

# Transformasi Ekonomi: Menggali Potensi Investasi Tiongkok di Smelter Nikel Indonesia

Virginia Ahtali Grasia\*

\*Penulis korespondensi. Hubungan Internasional, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

Viona Laurentia Setiawan

Hubungan Internasional, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

Sevinka Andrea Tjandra

Hubungan Internasional, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

## JEL Classification Code:

F1, O1, O4, P1

## Kata kunci:

Larangan bijih nikel, Teori sistem dunia, Perekonomian Indonesia, Investasi Tiongkok

## Email penulis:

6092101178@student.unpar.ac.id\*

6092101019@student.unpar.ac.id

6092101038@student.unpar.ac.id

## Abstract

*This study explores China's nickel smelter investment in Indonesia amidst a ban on nickel exports to rebalance unequal cooperation. Focusing on 2020-2022 and limited to the nickel energy industry, this report analyzes core-periphery dynamics using The World Theory which explains the lack of adequate capital and resource, with qualitative data and literature studies. As a result, this research shows the importance of Chinese smelter investment in nickel innovation and supports the export ban policy as the right step for the Indonesian government. This research provides a new perspective from similar research that did not see the positive side of the asymmetric relationship between developing and developed countries.*

## Abstrak

Penelitian ini mengkaji penyebab tingginya keterlibatan Tiongkok melalui investasi smelter nikel di Indonesia, meskipun telah melarang ekspor bijih nikel sebagai upaya pemutusan rantai kerjasama yang tidak seimbang. Dengan kurun waktu tahun 2020-2022, penelitian ini mengesampingkan industri energi di komoditas lainnya meskipun terdapat aturan serupa. Pengumpulan data dilakukan secara kualitatif menggunakan studi literatur dengan pendekatan *The World Theory* yang menjelaskan hubungan struktural antara negara *core* dan *periphery* akibat kurangnya modal dan sumber daya yang memadai. Hasilnya, penelitian ini menunjukkan pentingnya investasi smelter Tiongkok terhadap inovasi pengolahan bijih nikel dan mendukung kebijakan larangan ekspor sebagai langkah tepat yang diambil pemerintah Indonesia. Penelitian ini memberikan perspektif baru dari penelitian serupa yang tidak melihat sisi positif dari hubungan asimetris antara negara berkembang dan maju.



## **Pendahuluan**

Pada tahun 2020, Indonesia telah berhasil menjadi salah satu negara penghasil nikel terbesar di dunia (Medina, 2023). Meskipun begitu, sejak 1 Januari 2020 Pemerintah Indonesia telah memberlakukan kebijakan larangan ekspor bijih nikel berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 11 Tahun 2019 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019b). Sebelum larangan ini dikeluarkan, Indonesia menjadi negara yang menguasai hingga 20% ekspor nikel secara global. Larangan ekspor bijih nikel dapat dikatakan sebagai salah satu strategi yang diterapkan oleh pemerintah, agar *infant industry* di Indonesia, khususnya dalam bidang pertambangan (bijih nikel), mampu mencapai skala ekonomi dan kapasitas, serta kemampuan yang dapat bersaing secara global.

Fokus penelitian ini terbatas pada periode 2020 hingga 2022 untuk memperoleh pemahaman yang lebih terperinci tentang kebijakan larangan ekspor bijih nikel oleh Indonesia, serta peran Tiongkok dalam investasi industri nikel selama periode tersebut. Pemerintah mengharapkan kebijakan ini dapat memaksimalkan program hilirisasi industri untuk meningkatkan nilai tambah dalam produksi, terutama pengolahan bijih nikel Indonesia. Dengan demikian, Indonesia akan memperoleh dampak positif bagi perekonomian dalam jangka panjang karena memiliki peluang besar dalam mengembangkan bijih nikel di dalam negeri (Sulaeman, 2022). Manfaat yang diperoleh Indonesia tidak hanya dilihat dari neraca perdagangan yang menjadi surplus dan meningkatnya lapangan pekerjaan, tetapi juga potensi dalam menciptakan berbagai produk bernilai tinggi, seperti sel baterai mobil listrik, sehingga memperoleh nilai tambah. Hal ini tentu sejalan dengan upaya Indonesia untuk mencapai agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 8, yaitu *decent work and economic growth* (United Nations, 2015).

Di sisi lain, kebijakan yang dinilai pemerintah dapat membawa keuntungan bagi Indonesia ini justru telah memperoleh berbagai penolakan, baik secara domestik maupun dalam lingkup internasional. Respons penolakan tersebut muncul karena kebijakan ini dinilai telah merugikan berbagai pihak dan menimbulkan masalah serius dalam perdagangan internasional. Sebagai salah satu eksportir nikel terbesar ke Uni Eropa, Indonesia digugat oleh Uni Eropa akibat diberlakukannya kebijakan ini. Uni Eropa menggugat Indonesia ke WTO karena Indonesia dinilai tidak menjalankan komitmen dalam memberikan akses secara luas bagi perdagangan internasional (World Trade Organization, 2022). Padahal, diberlakukannya larangan ekspor ini tidak dimaksudkan untuk menghambat perdagangan internasional, melainkan bertujuan untuk memaksimalkan sumber daya nikel bagi kesejahteraan Indonesia melalui pengolahan dalam negeri. Langkah ini juga diambil Indonesia untuk meminimalkan ketergantungannya dengan Uni Eropa sehingga berusaha mengembangkan kapabilitas teknologinya melalui pembangunan smelter (Davies, 2022). Menurut KBBI (2016), smelter merupakan sebuah pabrik untuk pengolahan dan pemurnian bijih tambang.

Selain menetapkan kebijakan larangan ekspor bijih nikel, pemerintah mendorong pembangunan smelter bijih nikel di dalam negeri. Hal ini dikarenakan sejak pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan larangan ekspor bijih nikel pada awal tahun 2020, nilai ekspor dari komoditas turunan nikel mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Terbukti dari nilai ekspor produk nikel yang mencapai USD33,81 miliar atau Rp504,2 triliun pada tahun 2022. Angka tersebut sebesar naik 745% dibandingkan pada tahun sebelum Indonesia memberlakukan kebijakan ini. Akibatnya, pemerintah terus mendorong pertumbuhan dari industri smelter (Sutrisno, 2023).

Pemerintah Indonesia meyakini bahwa pembangunan smelter mampu memperkuat hilirisasi industri sehingga komoditas tambang memiliki nilai lebih tinggi (Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, 2021). Maka setelah digugat oleh Uni Eropa, Pemerintah Indonesia menawarkan alternatif lain dengan membuka investasi asing bagi pembangunan smelter. Selain untuk memastikan komitmen Indonesia terhadap perdagangan internasional, dibukanya investasi ini bertujuan untuk menciptakan potensi pertumbuhan signifikan dalam sektor pertambangan. Tiongkok telah menjadi salah satu negara yang mengambil bagian dalam industri pengolahan nikel di Indonesia (Castillo, et al., 2022). Investasi ini terus didorong karena

pertumbuhan dari industri smelter terbukti dapat memberikan *multiplier effect* secara luas bagi perekonomian nasional (Cabinet Secretariat of The Republic of Indonesia, 2023).

Usaha Indonesia untuk mengurangi ketergantungannya pada Uni Eropa melalui pelarangan ekspor bijih nikel, malah menambah ketergantungannya dengan Tiongkok. Pemutusan hubungan dagang bijih nikel berdampak pada peningkatan keterlibatan Tiongkok dalam investasi industri smelter di Indonesia. Justifikasi pelarangan ekspor nikel yang seolah-olah ingin mengupayakan sebuah pertumbuhan ekonomi yang mandiri, melalui penambahan nilai bijih nikel, malah meningkatkan kesempatan Tiongkok untuk ikut campur lebih jauh lagi dalam industri pertambangan Indonesia. Tentunya dalam jangka panjang, keterlibatan ini akan berbahaya karena Indonesia harus menentukan strategi pembangunan ekonomi nasional.

Keterlibatan Tiongkok dalam investasi smelter ini juga harus dipertimbangkan supaya tidak semakin besar sehingga dapat mempengaruhi pengambilan keputusan di dalam negeri. Dengan demikian, penelitian ini akan menjelaskan secara komprehensif terkait strategi kebijakan pemerintah Indonesia dalam upaya hilirisasi nikel sehingga dapat menemukan dampak jangka panjang dari perubahan arah ketergantungan ekonomi Indonesia. Melalui penelitian ini kami berusaha untuk menemukan jawaban atas pertanyaan Mengapa kebijakan larangan ekspor bijih nikel cenderung meningkatkan keterlibatan Tiongkok melalui investasi smelter di Indonesia?

## **Landasan Teori dan Tinjauan Literatur**

Penelitian ini menggunakan *World System Theory* yang dikemukakan oleh salah satu praktisi Marxisme, yaitu Immanuel Wallerstein tahun 1975. Wallerstein (1975) mengkritik perspektif developmentalis ekonomi politik liberal dari pendekatan sistem dunia dengan membagi negara menjadi tiga kategori, yaitu *periphery* (periferi), *semi periphery* (semi-periferi), dan *core* (inti). Permasalahan yang dijelaskan dalam teori ini adalah adanya kenyataan bahwa terdapat tahapan atau tingkat pembangunan nasional yang berbeda-beda dalam perekonomian global. Perbedaan tersebut akhirnya menentukan kategorisasi peran yang akan dimainkan oleh suatu negara dalam sistem politik dan ekonomi global. Teori ini menggunakan unit analisis utama yaitu, sistem ekonomi dunia kapitalis yang membuat adanya perjuangan politik suatu negara dalam sistem internasional sebagai upaya untuk mengubah atau mempertahankan posisi merea perekonomian dunia. Begitu juga menurut Petras (1981) bahwa perjuangan untuk mencapai tujuan tersebut akan tetap dilakukan dengan menguntungkan atau merugikan kelompok tertentu yang berada dalam kategori tertentu.

*World System Theory* digunakan untuk menganalisis permasalahan dari kasus ini karena memiliki ide utama yaitu, perdagangan global tidak pernah setara atau sederajat. Teori ini berpandangan bahwa selalu terdapat negara yang lebih kuat secara ekonomi (*core*) dibandingkan negara lain sehingga mampu melakukan perdagangan dengan negara-negara yang lebih lemah (periferi), dengan syarat yang lebih menguntungkan mereka (*core*) (Wallerstein, 1975). Sebagai negara periferi, solusi atas kesenjangan tersebut adalah membuat sebuah mekanisme yang dapat menyamakan perdagangan dengan negara *core* (Petras, 1981). Perubahan yang terjadi di negara periferi dalam sistem ekonomi dan kekuatan politiknya, juga akan berdampak kembali ke negara-negara *core* sehingga akan mengubah atau mentransformasikan hubungan timbal balik tersebut.

Indikator kategorisasi menurut Wallerstein (1975), negara *core* merupakan sebuah negara yang inovatif dan berperan aktif dalam perdagangan internasional, mengekspor modal, menghasilkan pendapatan tinggi, serta memiliki produktivitas dan stabilitas sistem politik yang tinggi. Daerah periferi adalah negara yang kurang inovatif, mempunyai pendapatan dan produktivitas rendah, bergantung pada impor modal, mempunyai peran kecil dalam perdagangan internasional, dan tidak stabil secara politik. Oleh karena itu, dalam pendekatan ini, negara-negara pinggiran lebih bergantung pada pusat dan dirugikan oleh kondisi perdagangan yang tidak setara. Lebih lanjut, Wallerstein (1975) membedakan *semi-periphery* yang diartikan sebagai semacam penyangga antara negara *core* dan periferi. Sekalipun negara-negara dan kawasan-kawasan *semi-periphery* mengalami mobilitas tertinggi, prospek promosi mereka ke status kawasan *core* terutama ditentukan oleh intervensi internasional atau pemerintah.

Daerah *semi-periphery* ada yang dulunya merupakan daerah pusat, ada pula yang sudah maju dari daerah pinggiran. Menurut pendapat Wallerstein, negara-negara *periphery* dan *semi-periphery* yang

membangun keunggulan komparatif dengan tenaga kerja murah akan kehilangan investasi yang mereka tarik. Galtung (1971) juga berpendapat bahwa dalam hubungan antarnegara, salah satu interaksi yang memungkinkan adalah para elit dari negara *core* dan *semi-periphery* berkolaborasi untuk memfasilitasi hubungan ekonomi antar negara yang mungkin sedikit mengeksploitasi negara *semi-periphery*, namun akan memberikan sejumlah imbalan kepada elit mereka yang mempertahankan hubungan tersebut.

Penulis mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya sebagai landasan untuk melakukan penelitian ini. Dapat terlihat bahwa masih ada berbagai argumen mengenai kebijakan larangan ekspor bijih nikel yang diterapkan oleh pemerintah Indonesia. Sebagian ahli meyakini bahwa larangan ekspor bijih nikel yang dilakukan oleh Indonesia dapat dibenarkan karena dilihat mampu memperbaiki neraca perdagangan karena nilai jual nikel yang memiliki potensi untuk meningkat. Akan tetapi, beberapa ahli memandang bahwa Indonesia justru berpotensi kehilangan sejumlah penerimaan karena adanya larangan ekspor bijih nikel tersebut. Lantas apabila kebijakan ini dioptimalkan dan mampu terealisasi, akankah berbagai kemungkinan yang merugikan Indonesia bisa lenyap dan justru membuka peluang datangnya keuntungan besar bagi Indonesia.

Berbeda dengan beberapa peneliti yang melihat kebijakan ini sebagai sebuah potensi, Rahadian dan Ibad (2021) melihat bahwa kebijakan ini berpotensi membuat kinerja ekspor jangka pendek terhambat. Apalagi, para penambang lebih memilih untuk mengekspor hasil produksinya karena harga jual yang lebih tinggi dan hal ini akan mengancam pasokan bijih nikel untuk pembangunan smelter. Dengan demikian, hal ini juga akan berdampak pada rencana pemerintah yang menjadi tidak terealisasi. Berdasarkan penelitian Yoegiantoro et al. (2022) ditemukan bahwa pengolahan nikel di Sulawesi didominasi oleh perusahaan-perusahaan Tiongkok, hingga menciptakan pasar monopsoni di mana Tiongkok dapat menentukan harga dan kualitas nikel dari perusahaan Indonesia. Alhasil, nikel Indonesia dihargai murah oleh Tiongkok, sehingga tidak ada keberlanjutan ekonomi bagi penambang lokal. Hal ini dilakukan oleh Tiongkok untuk mengendalikan sumber daya nikel Indonesia demi memenuhi ambisinya untuk menguasai pasar baterai dunia. Dengan demikian, pada akhirnya Indonesia malah menjadi tempat eksploitasi nikel oleh Tiongkok.

Sebaliknya, berdasarkan Mitranita et al. (2021) memandang kebijakan larangan ekspor bijih nikel sebagai sebuah peluang untuk meningkatkan pendapatan negara dan mampu mempengaruhi neraca pembayaran negara, dari defisit menjadi surplus. Tentunya hal ini didukung pula oleh tindakan pemerintah yang dipastikan tidak melanggar hukum perdagangan internasional, karena pada dasarnya Indonesia memang memiliki kedaulatan untuk mengatur kekayaan alamnya sendiri. Penelitian serupa dilakukan oleh Pandiyaswargo et al. (2021) yang menjelaskan bahwa terlepas dari berbagai penolakan larangan ekspor bijih nikel penting untuk dipertahankan, karena mampu memperkuat hilirisasi industri nikel dalam negeri, mengatasi kekhawatiran tentang sisa cadangan bahan baku nikel dalam negeri yang terbatas, memfasilitasi pengembangan EV secara optimal, dan menggerakkan neraca perdagangan ekonomi nasional. Selain itu meskipun melarang ekspor bijih nikel, pemerintah tetap membuka peluang investasi di Indonesia.

Yoegiantoro, Sasongko, Nurbaiti, dan Arifanto (2022) turut menjelaskan bahwa kerjasama Indonesia-Tiongkok di industri nikel berdampak signifikan pada pertumbuhan ekonomi Indonesia, terutama setelah penerapan kebijakan larangan ekspor nikel. Kebijakan pemerintah Indonesia untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi ini melibatkan kebijakan hilirisasi nikel hingga menarik investasi besar-besaran dari Tiongkok. Namun, terdapat tantangan dalam kerjasama ini yaitu degradasi lingkungan, sehingga pemerintah Indonesia dan perusahaan Tiongkok berusaha mengurangi risiko dengan menerapkan konsep pertambangan hijau. Pada dasarnya, kerjasama ini memiliki dampak positif pada transisi energi dan pembangunan pabrik baterai lithium, mendukung visi Indonesia-Tiongkok untuk mencapai target emisi nol bersih.

Pada tulisan ini, penulis akan fokus membahas kebijakan pemerintah sebagai tindakan tepat yang sudah sepatutnya terus diterapkan bersamaan dengan berbagai strategi yang sifatnya mengoptimalkan, salah satunya investasi smelter oleh Tiongkok. Oleh sebab itu, berbeda dari tulisan yang sudah ada sebelumnya, tulisan ini akan dijelaskan melalui berbagai perspektif sehingga

mampu menemukan penjelasan yang akurat terhadap pertimbangan dari diberlakukannya kebijakan ini.

## **Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam memperoleh data adalah metode kualitatif dengan teknik triangulasi untuk menguatkan validitas, yaitu penggunaan lebih dari satu metode atau sumber data dalam studi fenomena sosial. Dengan metode studi kasus yang berfokus pada analisis terhadap literatur ilmiah, pendekatan ini melibatkan penelusuran mendalam pada artikel jurnal, buku, dan publikasi ilmiah lainnya sebagai sumber utama informasi tertulis. Dalam hal ini, triangulasi yang menggabungkan lebih dari satu pendekatan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber literatur akan memberikan pemahaman lebih mendalam terhadap peneliti terkait fenomena yang akan dibahas (Bryman, 2001).<sup>1</sup>

Dalam proses pengembangan metode penelitian, dilakukan seleksi data secara hati-hati untuk memastikan relevansinya dengan tujuan penelitian. Sebagai bagian dari proses pengumpulan data, peneliti merangkum berbagai perspektif dengan melakukan analisis studi kasus yang telah ada dalam bentuk literatur ilmiah. Selanjutnya, teknik dan instrumen pengumpulan data dilakukan dengan menganalisis secara mendalam terkait literatur ilmiah tersebut. Terakhir, analisis data dilakukan untuk memastikan penyatuan temuan dari berbagai studi kasus yang berbeda tersebut guna mencapai pemahaman yang lebih komprehensif dan menyeluruh terkait potensi investasi smelter nikel tersebut.

## **Hasil dan Pembahasan**

### **Indonesia dan Kebijakan Larangan Ekspor Nikel**

Pulau Sulawesi, Kepulauan Maluku dan Halmahera, Papua, serta Kalimantan merupakan daerah penghasil nikel terbesar di Indonesia yang berkontribusi terhadap 37,04% total produksi nikel dunia. Sebagai negara eksportir dan produsen nikel terbesar dunia, kebijakan larangan ekspor yang mulai ditetapkan Indonesia pada awal tahun 2020 menuai pro dan kontra, terutama di kalangan konsumen bijih nikel dalam jumlah yang besar seperti Eropa. Sebelumnya, Indonesia telah menetapkan kebijakan larangan ekspor dalam UU No. 4 Tahun 2009 Pasal 102, 103, dan 170 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara serta Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 1 Tahun 2014 tentang Kriteria Peningkatan Nilai Tambah. Akan tetapi, larangan ekspor mineral mentah belum dapat diatur secara optimal pasca diberlakukannya kedua kebijakan tersebut karena dinilai belum efektif dan efisien, bahkan cenderung menimbulkan kerugian dalam mengelola bijih nikel tersebut (Radhica & Wibisana, 2023).

Indonesia kemudian menerapkan kebijakan baru tentang larangan ekspor bijih nikel melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 11 Tahun 2019, yang mewajibkan setiap perusahaan untuk mendirikan sebuah smelter. Pembangunan smelter tersebut bertujuan untuk memberikan nilai tambah atau *value added* bagi bijih nikel di Indonesia agar memiliki nilai jual yang lebih baik. Meskipun digugat Uni Eropa melalui WTO (World Trade Organization) akibat potensi kenaikan harga nikel di pasar global, nyatanya Indonesia memiliki alasan tersendiri di balik keputusannya tersebut. Secara eksternal, negara-negara konsumen dan perusahaan-perusahaan bahan baku mineral merasa keberatan dengan kebijakan sebelumnya yang diterapkan pada 2009 dan 2014 karena dianggap menyulitkan dan malah menaikkan biaya produksi yang harus dikeluarkan. Selanjutnya dalam faktor internal, larangan ekspor tersebut membantu Indonesia melalui hilirisasi (upaya meningkatkan nilai tambah nikel dari bahan baku mentah menjadi barang jadi), penciptaan lapangan kerja baru, peningkatan investasi, dan peningkatan pembangunan nasional, sehingga mendorong pemberlakuan larangan tersebut. Penetapan Permen ESDM yang mulai efektif diberlakukan pada 1 Januari 2020 tersebut pun turut mempercepat ambisi Indonesia dalam mencapai *Net Zero Emissions* tahun 2060 (Radhica & Wibisana, 2023). Meskipun

---

<sup>1</sup> Alan Bryman, *Social Research Methods*, 4th ed. (2001; repr., Oxford: Oxford University Press, 2012): 392.

memiliki tingkat produksi dan cadangan nikel yang tinggi, infrastruktur yang kurang mendukung menjadi kendala dalam upaya mencapai hilirisasi yang diinginkan.

Hilirisasi, atau biasa disebut *value-adding*, merupakan upaya untuk mengurangi tingkat ekspor bahan mentah dan mendorong industri domestik untuk memanfaatkan bahan mentah tersebut guna meningkatkan nilai tambah (*value added*) domestik. Dalam konteks nikel, hilirisasi yang dilakukan adalah dengan mengolah bijih nikel terlebih dahulu menjadi barang jadi yang melalui proses pengolahan, tidak lagi mengekspor bahan mentahnya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan nilai ekonomi dari bijih nikel itu sendiri menjadi produk dengan nilai tambah yang lebih tinggi (Agung & Adi, 2022). Akan tetapi, Indonesia masih dihadapkan oleh berbagai kendala dalam upaya hilirisasi pengolahan nikel, yaitu kurangnya smelter-smelter domestik yang tersedia untuk mendorong proses hilirisasi serta keterbatasan jumlah dan kualitas sumber daya manusia (SDM) yang diperlukan. Oleh karena itu, selaras dengan Permen ESDM Nomor 11 Tahun 2019 yang telah disebutkan sebelumnya, dimana pembangunan smelter nikel sebagai upaya hilirisasi nikel berdampak secara positif terhadap peningkatan nilai tambah nikel, diversifikasi ekonomi, penciptaan lapangan kerja, bahkan berpotensi menarik para investor asing untuk berinvestasi yang mengarah pada peningkatan pendapatan nasional Indonesia.

### **Urgensi Hilirisasi Nikel bagi Indonesia**

Sebagai negara yang kaya akan sumber daya mineral seperti batu bara, emas, gas alam, nikel, dan timah, Indonesia termasuk dalam jajaran lima produsen tembaga dan nikel terbesar di dunia (Kuo, 2012). Terhitung hingga tahun 2022 (lihat Tabel 2), Indonesia pun masih menempati urutan pertama dengan jumlah produksi nikel terbanyak dunia, yaitu sebesar 1,6 juta metrik ton atau sekitar 48,5% dari total produksi dunia (U.S. Geological Survey, 2023). Sejak kebijakan larangan ekspor nikel diterapkan pada 2014 dan 2020 lalu, pemerintah Indonesia mulai ‘menggeser’ fokusnya dalam memproduksi nikel dari eksplorasi murni menjadi kegiatan manufaktur logam dengan menarik investasi dalam pengolahan nikel tersebut sebelum ekspor dilakukan. Awalnya pada tahun 2004, investasi terhadap sektor mineral Indonesia hanya berasal dari Australia (ekstraksi emas, perak, dan pembuatan baja), India (produk besi dan *stainless steel*), Inggris, dan Eropa (ekstraksi nikel, tembaga, dan emas). Namun sekitar tahun 2009 dan 2012, Jepang dan Uni Emirat Arab (UEA) menjadi investor terbesar dalam produksi baja dan alumina, sebelum akhirnya didominasi oleh Tiongkok melalui Tsingshan Group (sebagai produsen *stainless steel* terbesar dunia) setelah tahun 2013 (Tritto, 2023).

**Tabel 1. Tingkat Produksi dan Cadangan Nikel Indonesia Tahun 2016-2019 (dalam satuan Metrik Ton Ni)**

Tahun	Produksi Nikel				Cadangan Nikel			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Indonesia	199,000	345,000	606,000	853,000	4,500,000	4,500,000	21,000,000	21,000,000
Total Dunia	2,090,000	2,160,000	2,400,000	2,610,000	78,000,000	74,000,000	89,000,000	89,000,000

Sumber: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2017-2021

Sebelum kebijakan larangan ekspor secara resmi ditetapkan sejak 1 Januari 2020, Indonesia memiliki jumlah produksi nikel yang meningkat pesat dalam kurun waktu 2016-2019, puncaknya mencapai 853,000 metrik ton. Terlebih, jumlah cadangan nikel Indonesia mengalami peningkatan hampir lima kali lipat dalam jangka waktu satu tahun dari 2017 ke 2018, yaitu dari 4,5 juta menjadi 21 juta metrik ton (U.S. Geological Survey, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa dengan jumlah yang sangat melimpah, produksi bijih nikel seharusnya dapat diolah menjadi barang jadi terlebih dahulu dan tidak dijual dalam keadaan masih ‘mentah’. Berdasarkan data Kementerian ESDM melalui siaran pers tanggal 11 Februari 2019, smelter nikel pada tahun 2016 berjumlah 12 unit, bertambah 5 unit di tahun 2017-2018, hingga akhirnya menempati posisi pertama smelter terbanyak dengan jumlah 17 dari total 27 unit smelter yang telah beroperasi pada tahun 2019 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019a).

**Tabel 2.** Tingkat Produksi dan Cadangan Nikel Indonesia dan Tiongkok Tahun 2020-2022  
(dalam satuan Metrik Ton Ni)

Tahun	Produksi Nikel			Cadangan Nikel		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Indonesia	771,000	1,040,000	1,600,000	21,000,000	21,000,000	21,000,000
Tiongkok	120,000	109,000	110,000	2,800,000	2,800,000	2,100,000
Total Dunia	2,510,000	2,730,000	3,300,000	94,000,000	>95,000,000	>100,000,000

Sumber: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2021-2023

Berdasarkan data dari U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries tahun 2021-2023 (Tabel 2), Indonesia konsisten menempati peringkat pertama dalam total produksi dan cadangan nikel terbesar di dunia—bahkan mencapai sepuluh kali lipat produksi Tiongkok di tahun 2022 (U.S. Geological Survey, 2023). Jika dibandingkan dengan Tabel 1 yang menunjukkan produksi nikel di tahun 2019 mencapai 853,000 metrik ton, terlihat adanya penurunan produksi menjadi 771,000 metrik ton di tahun 2020 pasca larangan kebijakan ekspor nikel. Namun, Indonesia berhasil meningkatkan jumlah produksinya menjadi 1 juta 40 ribu metrik ton di tahun 2021 dan mengalami kenaikan yang signifikan hingga 53,8%. Analisis Tabel 1 dan Tabel 2 juga mengindikasikan bahwa cadangan nikel yang dimiliki Indonesia sejak tahun 2018-2022 tetap stabil di angka 21 juta metrik ton. Artinya, penting bagi Indonesia untuk menjaga dan mengelola cadangan nikelnya dengan cermat untuk memastikan bahwa eksploitasi sumber daya tersebut dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Sejak larangan ekspor mulai berlaku, pemerintah Indonesia telah menargetkan pembangunan 53 smelter yang direncanakan akan selesai pada tahun 2024 mendatang. Bahkan menurut Kementerian ESDM, hingga saat ini terdapat 116 smelter nikel—baik yang telah beroperasi, masih dalam proses pembangunan, serta yang masih berencana untuk dibangun. Keberhasilan implementasi kebijakan hilirisasi pemerintah tersebut kemudian membuka peluang besar bagi kebutuhan investasi asing (Rosada et al., 2023). Menurut Sekretaris Jenderal APNI (Asosiasi Penambang Nikel Indonesia) Meidy Katrin Lengkey, 99% investor dari 53 smelter yang akan dibangun tersebut berasal dari Tiongkok, yang 30 di antaranya adalah smelter nikel (Muliawati, 2023). Mengingat keterbatasan sumber daya dan infrastruktur yang dimiliki Indonesia, investasi asing dalam konteks ini sangat diperlukan sebagai penunjang kesuksesan pembangunan smelter domestik sebagai langkah strategis dalam upaya hilirisasi nikel di Indonesia.

Dalam acara Mandiri Investment Forum 2023, Presiden Joko Widodo turut menegaskan bahwa Indonesia tidak akan menjadi negara maju jika masih ‘takut’ menghirilkan bahan-bahan mentah yang dihasilkan sendiri. Ia menambahkan, sebelum larangan ekspor diberlakukan, nilai ekspor bijih nikel yang Indonesia dapatkan hanya sebesar US\$ 1,1 miliar atau Rp 16,98 triliun. Namun pada tahun 2022, nilai ekspor untuk produk hilir nikel yang telah diolah menjadi barang jadi meningkat drastis menjadi US\$ 30-33 miliar atau Rp 450 triliun (Binekasri, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan hilirisasi nikel di Indonesia, dengan dukungan investasi asing, telah memberikan dampak positif yang sangat signifikan dalam pertumbuhan ekonomi domestik Indonesia.

### **Kategorisasi Indonesia dan Tiongkok**

Negara-negara *semi-periphery* seperti Indonesia memainkan peran khusus dalam perekonomian dunia kapitalis, berdasarkan pada sistem pembagian kerja *World-Theory (core-periphery)*. Menurut Wallerstein (1976), negara *core* memiliki pendapatan tinggi karena mereka mendiversifikasi produksi sehingga mendapat keuntungan tinggi, yang didukung oleh teknologi canggih, dan upah tinggi. Sedangkan negara *periphery* memiliki pendapatan rendah, belum ada teknologi canggih, dan upah rendah, karena produksi yang kurang terdiversifikasi. Namun, selalu ada sejumlah negara yang secara nyata berada di antara keduanya dan memainkan peran yang berbeda, yaitu negara *semi-periphery*. Perbedaan tersebut berpengaruh pada hubungan perdagangan antara negara *core* dan periferi, karena menurut studi, perdagangan intra negara *core* mendominasi sekitar di atas 90% untuk industri manufaktur terkemuka seperti obat-obatan serta mesin dan peralatan transportasi (Kostoska et al., 2020).

Dengan sumber daya yang melimpah (lihat Tabel 1 dan 2), Indonesia seharusnya memiliki



pendapatan yang lebih besar dan memiliki kemungkinan untuk meningkatkan penerimaan negara melalui nikel, yang pada saat itu, mencapai harga tertinggi sebesar US\$22.735 per ton per Januari 2020 (Primadhyta, 2022). Namun, menurut World Bank list of Economies (2021), pada tahun yang sama, Indonesia masih tergolong sebagai negara *lower middle income*, sedangkan Tiongkok tergolong sebagai negara *upper middle income*. Klasifikasi tersebut diperbarui setiap tahun pada tanggal 1 Juli dan didasarkan pada GNI per kapita tahun sebelumnya (2021). Meskipun memiliki sumber daya dan cadangan nikel yang besar, pendapatan ekonomi Indonesia masih di bawah Tiongkok yang tidak memiliki *resources* tersebut (Tabel 2). Melalui klasifikasi dalam pendapatan tersebut, dan menurut asumsi *World Theory*, dapat dikatakan bahwa, Indonesia adalah negara *semi-periphery* sedangkan Tiongkok adalah negara *core*.

Pola hubungan ini sesuai dengan kasus Indonesia-Tiongkok, bahwa manufaktur berteknologi tinggi berasal dari negara *core* dan kemungkinan besar akan diekspor ke negara *periphery*. Indonesia memiliki sumber daya alam yang besar namun tidak memiliki teknologi canggih yang dapat mengolah nikel menjadi barang yang memiliki nilai lebih tinggi. Tidak hanya teknologi, terdapat juga perbedaan dalam tenaga kerja negara *core*, yaitu Tiongkok yang lebih terdidik atau kompeten daripada tenaga kerja Indonesia. Ketimpangan tenaga kerja ini dapat dilihat dari kerjasama antara Indonesia dan Tiongkok khususnya dalam IMIP (Indonesia Morowali Industrial Park).

### **Hubungan Indonesia dan Tiongkok**

Indonesia Morowali Industrial Park atau IMIP di Sulawesi Tengah adalah salah satu investasi Tiongkok terbesar di Indonesia, pada sektor mineral. Pada tahun 2020, IMIP mempekerjakan sekitar 43.000 pekerja dari Indonesia dan 5.000 tenaga kerja dari Tiongkok. Namun, 5.000 orang tersebut memiliki peran yang lebih tinggi, misalnya sebagai pengawas, teknisi, atau manajerial, sedangkan pegawai asal Indonesia merupakan tenaga kerja utama (Tritto, 2023). Melalui data pekerja IMIP, terlihat hubungan asimetris dari kerjasama Indonesia dan Tiongkok, karena upah pekerja ditentukan berdasarkan peran yang dimainkan oleh para pekerja. Pekerja dengan keahlian tinggi, tentu juga mendapatkan pendapatan yang tinggi, dan hal ini didapatkan oleh pekerja dari Tiongkok, karena memiliki peran atau jabatan di atas pekerja Indonesia. Dengan kemampuan rendah, pekerja Indonesia tidak dapat mengolah sumber daya mineralnya sendiri tanpa bantuan teknologi atau tenaga kerja ahli dari Tiongkok.

Tidak hanya pekerja, sistem kepemilikan saham juga didominasi oleh perusahaan Tiongkok yang berarti, Bintang Delapan Group, tidak memiliki banyak keterlibatan sebagai pihak Indonesia dalam kepemilikan perusahaan patungan. Dalam konfigurasi kerjasama IMIP, mitra Indonesia hanya memiliki 33,75% saham yang dipegang oleh Bintang Delapan Group, sedangkan sisa 66,25% saham tersebut dimiliki oleh perusahaan Tiongkok, Shanghai Decent Investment (Dinata, et al., 202, *see also*, Tritto, 2023). Pemegang saham mayoritas memiliki kekuatan yang signifikan dalam menentukan arah dan kebijakan perusahaan, sehingga dapat mempengaruhi bagaimana sumber daya dimanfaatkan dan didistribusikan, termasuk tenaga kerja dan bahan baku. Ketergantungan semacam ini sesuai dengan posisi periferi dalam teori Wallerstein di mana peran Indonesia adalah sebagai penyedia sumber daya alam (bijih nikel) dan tidak memiliki kontrol penuh atas proses produksi dan nilai tambah.

Meskipun demikian, bukan berarti Indonesia tidak mendapatkan keuntungan dari hubungan antara negara *core* dan *semi-periphery* tersebut. Untuk mengolah bahan mentah (bijih nikel) menjadi feronikel, Indonesia membutuhkan teknologi dan investasi dari luar, termasuk Tiongkok. Pada asumsinya, negara *semi-periphery* pasti akan bergantung kepada negara *core* untuk menjalankan ekonominya, dalam hal ini adalah proses produksi. Sejak larangan ekspor ke Uni Eropa, Indonesia telah melihat adanya peningkatan dalam investasi hilirisasi yang berfokus pada pemurnian dan pengolahan nikel, terutama dari Tiongkok. Pabrik pertambangan Tiongkok, termasuk GEM Co, telah berkomitmen dengan memberikan sekitar \$30 miliar untuk memindahkan aktivitas produksi mereka ke Indonesia (Castillo, et al, 2022). Pada pertengahan April 2022, raksasa baterai Tiongkok CATL juga melakukan investasi bersama di Indonesia untuk penambangan nikel dan produksi baterai kendaraan listrik.

Masuknya investasi besar-besaran Tiongkok melalui sektor bijih nikel juga tidak diragukan

lagi telah menciptakan peluang ekonomi yang sangat dibutuhkan Indonesia sebagai negara *semi-periphery* yang tidak memiliki teknologi mumpuni. Perekonomian Indonesia sangat bergantung pada investasi Tiongkok (*core*) baik untuk suntikan modal, likuiditas modal, maupun pengetahuan teknologi, serta eksekusi cepat (Dinata, et al., 2020). Secara tidak langsung, investasi berupa pembangunan smelter ataupun industri pertambangan seperti IMIP membantu memunculkan setidaknya 30.000 penyedia layanan kecil dan bisnis lokal (UMKM) yang didominasi oleh bisnis terkait konsumsi (Dinata, et al., 2020). Meskipun demikian, kebutuhan Indonesia menjadi peluang Tiongkok untuk mendapatkan bahan mentah guna memenuhi permintaan industri pertambangan mereka. Motif Tiongkok untuk berinvestasi adalah karena mereka mendahulukan kepastian ketersediaan bahan baku (Muliawati, 2023). Dengan demikian, hal ini sejalan dengan World Theory, karena Tiongkok sebagai negara *core* menggunakan investasi sebagai alat untuk sedikit 'mengeksplorasi' sumber daya dan tenaga kerja Indonesia sebagai negara *semi-periphery*. Tiongkok, sebagai salah satu inti ekonomi global, memiliki teknologi dan kapasitas untuk membangun smelter nikel. Tiongkok juga memiliki kebutuhan besar akan bahan baku nikel untuk industri mereka. Dalam kerangka Wallerstein, Tiongkok berperan sebagai *core* yang memanfaatkan negara *semi-periphery* seperti Indonesia untuk memperoleh bahan mentah nikel. Indonesia, sebagai negara *semi-periphery* berusaha untuk meningkatkan nilai tambah domestik dan memperoleh manfaat ekonomi yang lebih besar dari sumber daya alamnya, sementara Tiongkok mencari akses stabil terhadap bahan baku dan kontrol atas rantai pasok global untuk industri mereka.

## **Kesimpulan dan Implikasi**

Indonesia sebagai negara *semi-periphery* berada dalam posisi yang rentan karena ketergantungan pada investasi dan teknologi dari negara *core* seperti Tiongkok. Meskipun berusaha untuk meningkatkan nilai tambah sumber daya alamnya, Indonesia masih bergantung pada modal dari luar negeri untuk proses produksi dan pengolahan. Perlu dicatat, hubungan ketergantungan ini tidak sepenuhnya berdampak negatif karena investasi dalam industri nikel juga membawa potensi peningkatan lapangan kerja dan pengembangan ekonomi lokal di Indonesia. Dengan meningkatnya nilai tambah nikel yang diolah di dalam negeri, Indonesia berpotensi untuk meningkatkan pendapatan nasionalnya dari ekspor produk yang memiliki nilai tambah lebih tinggi. Namun, investasi Tiongkok, terutama melalui pembangunan smelter, juga menunjukkan hubungan yang asimetris, karena perusahaan dan tenaga kerja Tiongkok mendominasi dalam beberapa aspek kunci. Kendala terkait dominasi tenaga kerja dan kepemilikan saham tersebut juga perlu diperhatikan untuk memastikan manfaat yang lebih merata.

Meskipun demikian, analisis penelitian ini memiliki kelemahan karena belum memberikan pandangan yang seimbang antara manfaat dan risiko dari ketergantungan pada investasi Tiongkok. Penelitian ini cenderung menyoroti manfaat ekonomi tanpa memberikan penekanan yang cukup pada potensi risiko geopolitik dan strategis. Penelitian ini memang membahas lapangan kerja dan investasi, namun analisis tersebut belum mengeksplorasi dampak sosial yang lebih mendalam dari hubungan Indonesia-Tiongkok dalam industri nikel terhadap masyarakat lokal, budaya, dan lingkungan.

## **Daftar Pustaka**

- Agung, M., & Adi, E. A. W. (2022). Peningkatan Investasi Dan Hilirisasi Nikel Di Indonesia. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 6(2). <https://doi.org/10.58258/jisip.v6i2.3085>
- Binekasri, R. (2023). *Jokowi Mau RI Jadi Negara Maju: Kalah di WTO, Maju Terus!* CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230201151245-4-410097/jokowi-mau-ri-jadi-negara-maju-kalah-di-wto-maju-terus>
- Bryman, A. (2012). *Social Research Methods* (4th ed.). Oxford University Press. (Original work published 2001)
- Castillo, R., Blumenthal, L., & Purdy, C. (2022). *Indonesia's electric vehicle batteries dream has a dirty nickel problem*. Brookings. <https://www.brookings.edu/articles/indonesias-electric-vehicle-batteries->

- dream-has-a-dirty-nickel-problem/  
Dinata, S., Silaban, M., & Umam, A. (2020). *THE OUTCOME OF CHINA'S INVESTMENT IN INDONESIA: LESSONS FROM THE NICKEL INDUSTRY*. <https://media.neliti.com/media/publications/355690-the-outcome-of-chinas-investment-in-indo-30ebff5f.pdf>
- Ed Davies. (2022). WTO backs EU in nickel dispute, Indonesia plans appeal. *Reuters*. <https://www.reuters.com/markets/commodities/indonesia-plans-appeal-after-losing-wto-nickel-dispute-with-eu-2022-11-30/>
- Galtung, J. (1971). A Structural Theory of Imperialism. *Journal of Peace Research*, 8(2), 81–117.
- Immanuel Maurice Wallerstein. (2004). *World-Systems Analysis: an introduction*. Duke University Press.
- KBBI. (2016). Smelter. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/smelter>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019a, February 11). *Pembangunan Smelter Capai 27 buah, Smelter Nikel Terbanyak*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/pembangunan-smelter-capai-27-buah-smelter-nikel-tempati-urutan-pertama>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019b). *Bijih Nikel Tidak Boleh Diekspor Lagi per Januari 2020*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/bijih-nikel-tidak-boleh-diekspor-lagi-per-januari-2020>
- Klimczuk, A., & Klimczuk-Kochańska, M. (2019). *Core-Periphery Model*. Papers.ssrn.com. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3713783](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3713783)
- KOMINFO, P. (2021). *Pembangunan Smelter di Dalam Negeri Perkuat Hilirisasi Industri*. Website Resmi Kementerian Komunikasi Dan Informatika RI. <https://www.kominfo.go.id/content/detail/37469/pembangunan-smelter-di-dalam-negeri-perkuat-hilirisasi-industri/0/berita>
- Kostoska, O., Mitikj, S., Jovanovski, P., & Kocarev, L. (2020). Core-periphery structure in sectoral international trade networks: A new approach to an old theory. *PLOS ONE*, 15(4), e0229547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229547>
- Kuo, C. S. (2012). The Mineral Industry of Indonesia. In *Minerals Yearbook, Volume III, Area Reports—International—Asia and the Pacific*. <https://doi.org/10.3133/70178411>
- Mitranita, R., Tampubolon, M., & Panjaitan, E. (2021). The Dispute between Indonesia and the European Union Concerning the Export Ban on Nickel Ore under the International Trade Law. *Proceedings from the 1st International Conference on Law and Human Rights, ICLHR 2021, 14-15 April 2021, Jakarta, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.14-4-2021.2312876>
- Muliawati, F. D. (2023, April 11). *Seng Ada Lawan, 99% Investor Pabrik Nikel Cs RI dari China!* CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20230411175701-4-429064/seng-ada-lawan-99-investor-pabrik-nikel-cs-ri-dari-china>
- Office of Assistant to Deputy Cabinet Secretary for State Documents. (2023). *Cabinet Secretary: Industry Downstreaming Has Multiplier Effect on Indonesia's Economy*. Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. <https://setkab.go.id/en/cabinet-secretary-industry-downstreaming-has-multiplier-effect-on-indonesias-economy/>
- Petras, J. (1981). Dependency and World System Theory. *Latin American Perspectives*, 8(3-4), 148–155. <https://doi.org/10.1177/0094582x8100800310>
- Primadhyta, S. (2022). *Harga Nikel Cetak Rekor Tertinggi Sejak Maret 2020*. Ekonomi. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20220119075801-85-748410/harga-nikel-cetak-rekor-tertinggi-sejak-maret-2020>
- Radhica, D. D., & Wibisana, R. A. A. (2023). Proteksionisme Nikel Indonesia dalam Perdagangan Dunia. *Journal of Trade Development and Studies*, 7(1), 74–84.

- <https://jurnal.kemendag.go.id/JCN/article/download/821/392/>
- Rahadian, R. I., & Ibad, M. R. (2021). Impact of Accelerating the Export of Nickel Prohibition on Non-Tax Revenue and National Economy. *Jurnal Anggaran Dan Keuangan Negara Indonesia (AKURASI)*, 3(1), 91–115. <https://doi.org/10.33827/akurasi2021.vol3.iss1.art98>
- Rosada, F., Raden, & Arie Kusuma Paksi. (2023). The Impact of Indonesia-China Nickel Cooperations on Indonesia's Economy and Environment. *Nation State*, 6(2), 96–116. <https://doi.org/10.24076/nsjis.v6i2.1270>
- Sulaeman, F. (2022). *Going heavy on metals: Jokowi vows to keep minerals at home*. The Jakarta Post. <https://www.thejakartapost.com/business/2022/11/08/going-heavy-on-metals-jokowi-vows-to-keep-minerals-at-home.html>
- Sutrisno, E. (2023). *Indonesia.go.id - Nilai Ekspor Hilirisasi Nikel Melonjak 745%*. Indonesia.go.id. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/7255/nilai-ekspor-hilirisasi-nikel-melonjak-745?lang=1>
- Tritto, A. (2023). *How Indonesia Used Chinese Industrial Investments to Turn Nickel Into the New Gold* (pp. 4–5). Carnegie Endowment for International Peace. [https://carnegieendowment.org/files/Tritto\\_Indonesia\\_Nickel.pdf](https://carnegieendowment.org/files/Tritto_Indonesia_Nickel.pdf)
- United Nations. (2015). *The 17 Sustainable Development Goals*. United Nations; United Nations. <https://sdgs.un.org/goals>
- U.S. Geological Survey. (2023). *Mineral Commodity Summaries*. USGS. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>.
- Winona, C. (2022). *Industri Nikel Indonesia Pasca Sengketa Perdagangan dengan Uni Eropa*. <https://cwts.ugm.ac.id/2022/11/03/industri-nikel-indonesia-pasca-sengketa-perdagangan-dengan-uni-eropa/#:~:text=Indonesia%20merupakan%20negara%20pengekspor%20nikel>.
- World Bank. (2022). *New World Bank country classifications by income level: 2022-2023*. Blogs.worldbank.org. <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-world-bank-country-classifications-income-level-2022-2023>
- WTO | *dispute settlement - DS592: Indonesia - Measures Relating to Raw Materials*. (2022). www.wto.org. [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/dispu\\_e/cases\\_e/ds592\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds592_e.htm)
- Yoesgiantoro, D., Sasongko, N. A., Nurbaiti, & Arifianto, B. S. (2022). Defense study on Indonesian nickel processing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1108(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1108/1/012037>