value in Indonesia: Perkembangan Regulasi Peningkatan Nilai Tambah Nikel di Indonesia." *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 2(2), 106-117.
- Siégel, C., Schoneveld, L., Spaggiari, C., Le Vaillant, M., Barnes, S., Godel, B., Mahon, D., Verrall, M., Martin, L., Caruso, S., & Shelton, T. 2024. "A newly recognised mafic sill-hosted Ni-sulfide deposit emplaced during the 2.4 Ga Widgiemooltha dike swarm event, Eastern Goldfields, Western Australia." *Mineralium*

Deposita, 1-24.

- Siregar, R. N., & Widana, K. S. 2022. "Radiogenic heat production of S-type and I-type granite rocks in Bangka Island, Indonesia." *Kuwait Journal of Science*, 49(3).
- Sirimongkonpun, M., Tsunogae, T., Tukpho, T., & Fanka, A. 2024. "New insights into the petrogenesis of granitic rocks in southern Thailand, SE Asia tin belt: evidence from petrochemistry and geochronology." *International Geology Review*, 1-26.
- Sreekanth, T. V. M., Nagajyothi, P. C., Lee, K. D., & Prasad, T. N. V. K. V. 2013. "Occurrence, physiological responses and toxicity of nickel in plants." *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10, 1129-1140.
- Suriyani, B. B. 2019. "Dampak Positif Aktivitas Pertambangan Nikel terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat di Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan." *Journal Publicuho*, 2(1), 58-64.
- Tri, R. 2021. "Analisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Akibat Kerja Pada Karyawan Smelter 'X'Industri Tahun 2020." *Journal of Baja Health Science*, 1(02), 156-167.
- Tupaz, C. A. J., Watanabe, Y., Sanematsu, K., & Echigo, T. 2020. "Mineralogy and geochemistry of the Berong Ni-Co laterite deposit, Palawan, Philippines." *Ore Geology Reviews*, 125, 103686.
- Ucyildiz, A., & Girgin, I. 2017. "High pressure sulphuric acid leaching of lateritic nickel ore." *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 53(1), 475-488.
- United States Geological Survey 2024. *Mineral Commodity Summaries*. 211 hal.
- Varela, R., Garcia, G. A., Garcia, C., & Ambal, A. 2016. "Survival and growth of plant species in agroforestry system for progressive rehabilitation of mined nickel sites in Surigao del Norte, Philippines." *Annals of Studies in Science and Humanities*, 2(1), 16-25.
- Wang, X. Q., Wu, T., Zhong, H., & Su, C. W. 2023. "Bubble behaviors in nickel price: What roles do geopolitical risk and speculation play?" *Resources Policy*, 83, 103707.
- Widiatmoko, H. C., Mirnanda, E., & Kurnio, H. 2020. "Nickel in Buli Coastal Area, East Halmahera." *Bulletin of the Marine Geology*, 35(1).
- Zhang, H., Liu, G., Li, J., Qiao, D., Zhang, S., Li, T., Guo, X., & Liu, M. 2023. "Modeling the impact of nickel recycling from batteries on nickel demand during vehicle electrification in China from 2010 to 2050." *Science of The Total Environment*, 859, 159964.
- Zhao, K., Gao, F., & Yang, Q. 2022. "Comprehensive review on metallurgical upgradation processes of nickel sulfide ores." *Journal of Sustainable Metallurgy*, 8(1), 37-50.
- Zulfikar, M., & Aryanto, N. C. 2017. "The Study of Seafloor Tin Placer Resources of Quaternary Sediment at Toboali Waters, South Bangka." *Bulletin of the Marine Geology*, 31(2).

<https://insg.org/index.php/about-nickel/production-usage/> (diakses 2 Januari 2025)

<http://www.statista.com/statistics/675880/average-prices-nickel-worldwide> (diakses 28 Januari 2025).