



MINISTRY OF INVESTMENT
AND DOWNSTREAM INDUSTRY/BKPM



ENERGY
TRANSITION
PARTNERSHIP

Powering Prosperity and Enabling Sustainability in South East Asia



UNOPS



LAPORAN

Integrasi Rantai Pasok Rantai Nilai Baterai untuk Transisi Energi di Indonesia

RFP/2023/49848

2025

Deliverable 2: Laporan komprehensif tentang analisis rantai pasokan baterai

Disusun oleh:

- Hartree Consultores
- Kolibri Orbis

Hartree®



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



Department for
Energy Security
& Net Zero



Environment and
Climate Change Canada
Environnement et
Changement climatique Canada



Australian Government
Department of Climate Change, Energy,
the Environment and Water



CHILDREN'S
INVESTMENT FUND
FOUNDATION



SEQUOIA
CLIMATE
FOUNDATION

UNOPS - Kerjasama Transisi Energi

Laporan komprehensif tentang analisis rantai pasokan baterai – Deliverable 2

Proyek - “Integrasi Rantai Pasokan Rantai Nilai Baterai untuk Transisi Energi di Indonesia”

RFP/2023/49848
Januari 2025

Laporan ini telah diterbitkan dan diperbarui sebagai berikut:

Edisi	Rev.	Deskripsi	Tanggal	Ditandatangani
Masukan dari ETP – diterima pada 17/10/2024	V3	Laporan kini mencakup wawasan dari pakar rantai pasokan baterai lithium-ion.	Desember 2024	GS
Masukan dari ETP – diterima pada 13/12/2024	V4	Laporan telah disesuaikan berdasarkan masukan dari ETP.	Desember 2024	GS
Masukan dari ETP – diterima pada 09/01/2025	V5	Laporan telah disesuaikan berdasarkan masukan dari ETP.	Januari 2025	GS

Proyek dilaksanakan oleh:
Hartree Consultores dan Kolibri

Penafian

Informasi yang disediakan dalam dokumen ini diberikan "sebagaimana adanya" tanpa jaminan dalam bentuk apa pun, baik secara tersurat maupun tersirat, termasuk, namun tidak terbatas pada, jaminan kelayakan jual, kesesuaian untuk tujuan tertentu, dan non-pelanggaran. UNOPS secara khusus tidak memberikan jaminan atau pernyataan mengenai keakuratan atau kelengkapan informasi apa pun yang terdapat dalam dokumen ini. Dalam keadaan apa pun, UNOPS tidak bertanggung jawab atas kehilangan, kerugian, kewajiban, atau biaya yang timbul atau diderita yang diklaim sebagai akibat dari penggunaan informasi yang terkandung di dalamnya, termasuk, namun tidak terbatas pada, kesalahan, kelalaian, gangguan, atau keterlambatan terkait informasi tersebut. Dalam keadaan apa pun, termasuk tetapi tidak terbatas pada kelalaian, UNOPS atau afiliasinya tidak bertanggung jawab atas kerusakan langsung, tidak langsung, insidental, khusus, atau konsekuensial, bahkan jika UNOPS telah diberitahu tentang kemungkinan kerusakan tersebut. Dokumen ini juga dapat berisi saran, pendapat, dan pernyataan dari berbagai penyedia informasi. UNOPS tidak mewakili atau mendukung keakuratan atau keandalan saran, pendapat, pernyataan, atau informasi lainnya yang diberikan oleh penyedia informasi mana pun. Kepercayaan terhadap saran, pendapat, pernyataan, atau informasi tersebut sepenuhnya menjadi risiko pembaca. Baik UNOPS, afiliasinya, maupun agen, karyawan, penyedia informasi, atau penyedia konten mereka masing-masing tidak bertanggung jawab kepada pembaca atau pihak mana pun atas ketidakakuratan, kesalahan, kelalaian, gangguan, penghapusan, cacat, perubahan, atau penggunaan konten apa pun yang terdapat di dalamnya, maupun atas ketepatan waktu atau kelengkapannya.

Tentang Kemitraan Transisi Energi Asia Tenggara (ETP) dan proyek Ini

Kemitraan Transisi Energi Asia Tenggara atau Southeast Asian Energy Transition Partnership (ETP) adalah program dari Kantor Layanan Proyek Perserikatan Bangsa-Bangsa atau United Nations Office for Project Services (UNOPS) yang merupakan kemitraan dinamis antara pemerintah dan mitra filantropi, bekerja untuk memfasilitasi transisi energi berkelanjutan di Asia Tenggara. ETP diperkuat oleh pemahaman mendalam tentang kawasan ini, komitmen teguh terhadap pertumbuhan inklusif, serta kemampuannya dalam menggerakkan layanan pendukung yang disesuaikan dengan kebutuhan proyek yang unik.

Tim ETP menyinergikan kekuatan sektor publik dan swasta serta mitra pelaksana, dengan keahlian manajemen proyek UNOPS untuk mengoordinasikan sumber daya teknis dan finansial yang diperlukan guna menciptakan perubahan nyata.

Melalui perancangan dan pelaksanaan program bantuan teknis yang ditargetkan, yang selaras dengan inisiatif yang sedang berjalan di kawasan, ETP menyediakan keahlian, koordinasi, dialog, dan pengembangan pengetahuan yang dibutuhkan untuk mempercepat transisi energi.

Kegiatan ETP disusun berdasarkan empat area hasil strategis utama:

- (i) Penyesuaian Kebijakan dengan Komitmen Iklim,
- (ii) Mengurangi Risiko dalam Efisiensi Energi dan Investasi Energi Terbarukan,
- (iii) Pengembangan Jaringan Listrik Cerdas (Smart Grids), dan
- (iv) Perluasan Pengetahuan dan Pembangunan Kesadaran.

Integrasi Rantai Pasokan Rantai Nilai Baterai untuk Transisi Energi di Indonesia

Tujuan utama dari proyek "Integrasi Rantai Pasokan Rantai Nilai Baterai untuk Transisi Energi di Indonesia", yang didanai oleh ETP, adalah membantu Indonesia mempercepat upaya transisi energinya dengan mengintegrasikan rantai pasokan lokal untuk baterai dengan kendaraan listrik (EV), bisnis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PV), dan pembangkit energi terbarukan lainnya. Proyek ini dilakukan melalui pengembangan peta jalan rantai pasokan, pengembangan kebijakan, serta identifikasi peluang investasi beserta pedoman investasi terkait.

Metodologi dan pendekatan yang disediakan oleh mitra pelaksana dalam Laporan Inisiasi akan membantu:

- (i) Mendorong pengembangan *rantai pasokan baterai yang berkelanjutan*¹,
- (ii) Mengembangkan rantai pasokan kendaraan listrik (EV) yang terintegrasi, dan
- (iii) Memanfaatkan kelimpahan sumber daya alam di Indonesia, terutama nikel.

¹ A **sustainable battery supply chain** integrates environmental, social-economic, and financial considerations throughout all stages, from production to end of life. It recognizes potential negative impacts and implements measures to mitigate them, ensuring gender equality, social inclusion, ethical practices, community well-being, and environmental protection from raw material extraction to recycling.

Dikembangkan melalui empat alur kerja, laporan ini dari **Alur Kerja A** berfokus pada analisis kondisi terkini rantai pasokan baterai, dengan mengidentifikasi sumber data utama dan melakukan analisis mendalam untuk memberikan wawasan kepada para pembuat kebijakan mengenai kesenjangan dan potensi area pengembangan. Laporan ini meneliti berbagai teknologi baterai sekunder serta rantai pasokannya, dengan fokus pada baterai lithium-ion (termasuk varian nikel dan besi, serta baterai solid-state) dan baterai sodium-ion. Bab 1 dalam laporan ini menyajikan teknologi baterai yang paling relevan, komposisi, dan penggunaannya, diikuti oleh perbandingan teknologi tersebut serta tren yang kemungkinan akan berkembang di masa depan. Bab 2 merinci rantai pasokan baterai, termasuk analisis mendalam tentang bahan baku baterai, proses pengolahan, material aktif katoda (CAM), anoda, manufaktur sel baterai, serta daur ulang baterai di akhir masa pakainya. Selanjutnya, Bab 3 mengembangkan evaluasi terkait ketersediaan sumber daya dan kapasitas produksi di Indonesia, serta tantangan dan peluang yang ada di negara ini. Kemudian, Bab 4 menyajikan gambaran industri dan organisasi yang beroperasi dalam rantai pasokan baterai di Indonesia. Analisis geopolitik mengenai mineral-mineral kritis dikembangkan dalam Bab 5. Setelah itu, Bab 6 menyajikan analisis ekonomi tingkat tinggi mengenai baterai dan adopsi kendaraan listrik (EV) di Indonesia. Terakhir, Bab 7 memberikan peluang dan rekomendasi bagi Indonesia dalam mengembangkan rantai pasokan baterai. Rekomendasi yang diberikan dalam laporan ini bersifat spesifik sesuai dengan ruang lingkup deliverable ini..

Proyek ini akan mencakup tiga laporan tambahan yang akan melengkapi laporan ini. Laporan-laporan selanjutnya akan mencakup topik tambahan seperti analisis dampak lingkungan dan sosial, serta analisis lebih mendalam tentang beberapa topik yang telah dibahas dalam laporan ini, termasuk peta jalan komprehensif dan rekomendasi kebijakan di masa depan.

Konten

Penafian.....	iii
Tentang Kemitraan Transisi Energi Asia Tenggara (ETP) dan proyek Ini.....	iv
Konten	vi
Akronim.....	ix
Daftar tabel	xii
Daftar gambar.....	xiv
Ringkasan eksekutif.....	xvi
1 Teknologi baterai	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Baterai lithium-ion (LIB)	1
1.1.1 Kimia.....	2
1.1.2 Format.....	4
1.1.3 Baterai solid state.....	5
1.2 Baterai lithium metal.....	6
1.3 Baterai sodium-ion (SIBs).....	6
1.4 Penggunaan akhir.....	7
1.4.1 Transportasi	8
1.4.2 Sistem penyimpanan energi	8
1.4.3 Elektronik Portabel (Computing, Communications, dan Consumer Electronics)	9
1.5 Penelitian dan pengembangan	10
1.6 Perbandingan teknologi baterai dan masa depannya	11
2 Rantai Pasokan Baterai	13
2.1 Struktur Rantai Pasokan LIB	13
2.1.1 Karakteristik Rantai Pasokan	13
2.1.2 Target dekarbonisasi.....	16
2.2 Aliran perdagangan untuk material kritis.....	17
2.3 Bahan Baterai	25
2.3.1 Penambangan lithium	25
2.3.2 Penambangan nikel	26
2.3.3 Penambangan kobalt.....	27
2.3.4 Penambangan grafit.....	28
2.3.5 Penambangan mangan	29
2.3.6 Penambangan komoditas lainnya.....	29
2.4 Pengolahan.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Pengolahan Litium	33
2.4.2 Pengolahan Nikel.....	35
2.4.3 Pengolahan Kobalt	37
2.4.4 Pengolahan Grafit.....	38
2.4.5 Pengolahan mangan	39
2.4.6 Pengolahan komoditas lainnya	40
2.5 Material Aktif Katoda.....	43

2.5.1	Kapasitas dan pertumbuhan	43
2.5.2	Geografi	45
2.5.3	Kimia.....	45
2.5.4	Kode HS.....	47
2.6	Anoda	47
2.6.1	Kapasitas dan Pertumbuhan	47
2.6.2	Geografi	48
2.6.3	Kimia.....	49
2.6.4	Kode HS.....	50
2.7	Manufaktur Sel LIB	50
2.7.1	Kapasitas.....	50
2.7.2	Geografi	53
2.7.3	Kimia.....	55
2.7.4	Kode HS.....	57
2.8	Akhir Masa Pakai	57
2.8.1	Penggunaan kembali	57
2.8.2	Daur ulang limbah produksi	58
2.8.3	Daur Ulang LIB Akhir Masa Pakai	58
3	Ketersediaan sumber daya dan kapasitas produksi di Indonesia	62
3.1	Ketersediaan sumber daya.....	62
3.1.1	Nikel laterit	63
3.1.2	Mangan	64
3.2	Kapasitas produksi baterai	65
3.2.1	Pertambangan	65
3.2.2	Pengolahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Manufaktur CAM	67
3.2.4	Manufaktur Anoda	68
3.2.5	Manufaktur sel LIB	68
3.2.6	Perakitan paket baterai	69
3.2.7	Penggunaan akhir	69
3.2.8	Akhir masa pakai	70
3.3	Tantangan dan peluang saat ini	72
3.3.1	Peluang eksplorasi	72
3.3.2	Sumber nikel yang bertanggung jawab.....	73
3.3.3	Akses ke pasar internasional	73
3.3.4	Batubara menjadi grafit buatan	74
4	Industri dan organisasi yang beroperasi dalam rantai pasok baterai di Indonesia	76
4.1	Pemain kunci nasional.....	76
4.1.1	Pembuat kebijakan utama	76
4.1.2	Pembuat kebijakan dan penentu konteks	77
4.1.3	Pemain industri.....	79
4.1.4	Pemain ekosistem	81
4.1.5	Lembaga keuangan	81
4.2	Pihak internasional	82
5	Geopolitik mineral transisi kunci	84

5.1	Indonesia dalam Geopolitik Mineral Kritis	84
5.2	Konsentrasi geografis dan kerentanan rantai pasok	85
5.3	Kompetisi strategis	88
5.3.1	Meningkatnya nasionalisme sumber daya	88
5.3.2	Perang dagang tarif.....	90
5.4	Perkembangan teknologi, inovasi, dan sumber pasokan yang terdiversifikasi.....	95
5.5	Kebijakan dan regulasi: kecenderungan proteksionis serta standar keberlanjutan lingkungan dan sosial	97
5.6	Tata kelola dan kemitraan strategis internasional	100
5.6.1	Inisiatif dan kemitraan tata kelola internasional	100
5.6.2	Indonesia di tengah perebutan kekuasaan global.....	102
6	Analisis ekonomi adopsi baterai dan EV di Indonesia	106
6.1	Insentif fiskal dan non-fiskal untuk pengembangan EV	106
6.2	Tren harga	109
6.2.1	Tren harga bahan baku	109
6.2.2	Tren harga baterai.....	111
6.2.3	Tren harga EV	113
6.3	Potensi pasar elektromobilitas di Indonesia.....	114
6.3.1	Situasi nasional terkini	114
6.3.2	Tren permintaan masa depan	117
6.3.3	Produksi EV.....	118
6.4	Karakteristik tenaga kerja	120
6.5	Dampak ekonomi	121
6.6	Implikasi terkait bahan impor dan ekspor	123
7	Peluang untuk pengembangan rantai pasok baterai di Indonesia	126
Lampiran 1. Spesifikasi teknis teknologi baterai dan Tingkat Kesiapan Teknologi		
		131
Lampiran 2. Karakteristik teknis masing-masing jenis kimia baterai		
		133
Lampiran 3. Diagram Sankey untuk aliran perdagangan keseluruhan bahan		
		138
Lampiran 4. Pertimbangan gender dan inklusi sosial dalam produksi baterai		
		152
Lampiran 5. Pabrik produksi EV dan ICEV serta intensitas tenaga kerja		
		155

Akronim

ADB	Bank Pembangunan Asia/ <i>Asian Development Bank</i>
AEML	Asosiasi Ekosistem Mobilitas Listrik
APNI	Asosiasi Penambang Nikel Indonesia
ASEAN	Perhimpunan Bangsa-Bangsa Asia Tenggara/ <i>Association of Southeast Asian Nations</i>
ATCS	Sistem Kontrol Lalu Lintas Wilayah/ <i>Area Traffic Control System</i>
BAPPENAS	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional
BESS	Sistem Penyimpanan Energi Baterai/ <i>Battery Energy Storage System</i>
BEV	Kendaraan Listrik Berbasis Baterai/ <i>Battery Electric Vehicle</i>
BRI	Inisiatif Sabuk dan Jalan/ <i>Belt Road Initiative</i>
BRICS	Brazil, Russia, India, China, dan South Africa (asosiasi antar pemerintah)
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
CMEA	Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian/ <i>Coordinating Ministry of Economic Affairs</i>
CoSO₄	Kobalt Sulfat
DRC	Republik Demokratik Kongo/ <i>Democratic Republic of Congo</i>
ERP	Sistem Tarif Jalan Elektronik/ <i>Electronic Road Pricing</i>
EU	Uni Eropa/ <i>European Union</i>
EV	Kendaraan Listrik/ <i>Electric Vehicle</i>
FTA	Perjanjian Perdagangan Bebas/ <i>Free Trade Agreement</i>
G20	Kelompok Dua Puluh/ <i>Group of Twenty</i>
Gaikindo	Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia
GWh	Gigawatt Hours
HPAL	Pelindian Asam Bertekanan Tinggi/ <i>High Pressure Acid Leaching</i>
IA-CEPA	Perjanjian Kemitraan Ekonomi Komprehensif Indonesia-Australia/ <i>Indonesia-Australia Comprehensive Economic Partnership Agreement</i>
IBC	Kerja Sama Baterai Indonesia/ <i>Indonesia Battery Cooperation</i>
INA	Otoritas Investasi Indonesia/ <i>Indonesia Investment Authority</i>
IRENA	Badan Energi Terbarukan Internasional/ <i>The International Renewable Energy Agency</i>
IRMA	Inisiatif Penjaminan Pertambangan Bertanggung Jawab/ <i>Initiative for Responsible Mining Assurance</i>
IUP	Izin Usaha Pertambangan

IUPK	Izin Usaha Pertambangan Khusus
KBLBB	Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai
MT-LCE	Metrik Ton Karbonat Litium Setara/ <i>Metric Tons of Lithium Carbonate Equivalent</i>
LFP	Litium Besi Fosfat/ <i>Lithium Iron Phosphate</i>
LIB	Baterai Litium-Ion/ <i>Lithium-ion Batteries</i>
LME	Bursa Logam London/ <i>London Metal Exchange</i>
MDB	Bank Pembangunan Multilateral/ <i>Multilateral Development Bank</i>
MEMR	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral/ <i>Ministry of Energy and Mineral Resources</i>
MHP	Presipitat Hidroksida Campuran/ <i>Mixed Hydroxide Precipitate</i>
MIND ID	Industri Pertambangan Indonesia/ <i>Mining Industry Indonesia</i>
MoF	Kementerian Keuangan (Kemenkeu)/ <i>Ministry of Finance</i>
MoI	Kementerian Perindustrian (Kemenperin)/ <i>Ministry of Industry</i>
MoInv	Kementerian Investasi (BKPM)/ <i>Ministry of Investment</i>
MoM	Kementerian Ketenagakerjaan (Kemnaker)/ <i>Ministry of Manpower</i>
MoSOE	Kementerian Badan Usaha Milik Negara (BUMN)/ <i>Ministry of State-owned Enterprises</i>
MoT	Kementerian Transportasi/ <i>Ministry of Transportation</i>
MPIA	Pengaturan Arbitrase Banding Sementara Multi-Pihak/ <i>Multi-Party Interim Appeal Arbitration Arrangement</i>
MPMSM	Mangan Sulfat Monohidrat Kemurnian Menengah/ <i>Medium-Purity Manganese Sulfate Monohydrate</i>
NCA	Oksida Nikel Kobalt Aluminium/ <i>Nickel Cobalt Aluminium Oxide</i>
NMC	Nikel Mangan Kobalt/ <i>Nickel Manganese Cobalt</i>
NMT	Transportasi Non-Bermotor/ <i>Non-Motorized Transport</i>
NTT	Nusa Tenggara Timur
NZE	Emisi Nol Bersih/ <i>Net Zero Emission</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
REC	Sertifikat Energi Terbarukan/ <i>Renewable Energy Certificate</i>
RoW	Wilayah di Luar yang Disebutkan/ <i>Rest of the World</i>
Sakemas	Survei Angkatan Kerja Nasional
SIB	Baterai Natrium-Ion/ <i>Sodium Iron Batteries</i>
SOE	Badan Usaha Milik Negara/ <i>State-owned Enterprise</i>
SPKLU	Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum
SSLBs	Baterai Litium Solid-State/ <i>Solid-State Lithium Batteries</i>

TOD	Pengembangan Berorientasi Transit/ <i>Transit Oriented Development</i>
TRL	Tingkat Kesiapan Teknologi/ <i>Technical Readiness Level</i>
UN	Perserikatan Bangsa-Bangsa/ <i>United Nations</i>
UNCLOS	Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut/ <i>The United Nations Convention on Law of the Sea</i>
UPS	Sistem Catu Daya Tak Terputus/ <i>Uninterruptible Power Supplies</i>
US	Amerika Serikat/ <i>United States</i>
WBES	Survei Perusahaan Bank Dunia/ <i>World Bank Enterprise Survey</i>
WTO	Organisasi Perdagangan Dunia/ <i>World Trade Organisation</i>

Daftar tabel

Tabel 1.1 Ringkasan strategi dan kemajuan dalam kimia baterai.....	10
Tabel 2.1 Pasokan dan tingkat pertumbuhan lithium.....	18
Tabel 2.2 Kode lithium yang digunakan dalam diagram Sankey.....	19
Tabel 2.3 Pasokan dan tingkat pertumbuhan kobalt	20
Tabel 2.4 Kode kobalt yang digunakan dalam diagram sankey.....	20
Tabel 2.5 Pasokan dan tingkat pertumbuhan mangan MPMSM	21
Tabel 2.6 Kode mangan yang digunakan dalam diagram Sankey.....	22
Tabel 2.7 Pasokan dan tingkat pertumbuhan nikel sulfat	23
Tabel 2.8 Kode nikel yang digunakan dalam diagram Sankey	23
Tabel 2.9 Kode grafit yang digunakan dalam diagram Sankey	24
Tabel 2.10 Sembilan tambang lithium terbesar di dunia	25
Tabel 2.11 Cadangan lithium dunia	26
Tabel 2.12 Sepuluh tambang nikel terbesar di dunia	26
Tabel 2.13 Cadangan nikel	27
Tabel 2.14 Sepuluh tambang kobalt terbesar di dunia.....	28
Tabel 2.15 Cadangan kobalt	28
Tabel 2.16 Cadangan grafit	29
Tabel 2.17 Cadangan mangan	29
Tabel 2.18 Sumber bahan baku untuk LFP	30
Tabel 2.19 Garam natrium utama dan penggunaannya	32
Tabel 2.20 Kode bahan baku litium	35
Tabel 2.21 Kode bahan baku nikel.....	37
Tabel 2.22 Kode bahan baku kobalt	38
Tabel 2.23 Kode bahan baku grafit.....	39
Tabel 2.24 Kode bahan baku mangan.....	39
Tabel 2.25 Katoda LFP dan fitur-fiturnya	40
Tabel 2.26 Sepuluh pabrik produksi sel LFP terbesar di dunia.....	40
Tabel 2.27 Katoda NCA dan sumber aluminium.....	41
Tabel 2.28 Kapasitas NCA saat ini dan proyeksi hingga 2028.....	41
Tabel 2.29 Pabrik baterai sodium-ion secara global	42
Tabel 2.30 Perkembangan kapasitas katoda global dalam 10 tahun ke depan	43
Tabel 2.31 Produsen material katoda Tiongkok dan kapasitas produksi tahun 2023 dan 2028.....	43
Tabel 2.32 Produsen bahan katoda Korea Selatan dan kapasitas produksi tahun 2023 dan 2028.....	44
Tabel 2.33 Produsen material katoda Jepang dan kapasitas produksi di 2023 dan 2028	44
Tabel 2.34 Kode HS Material Aktif Katoda	47
Tabel 2.35 Kode HS terkait anoda.....	50
Tabel 2.36 Kapasitas manufaktur sel LIB per perusahaan	51
Tabel 2.37 Largest plants around the world.....	51
Tabel 2.38 Pabrik LIB LG Chem	52
Tabel 2.39 Pabrik produksi terbesar BYD	52
Tabel 2.40 Sepuluh pabrik manufaktur sel terbesar yang diproyeksikan pada 2028	56
Tabel 2.41 Kode sistem harmonisasi untuk sel lithium-ion.....	57
Tabel 3.1 Status produksi nikel di Indonesia saat ini	63
Tabel 3.2 Sumber daya dan cadangan nikel di Indonesia (dalam ribu mt)	64

Tabel 3.3 Kapasitas produksi terpadu dan nilai investasi smelter HPAL yang beroperasi	66
Tabel 3.4 Produksi dan target EV di Indonesia.....	69
Tabel 3.5 Kondisi terkini rantai pasok baterai nasional beserta kode HS	70
Tabel 4.1 Daftar pembuat kebijakan utama dalam rantai pasok baterai Indonesia	77
Tabel 4.2 Daftar pembuat kebijakan dan penentu konteks dalam rantai pasok baterai di Indonesia	77
Tabel 4.3 Daftar Pemain Industri dalam Rantai Pasok Baterai di Indonesia	79
Tabel 4.4 Daftar pemain ekosistem dalam rantai pasok baterai di Indonesia	81
Tabel 4.5 Daftar lembaga keuangan dalam rantai pasok baterai di Indonesia	81
Tabel 4.6 Daftar pemain internasional dalam rantai pasok baterai Indonesia	82
Tabel 5.1 Contoh jenis pembatasan perdagangan yang berlaku pada 2022 terkait mineral dalam ruang lingkup studi ini	89
Tabel 6.1 Ringkasan kebijakan terkait penjualan baterai	107
Tabel 6.2 Rata-rata tahunan harga referensi mineral logam yang diterbitkan oleh Pemerintah Indonesia (USD \$/dmt).....	110
Tabel 6.3 Faktor pendorong dan hambatan adopsi EV di Indonesia	115
Tabel 6.4 Status pengembangan rantai pasok baterai di Indonesia.....	116
Tabel 6.5 Total tenaga kerja di 2023 dalam industri terkait rantai pasok baterai.....	120
Tabel 6.6 Proyeksi historis dan estimasi penjualan serta produksi nasional EV	121
Tabel 7.1 Rekomendasi untuk material utama dalam baterai.....	126
Tabel 7.2 Rekomendasi untuk rantai pasok baterai domestik	128

Daftar gambar

Gambar 1.1 Skema sel baterai lithium-ion	2
Gambar 1.2 Jenis format sel baterai	5
Gambar 1.3 Baterai solid state vs. baterai lithium-ion konvensional	5
Gambar 1.4. Aplikasi penggunaan akhir untuk baterai sekunder lithium-ion.....	8
Gambar 1.5 Ukuran Pasar Global untuk Jenis Baterai Terpilih, Outlook, dan Proyeksi (2023-2032)	12
Gambar 2.1 Tahapan rantai pasokan baterai	13
Gambar 2.2 Distribusi Geografis Rantai Pasokan LIB	14
Gambar 2.3 Jenis kimia baterai berdasarkan negara: 2024 dan proyeksi 2034.....	15
Gambar 2.4 Energy Solution mengumumkan produksi katoda NMC di Indonesia	15
Gambar 2.5 Estimasi margin sepanjang rantai pasokan LIB.....	16
Gambar 2.6 Aliran perdagangan lithium dalam tahapan rantai pasokan LIB	18
Gambar 2.7 Aliran perdagangan kobalt dalam tahapan rantai pasokan LIB.....	20
Gambar 2.8 Aliran perdagangan mangan dalam tahapan rantai pasokan LIB	21
Gambar 2.9 Aliran perdagangan nikel dalam tahapan rantai asokan LIB.....	22
Gambar 2.10 Aliran perdagangan nikel dalam tahapan rantai pasokan LIB	24
Gambar 2.11 Sintesis LFP melalui metode presipitasi: tahap utama	30
Gambar 2.12 Diagram alur material industri aluminium global.....	31
Gambar 2.13 Diagram alur proses produksi soda ash	32
Gambar 2.14 Diagram alur litium	33
Gambar 2.15 Referensi harga litium – harga historis sejak 2018	34
Gambar 2.16 Pemrosesan nikel	36
Gambar 2.17 Estimasi produksi katoda berdasarkan negara terpilih (2024–2035) – Ton	45
Gambar 2.18 Pangsa pasar global katoda transportasi berdasarkan jenis teknologi.....	46
Gambar 2.19 Pangsa pasar global katoda untuk Sistem Penyimpanan Energi (ESS) berdasarkan jenis teknologi	46
Gambar 2.20 Pangsa pasar global katoda untuk perangkat portabel berdasarkan jenis teknologi.....	47
Gambar 2.21 Kapasitas anoda berdasarkan status	48
Gambar 2.22 Pangsa kapasitas berdasarkan kelompok anoda (2024)	48
Gambar 2.23 Kapasitas anoda per negara	49
Gambar 2.24 Status proyek grafit alami	49
Gambar 2.25 Status proyek grafit sferis	50
Gambar 2.26 LIB Kapasitas manufaktur sel LIB per produsen	51
Gambar 2.27 Pangsa kapasitas produksi sel berdasarkan penggunaan akhir	53
Gambar 2.28 Pangsa kapasitas produksi sel berdasarkan jenis sel	54
Gambar 2.29 Kapasitas produksi sel baterai di negara-negara terpilih	54
Gambar 2.30 Kapasitas produksi sel baterai pada tahun 2035.....	55
Gambar 2.31 Asal investasi sel CAM/LIB untuk Uni Eropa dan AS	55
Gambar 2.32 Kapasitas produksi sel berdasarkan jenis kimia	56
Gambar 2.33 Alur proses hidrometalurgi	59
Gambar 3.1 Pusat nikel laterit dan mangan di Indonesia	62
Gambar 3.2 Produksi mangan antara tahun 2003 dan 2013 di Indonesia	64
Gambar 3.3 Alur umum rantai pasok baterai di Indonesia.....	72
Gambar 4.1 Pemain kunci dalam rantai pasok baterai di Indonesia	76

Gambar 5.1 Contoh faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap dominasi EV Tiongkok	87
Gambar 5.2 Ekspor baterai kendaraan listrik dari Tiongkok berdasarkan wilayah, 2018-2022 dalam € miliar	91
Gambar 5.3 Rekomendasi untuk Indonesia dalam memperkuat posisinya dalam geopolitik mineral transisi utama sekaligus mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan berdasarkan tren global saat ini	105
Gambar 6.1 Logam dan material utama yang penting untuk produksi baterai li-ion	109
Gambar 6.2 Rata-rata harga paket dan sel baterai lithium-ion berbasis volume, 2013-2023.....	111
Gambar 6.3 Indeks harga baterai per wilayah	112
Gambar 6.4 Harga baterai berdasarkan jenis kimia tertentu	112
Gambar 6.5 Harga global baterai lithium-ion.....	113
Gambar 6.6 Perkembangan historis dan proyeksi harga rata-rata global kendaraan listrik	113
Gambar 6.7 Penjualan mobil listrik global, 2014 - 2024	114
Gambar 6.8 Penjualan tahunan kendaraan listrik roda empat (E4W) dan roda dua (E2W)	118
Gambar 6.9 Proyeksi tahunan produksi dan adopsi E4W di Indonesia	119
Gambar 6.10 Intensitas tenaga kerja dalam manufaktur EV dan ICEV.....	122
Gambar 6.11 Rata-rata tarif yang diterapkan pada 10 pasar utama berdasarkan perdagangan dan jarak, untuk produk 850760 – Akumulator listrik: Lithium-ion	124

Ringkasan eksekutif

Teknologi baterai

Berdasarkan tingkat kesiapan teknologi dan aplikasi penggunaannya, baterai lithium-ion dan sodium-ion adalah jenis baterai sekunder yang paling umum di pasaran. Namun, masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan yang berbeda berdasarkan komposisi kimianya serta bahan baku yang digunakan. Baterai lithium-ion (LIB) mendominasi pasar global dan menjadi pilihan utama untuk kendaraan listrik (EV) karena kepadatan energi yang tinggi dan efisiensinya. Namun, pencarian alternatif untuk teknologi baterai generasi berikutnya mendorong perusahaan untuk mengeksplorasi opsi seperti baterai lithium-metal dan baterai sodium-ion (SIB).

Baterai sodium-ion (SIB) lebih hemat biaya, memiliki risiko lebih rendah terhadap lonjakan termal, serta dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan baterai lithium-ion (LIB). Namun, industri SIB masih belum berkembang dan belum mencapai skala produksi yang matang seperti LIB. Pada tahun 2022, pasar LIB bernilai USD \$70 miliar dan diproyeksikan melebihi USD \$387 miliar pada tahun 2032. Sementara itu, pasar SIB bernilai USD \$0,86 miliar pada 2022 dan diperkirakan akan mencapai sekitar USD \$4,8 miliar pada tahun 2032. Ini menunjukkan bahwa LIB akan terus mendominasi pasar baterai dalam dekade mendatang. Proyeksi ini menjadi peluang yang menjanjikan bagi Indonesia, mengingat negara ini memiliki sumber daya dan cadangan mineral kritis yang besar untuk LIB, terutama nikel.

Sebagian besar baterai LIB komersial menggunakan grafit sebagai anoda dan garam lithium sebagai elektrolit, tetapi komposisi kimia katoda yang juga merupakan bagian paling material-intensif, bervariasi di berbagai sub-kimia. Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC) dan Nickel Cobalt Aluminium Oxide (NCA) adalah jenis baterai yang paling bergantung pada material dengan elemen yang langka dan mahal seperti nikel dan kobalt. Penggunaan material ini meningkatkan biaya produksi dan risiko rantai pasokan, karena anoda menyumbang 10-15% dari total biaya baterai, sedangkan katoda mencapai lebih dari 50%. Lithium Iron Phosphate (LFP) menawarkan alternatif yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya, terutama di pasar yang mengutamakan keterjangkauan dan keamanan. LFP memiliki biaya yang lebih rendah dibandingkan NMC dan NCA karena kelimpahan dan rendahnya biaya besi. Berbeda dengan ketiga teknologi sebelumnya, baterai lithium-ion solid-state (SSLB) menggunakan elektrolit padat. Meskipun SSLB menawarkan kepadatan energi yang lebih tinggi dan keamanan yang lebih baik, baterai ini masih bergantung pada mineral utama yang sama dengan LIB konvensional, sehingga menghadapi tantangan rantai pasokan yang serupa. Saat ini, NMC, NCA, dan LFP telah sepenuhnya matang dan digunakan secara luas dalam skala komersial dengan tingkat kesiapan teknologi (TRL) 9, sedangkan SSLB masih dalam tahap pengembangan dengan TRL 5. Kemajuan berkelanjutan dalam teknologi baterai bertujuan untuk menyeimbangkan kinerja, biaya, dan dampak lingkungan.

Lebih dari 50% pemrosesan bahan baku global untuk mineral utama baterai dan sekitar 75% kapasitas produksi sel baterai saat ini berada di Tiongkok. Sekitar 25% kapasitas produksi kendaraan listrik global berada di Eropa, dan angka ini kemungkinan akan meningkat karena adanya instrumen legislatif baru yang mendorong peningkatan produksi domestik. Sementara itu, Amerika Serikat saat ini memiliki pangsa 10% dari produksi kendaraan listrik global dan 7% dari kapasitas produksi baterai. Seperti halnya Uni Eropa, AS juga telah menerapkan kebijakan legislasi untuk mendukung 'domestikasi'

industri, yang dapat meningkatkan produksi di masa depan. Meskipun volume produksi baterai Indonesia saat ini belum signifikan secara global, negara ini telah mengambil langkah-langkah strategis untuk mengubah situasi tersebut. Pada tahun 2020, Indonesia menerapkan larangan ekspor nikel guna meningkatkan nilai tambah sumber daya mineral dan memperluas partisipasi dalam rantai pasokan baterai, tidak hanya sebatas ekstraksi bahan mentah. Indonesia menargetkan produksi 600.000 unit kendaraan listrik (EV) pada tahun 2030, yang diperkirakan membutuhkan 37.600 ton nikel, dengan asumsi semua EV menggunakan baterai Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC811). Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Indonesia memiliki 184.606.736 ribu ton sumber daya logam nikel, termasuk estimasi, indikasi, dan sumber daya terukur. Ini berarti Indonesia memiliki sumber daya nikel yang cukup untuk memenuhi target produksi nasional, serta memiliki potensi besar untuk memproduksi kendaraan listrik (EV) bagi pasar internasional. Namun, negara-negara Asia lainnya juga bersaing dalam industri ini. Korea Selatan dan Jepang memegang peran penting dalam rantai pasokan baterai, terutama dalam pemrosesan bahan baku dan produksi material katoda serta anoda. Korea Selatan berkontribusi 15% dari total kapasitas produksi katoda global dan 3% untuk anoda, sementara Jepang memiliki pangsa 14% dalam produksi katoda dan 11% dalam produksi anoda. Strategi baru untuk mendiversifikasi rantai pasokan dan produksi mencerminkan berbagai pertimbangan ekonomi, politik, dan sosial.

Rantai pasokan baterai

Rantai pasokan baterai global semakin kompleks dan krusial karena meningkatnya permintaan akan baterai yang didorong oleh target pengurangan emisi dan dekarbonisasi yang ambisius. Permintaan ini semakin meningkat dengan adanya kebijakan yang mendorong elektrifikasi. Meskipun kebijakan ini telah memicu tindakan signifikan dari perusahaan, mereka juga menghadapi berbagai tantangan dan kontroversi, termasuk revisi target elektrifikasi oleh produsen mobil akibat tekanan pasar.

Rantai pasokan baterai sekunder terdiri dari lima tahap utama: penambangan, pengolahan, produksi katoda (CAM), manufaktur sel baterai dan perakitan (LIB cell), serta aplikasi penggunaan akhir. Tahap penggunaan akhir dapat dibagi lebih lanjut ke dalam sektor tertentu, seperti transportasi (termasuk kendaraan listrik/EV), sistem penyimpanan energi (ESS), dan elektronik portabel (3Cs - *Computing, Communication, and Consumer Electronics*). Dalam industri ini, penambangan dan pengolahan dikategorikan sebagai aktivitas “hulu,” sementara tahapan dari CAM hingga end-user dikategorikan sebagai “hilir.”

Dalam hal ekstraksi bahan baku, Chile (34%), Australia (22%), dan Argentina (13%) memiliki cadangan lithium terbesar di dunia. Namun, pengolahan produk lithium didominasi oleh Tiongkok, yang memiliki lebih dari 50% kapasitas produksi lithium karbonat dan lebih dari 80% produksi lithium hidroksida (dua bahan kimia utama lithium). Dari segi volume bahan baku, Australia merupakan produsen terbesar, menghasilkan hampir 400.000 MT-LCE (42%) dalam bentuk konsentrat spodumen. Namun, karena spodumen hanya merupakan bahan baku awal untuk produksi bahan kimia lithium, 82% dari produksi Australia diproses lebih lanjut di Tiongkok.

Indonesia adalah produsen nikel terbesar di dunia, dengan 42% dari cadangan global. Republik Demokratik Kongo (DRC) merupakan sumber utama kobalt, menyumbang lebih dari 70% produksi global, sementara Tiongkok mendominasi

produksi grafit global, dengan 57% produksi dan 30% cadangan dunia. Nikel ditemukan di berbagai belahan dunia, terutama dalam bentuk laterit, sebagaimana yang terdapat di Indonesia. Situs ekstraksi nikel terbesar di Indonesia berada di wilayah Maluku. Sementara itu, kobalt umumnya ditambang sebagai produk sampingan dari penambangan tembaga dan nikel, dengan produksi global terbesar terkonsentrasi di DRC. Grafit, yang merupakan material utama anoda, diperoleh baik dari deposit alami maupun produksi sintetis, dengan Tiongkok menguasai 30% cadangan global. Sementara itu, sumber daya mangan lebih tersebar luas dan relatif lebih murah dibandingkan dengan logam baterai lainnya.

Setelah diekstraksi, bahan baku harus menjalani proses pengolahan agar memenuhi standar kemurnian tinggi untuk produksi baterai, dan Tiongkok mendominasi tahap ini. Pengolahan dilakukan dengan berbagai teknik, termasuk hidrometalurgi dan pirometalurgi, untuk menghasilkan material dengan kualitas baterai. Indonesia juga telah meningkatkan kapasitas pemrosesan nikel dalam negeri, yang berdampak pada rantai pasokan global. Antara penerapan larangan ekspor nikel pada 2022 dan meningkatnya investasi dalam pemrosesan mineral dan manufaktur, kapasitas pengolahan Indonesia meningkat 208%.

Industri bahan katoda aktif (Cathode Active Material/CAM), yang menentukan kimia sel baterai, saat ini didominasi oleh Tiongkok dan diperkirakan akan tetap demikian dalam jangka pendek. Bagi produsen Asia, baterai NMC menyumbang 40%-60% dari produksi EV dalam lima tahun terakhir. Tiongkok memiliki hampir 79% kapasitas katoda global, diikuti oleh Korea Selatan (14%) dan Jepang (5%). Pasar katoda di Tiongkok cukup beragam dengan lebih dari 100 produsen yang dapat ditelusuri dalam produksi baterai LFP dan NMC. Dalam lima tahun ke depan, Tiongkok akan tetap mendominasi pasar katoda, tetapi perkembangan baru mulai bermunculan di luar negeri: Amerika Serikat merencanakan tambahan kapasitas produksi katoda 1,5 juta ton pada 2028 dengan 15 proyek baru. Uni Eropa juga berkembang, dengan Swedia, Polandia, Hungaria, dan Finlandia diperkirakan akan menambah hampir 1 juta ton kapasitas pada 2028. Indonesia akan berkontribusi dengan dua proyek baru, menambah 160.000 ton kapasitas dalam dekade mendatang. Posisi strategis Indonesia dalam pasar nikel, serta biaya energi dan reagen yang kompetitif, dapat menarik lebih banyak investasi ke negara ini.

Sementara itu, bahan aktif anoda sebagian besar terdiri dari grafit, dengan kapasitas produksi global terbesar terkonsentrasi di Tiongkok. Sebagian besar kapasitas yang terpasang digunakan untuk produksi grafit sintetis, yang menyumbang hampir 75% dari produksi global, meskipun biayanya lebih tinggi dibandingkan grafit alami. Partisipasi Indonesia dalam industri anoda masih kecil, dan meskipun ada rencana untuk meningkatkan kapasitas di negara lain seperti Amerika Serikat dan India, tambahan kapasitas di luar Tiongkok tidak akan melebihi 1 juta ton, atau hanya 20% dari total kapasitas anoda global. Ini berarti bahwa setidaknya dalam dekade berikutnya, industri anoda masih akan bergantung pada Tiongkok..

Tahap manufaktur sel baterai dalam rantai pasokan juga dipimpin oleh Tiongkok. Proses ini mencakup produksi sel dan paket baterai, termasuk perakitan katoda, anoda, elektrolit, separator, dan foil listrik menjadi sel baterai, yang kemudian disusun menjadi modul dan paket. Sebelum tahun 2023, tiga perusahaan dengan kapasitas manufaktur sel LIB terbesar adalah: CATL dengan 552 GWh, LG Chem dengan 172 GWh, dan BYD dengan 148 GWh. Baik CATL maupun LG Chem telah memasukkan Indonesia dalam strategi mereka. CATL khususnya sedang mengembangkan proyek EV Battery Industrial Chain dengan investasi USD \$6 miliar untuk memimpin teknologi baterai nikel NMC dan

memastikan daya saing biaya NMC dalam persaingan dengan LFP. Banyak produsen Tiongkok telah menguasai produksi NCM811, yang menjelaskan mengapa kapasitas produksi sel global cenderung berfokus pada kimia nikel tinggi serta minat perusahaan Tiongkok dalam mengontrol margin pertambangan dan pengolahan lithium serta nikel.

Transportasi adalah sektor penggunaan akhir terbesar dalam pasar baterai sekunder, diikuti oleh sistem penyimpanan energi. Produsen EV besar seperti BYD, Tesla, dan Volkswagen menggunakan baterai berbasis nikel dan besi. Untuk mendorong industri EV di dalam negeri, Indonesia telah menetapkan tarif bea masuk 0% untuk kendaraan listrik (EV) *Completely Built Up* (CBU) dan *Completely Knock Down* (CKD) dengan nilai kandungan lokal 20-40%. Produsen EV seperti BYD, Vinfast, Aion, Volkswagen, dan Maxus telah mendapatkan manfaat dari insentif ini. Selain baterai EV, pasar penyimpanan energi stasioner juga terus berkembang.

Perspektif lanskap industri di Indonesia

Rantai pasokan baterai di Indonesia diawasi oleh tiga kementerian utama: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Kementerian ESDM), Kementerian Perindustrian (Kemenperin), dan Kementerian Investasi (BKPM), dengan dukungan dari berbagai lembaga pemerintah lainnya serta perusahaan milik negara seperti Indonesia Battery Corporation (IBC). Selain itu, sektor ini juga melibatkan perusahaan swasta, investor asing, kawasan industri, dan lembaga keuangan yang berkontribusi terhadap pertumbuhan industri melalui mekanisme pendanaan. Pemangku kepentingan dalam penggunaan akhir, seperti penyedia transportasi publik dan operator stasiun pengisian daya, turut mendorong permintaan baterai di Indonesia.

Industri nikel dan pemrosesan mineral di Indonesia sudah berkembang dengan baik; namun, dalam beberapa tahun terakhir, industri pemrosesan nikel yang sebelumnya berfokus pada sektor baja mengalami perkembangan pesat menuju sektor baterai. Selain nikel, Indonesia juga memiliki sumber daya mineral kobalt dan mangan yang melimpah. Berbeda dengan nikel, produksi mangan mengalami fluktuasi dalam beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, peningkatan pemanfaatan sumber daya dalam negeri serta pengurangan ketergantungan pada impor menjadi prioritas utama. Selain nikel, pemrosesan bahan baku lainnya masih terbatas atau dalam tahap pengembangan.

Fasilitas katoda LFP pertama di Indonesia, PT LBM Energi Baru Indonesia, memiliki kapasitas produksi 30.000 ton katoda LFP, dan industri anoda juga berkembang, meskipun kapasitas produksinya masih terbatas. Selain itu, Indonesia berencana untuk memproduksi 160.000 ton katoda NMC per tahun dalam dekade mendatang. Posisi strategis Indonesia dalam pasar nikel, serta daya saingnya dalam hal biaya energi dan reagen, dapat menarik lebih banyak investasi untuk mempercepat perkembangan industri ini. Dalam industri anoda, pada Q4 2024, Presiden Joko Widodo meresmikan pabrik baru milik PT Indonesia BTR New Energy di Jawa Tengah, yang akan memproduksi material anoda untuk baterai EV. Selain itu, sebuah pabrik manufaktur sel NMC baru telah diluncurkan di Indonesia dengan kapasitas produksi tahunan sebesar 10 GWh. Fasilitas ini bertujuan untuk meningkatkan pemanfaatan sumber daya dalam negeri. Perusahaan yang mengelola fasilitas ini, PT HLI Green Power, merupakan joint venture antara Hyundai Motor Company, LG Energy Solution, dan Indonesia Battery Corporation.

Produsen baterai LFP juga telah hadir di Indonesia, termasuk PT Gotion Green Energy Solutions Indonesia dan PT International Chemical Industry (Intercallin). Namun, beberapa komponen baterai masih diimpor. Menurut Kementerian Investasi, Indonesia memiliki potensi untuk menjadi salah satu dari lima produsen baterai terbesar di dunia pada tahun 2040, dengan kapasitas produksi tahunan mencapai 650 GWh, yang akan memenuhi 10% dari total permintaan baterai global.

Produksi baterai di Indonesia utama ditujukan untuk produksi EV, dan pemerintah telah menerapkan insentif investasi di sektor hilir serta insentif permintaan guna mendorong pertumbuhan industri. Beberapa insentif yang telah diterapkan antara lain: (i) dukungan pembiayaan hingga 75% untuk aktivitas rantai pasokan EV serta pembebasan dari batas kredit maksimum, dan (ii) libur pajak penghasilan (*corporate income tax holiday*) bagi investasi di industri EV. Saat ini, Hyundai dan KIA adalah satu-satunya produsen EV yang menggunakan baterai yang diproduksi secara lokal. Insentif permintaan yang diterapkan meliputi pinjaman untuk pembelian kendaraan listrik (EV), pengurangan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10% untuk EV dengan kandungan lokal minimal 40%, pengurangan pajak barang mewah untuk EV, pembebasan dari aturan pembatasan kendaraan di jalan raya, diskon parkir untuk kendaraan listrik. Produksi EV roda empat (4W) Indonesia saat ini telah mencapai 15,3% dari target tahunan 2030, yaitu 600.000 unit. Dengan kapasitas produksi 91.661 unit EV roda empat (termasuk BEV, HEV, dan bus listrik) dan 100.000 unit EV roda dua, Indonesia telah menjadi negara pengekspor bersih EV 4W dan 2W serta bergerak menuju posisi sebagai pemain utama di tingkat regional.

Meskipun Indonesia berupaya mengatasi pengelolaan baterai di tahap akhir masa pakai (End of Life/EOL), saat ini hanya ada satu perusahaan daur ulang baterai di Indonesia, yaitu PT Indonesia Puqing Recycling Technology. Perusahaan ini memiliki kapasitas untuk memproses hingga 18.144 metrik ton baterai lithium bekas per tahun. Investasi tambahan dalam daur ulang dan teknologi baterai *second-life* dapat membantu Indonesia menyesuaikan diri dengan tren global dalam energi berkelanjutan dan ekonomi sirkular. Selain itu, peningkatan investasi dalam baterai berbasis NMC dapat meningkatkan kelayakan rantai pasokan Indonesia di tingkat global, karena baterai NMC mengandung bahan baku yang lebih bernilai dibandingkan dengan baterai berbasis besi.

Perspektif ekonomi dalam pengembangan rantai pasokan baterai Indonesia

Pemerintah Indonesia telah menerapkan insentif fiskal dan non-fiskal untuk mendorong adopsi kendaraan listrik (EV), termasuk insentif perusahaan, manfaat parkir, pengembangan infrastruktur pengisian daya, pengurangan pajak, serta pengecualian kebijakan pelat nomor ganjil-genap. Kebijakan ganjil-genap adalah peraturan lalu lintas yang membatasi akses kendaraan ke jalan tertentu pada tanggal tertentu berdasarkan digit terakhir pada pelat nomor kendaraan. Selain itu, terdapat insentif pengurangan bea masuk dan pengecualian dari pajak barang mewah. Kendaraan listrik (EV) memperoleh keuntungan dari Pengurangan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) menjadi 1%, dibandingkan dengan 11% untuk kendaraan konvensional serta pengecualian dari pajak barang mewah dan pajak impor. Namun, untuk mendorong produksi lokal, minimal 40% komponen EV harus berasal dari dalam negeri pada tahun 2025, dan meningkat menjadi 60% pada tahun 2027 agar dapat mengakses PPN yang lebih rendah. Saat ini, kandungan lokal untuk EV masih di bawah 20%, namun Kementerian Investasi memperkirakan akan terjadi peningkatan sebagai hasil dari

dukungan kuat pemerintah dalam perizinan, infrastruktur, dan regulasi untuk menarik investor asing yang berkontribusi terhadap integrasi industri hulu-hilir.

Bahan baku menyumbang sekitar 70%-80% dari total biaya baterai EV. Oleh karena itu, pemerintah telah menetapkan Harga Patokan Mineral (HPM) bulanan untuk perdagangan domestik, yang mencakup komoditas utama seperti nikel, kobalt, timbal, seng, aluminium, tembaga, emas, perak, timah, mangan, bijih besi, bijih krom, konsentrat ilmenit, dan konsentrat titanium. Tujuan HPM adalah menciptakan sistem perdagangan yang adil, kompetitif, dan transparan bagi penambang dan smelter.

Menurut Sekretaris Jenderal Kementerian ESDM, pemerintah telah menetapkan target ekspansi pasar EV, dengan target 2 juta kendaraan listrik roda empat (E4W) di jalan raya pada tahun 2030. Meskipun pasar EV di Indonesia masih jauh dari target tersebut, penjualan tahun 2023 menunjukkan tren yang menggembirakan. Pada tahun 2023, terjual 12.248 unit EV di Indonesia, yang merupakan peningkatan 43% dibandingkan tahun sebelumnya. Saat ini, produksi E4W di Indonesia masih jauh dari target 2030. Produsen baterai dan kendaraan listrik menghadapi beberapa hambatan utama, seperti harga nikel dan kobalt yang tinggi, biaya manufaktur yang mahal, serta lambatnya proses perizinan. Oleh karena itu, upaya pemerintah untuk mengembangkan rantai pasokan baterai dan penerapan insentif bagi investasi hulu dan hilir bertujuan untuk mengatasi tantangan ini.

Insentif pengurangan PPN berpotensi menjadi fondasi utama dalam mencapai target produksi dan adopsi EV. Berdasarkan dua asumsi utama: (i) harga rata-rata EV yang dijual di Indonesia hingga 2030 akan mengikuti proyeksi harga rata-rata global, dan (ii) setiap EV yang terjual mulai tahun 2027 akan menggantikan satu kendaraan berbahan bakar bensin (ICEV) dengan harga serupa. Dengan asumsi tersebut, estimasi akumulasi kehilangan pendapatan PPN antara tahun 2027-2030 diperkirakan mencapai USD \$8,21 miliar. Namun, jika target ini tercapai, Indonesia berpotensi menciptakan 43.060 lapangan kerja baru bersih, dengan asumsi bahwa pekerja di sektor ICEV dapat beralih ke produksi EV. Selain itu, lapangan kerja baru ini akan meningkatkan penerimaan pajak, yang pada akhirnya akan mendorong pertumbuhan aktivitas ekonomi. Meskipun penerimaan PPN menurun, realisasi target ini akan meningkatkan penerimaan pajak dari industri baterai, pertambangan, serta pengolahan bahan baku, yang akan mengimbangi dampak dari berkurangnya pemasukan PPN.

Peluang investasi

Indonesia memiliki potensi besar dalam rantai pasokan baterai global berkat cadangan nikel, kobalt, dan mangan yang melimpah. Sebagai produsen nikel terbesar di dunia, Indonesia memainkan peran penting dalam memenuhi permintaan global akan baterai lithium-ion, yang menjadi komponen utama kendaraan listrik (EV). Sektor baterai di Indonesia menawarkan beragam peluang investasi di berbagai tahapan rantai pasokan baterai.

Indonesia memiliki cadangan mineral utama yang besar, termasuk 42% dari total sumber daya nikel global dan 2% dari sumber daya kobalt global (menurut USGS). Namun, masih terdapat tantangan dalam meningkatkan kapasitas produksi mineral ini untuk memenuhi kebutuhan produksi baterai dalam negeri. Berikut adalah rekomendasi awal untuk mengatasi tantangan ini, yang akan dieksplorasi lebih lanjut dalam alur kerja proyek selanjutnya:

- Mengamankan pasokan lithium yang andal guna mengembangkan industri baterai nasional. Indonesia dapat memanfaatkan kedekatannya dengan pasar akhir di Asia, sehingga menciptakan kondisi investasi yang menarik bagi investor pengolahan mineral.
- Menerapkan praktik terbaik internasional dalam inovasi teknologi dan reformasi regulasi di sektor pertambangan untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan, serta mengatasi kemungkinan penurunan investasi dari perusahaan internasional akibat kekhawatiran terhadap dampak lingkungan dan sosial.
- Membangun kemitraan multilateral dan bilateral untuk mendiversifikasi pemasok dan menarik investasi ke dalam operasi pengolahan domestik. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan ketergantungan pada satu pemasok lithium dan grafit, sekaligus mengurangi risiko dari ketegangan geopolitik atau gangguan perdagangan.
- Mendorong kerja sama multilateral dan bilateral guna memperkuat operasi pengolahan mangan dalam negeri, khususnya di NTT, serta memperkuat mekanisme pemantauan dan pelaporan kepada Kementerian ESDM.

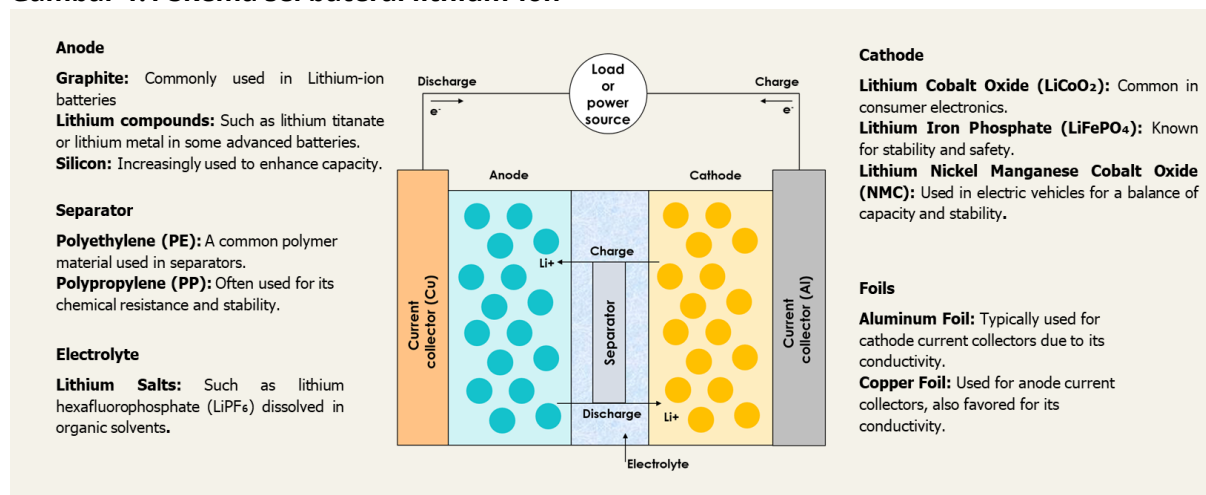
Setelah bahan baku utama baterai dapat diamankan, investasi dalam rantai pasokan manufaktur harus ditingkatkan guna menciptakan sistem yang sepenuhnya terintegrasi dan terkoneksi. Berikut adalah rekomendasi awal untuk mengatasi tantangan di setiap tahap rantai pasokan baterai:

- Pemangku kepentingan internasional telah menyuarakan kekhawatiran terkait dampak lingkungan dan sosial akibat ekstraksi mineral. Oleh karena itu, pemerintah harus memperketat regulasi dan kebijakan untuk memastikan bahwa operasi pertambangan sesuai dengan standar green mining dan menangani dampak sosial secara efektif.
- Pemerintah harus mengeksplorasi strategi untuk mengurangi ketergantungan pada Tiongkok dalam sektor pengolahan dan produksi CAM, serta mengembangkan kapasitas pengolahan dalam negeri. Pemerintah juga dapat mempertimbangkan revisi insentif pajak, seperti tax holiday untuk proses pirometalurgi, serta mendukung pengembangan operasi smelter mangan yang lebih kuat, terutama di NTT.
- Indonesia sebaiknya memprioritaskan investasi dalam rantai pasokan baterai NMC/NCA untuk memanfaatkan sepenuhnya sumber daya nikel dan kobalt dalam negeri. Ini termasuk pengembangan kapasitas produksi baterai NMC dalam negeri.
- Mendorong investasi dalam fasilitas manufaktur anoda, dengan fokus pada grafit sintesis dan alami, untuk mengurangi ketergantungan pada Tiongkok serta memperkuat produksi dalam negeri.
- Memperkuat kemitraan antara produsen material baterai dengan perusahaan seperti LG Chem guna mendiversifikasi kapasitas manufaktur dan mengurangi ketergantungan pada pemain industri dari Tiongkok.
- Mengembangkan konsep *urban mining* untuk mendukung ekonomi sirkular dengan meningkatkan pemulihan sumber daya dan mengurangi limbah. Pendekatan ini dapat meningkatkan ketahanan sumber daya Indonesia, menyediakan sumber bahan baku yang lebih mandiri, serta meminimalkan biaya transportasi dalam rantai pasokan.

Saat ini, penetrasi pasar kendaraan listrik (EV) yang dirakit secara lokal belum mencapai potensi maksimalnya. Oleh karena itu, dianjurkan agar Indonesia memperluas infrastruktur EV, terutama melalui pengembangan stasiun pengisian daya kendaraan listrik di daerah perkotaan dan pedesaan.

Sebagian besar baterai lithium-ion komersial saat ini menggunakan grafit sebagai anoda dan garam lithium (Lithium Hexafluorophosphate/LiPF₆) sebagai elektrolit. Katoda merupakan bagian paling material-intensif dalam baterai, yang membutuhkan bahan baku lain selain lithium. Komposisi katoda bervariasi tergantung pada sub-kimia teknologi lithium-ion. Pemilihan komposisi kimia dalam produksi baterai bergantung pada ketersediaan sumber daya, biaya produksi, serta aspek geopolitik yang akan dibahas lebih lanjut dalam laporan ini. Gambar 1.1 mengilustrasikan komponen utama dari sel baterai lithium-ion, termasuk mineral dan material kunci yang digunakan dalam pembuatannya.

Gambar 1.1 Skema sel baterai lithium-ion



Sumber: Penyusunan sendiri

1.1.1 Kimia

Teknologi baterai dapat dianalisis berdasarkan jenis kimianya (berbagai kombinasi material), yang masing-masing memiliki karakteristik unik dalam hal kinerja, biaya, dan keamanan. Faktor lain yang juga menjadi pertimbangan meliputi kepadatan energi, kepadatan daya, stabilitas termal, dan umur siklus baterai. Produsen baterai mengoptimalkan karakteristik ini sesuai dengan aplikasi spesifik dari baterai tersebut. Oleh karena itu, setiap jenis baterai memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada aplikasinya. Penjelasan mengenai konsep teknis yang digunakan sebagai spesifikasi untuk mendeskripsikan sel, modul, dan paket baterai dapat ditemukan dalam Lampiran 1, yang mencakup spesifikasi teknis baterai dan Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL).

Penamaan baterai lithium-ion bergantung pada komposisi material katoda yang digunakan, khususnya rasio bahan utama dalam katoda. Sebagai contoh, kombinasi nikel (N), mangan (M), dan kobalt (C) memiliki kode NMC, sementara angka setelah kode tersebut mengacu pada proporsi relatif dari masing-masing material dalam katoda. Setiap angka mewakili persentase dari total komposisi katoda, yang dijumlahkan hingga 1 (atau 100%).

• Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LiNiMnCoO₂) – NMC

Katoda baterai NMC terbentuk dari LiNi_xMn_yCo_zO₂ ($x + y + z = 1$), yang sering disebut sebagai NMCXYZ. Katoda ini telah dikomersialkan secara luas³ dan dapat dimodifikasi dengan variasi kandungan nikel (N), mangan (M), dan kobalt (C) untuk menyesuaikan

³ Aleksandra A. Savina, Artem M. Abakumov, *Benchmarking the electrochemical parameters of the LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O₂ positive electrode material for Li-ion batteries*, Heliyon, Volume 9, Issue 12, 2023, e21881, ISSN 2405-8440, Tersedia di: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023090898>

aplikasi tertentu. Sebagai contoh: NMC811 mengandung 80% nikel, 10% kobalt, dan 10% mangan. NMC532, NMC622, dan NMC111 adalah formulasi lain yang umum digunakan, di mana NMC111 berarti ketiga elemen nikel (N), mangan (M), dan kobalt (C) memiliki proporsi yang sama.

Meningkatkan kandungan nikel, seperti pada NMC811, meningkatkan kepadatan energi dan mengurangi biaya produksi dengan mengurangi proporsi kobalt⁴ - Kobalt semakin dikurangi karena harganya yang mahal dan masalah etika dalam rantai pasokan. Namun, baterai NMC dengan kandungan nikel tinggi menghadapi tantangan terkait stabilitas termal dan degradasi struktural, yang membutuhkan teknik stabilisasi lanjutan seperti doping struktural dan pelapisan antar muka. Indonesia dapat memanfaatkan cadangan dan kemampuan pengolahan nikelnya untuk mengembangkan rantai pasokan baterai NMC.

Pada tahun 2023, pasar baterai NMC bernilai USD \$25,8 miliar dan diperkirakan akan tumbuh dengan CAGR lebih dari 15,7% dari 2024 hingga 2032, didorong oleh permintaan EV yang meningkat serta tren teknologi yang berkembang di berbagai industri⁵.

- **Nickel Cobalt Aluminium Oxide - NCA**

Baterai lithium-nickel-cobalt-aluminium oxide $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Al}_y\text{O}_2$ (NCA), biasanya terdiri dari 80% nikel, 15% kobalt, dan 5% aluminium. Keunggulan utama NCA adalah kepadatan energi yang tinggi dan umur siklus yang lebih panjang dibandingkan dengan NMC. Karena itu, baterai NCA sering digunakan pada EV dengan performa tinggi. Namun, sama seperti NMC, NCA memerlukan manajemen termal yang efektif karena kandungan nikelnya yang tinggi dapat menyebabkan masalah keamanan terkait panas berlebih. Jenis katoda ini digunakan oleh Tesla dalam pasar AS.⁶

- **Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) - LFP**

Lithium iron phosphate (LiFePO_4 or LFP) adalah material katoda berbasis besi yang digunakan secara luas dalam baterai lithium-ion. Bahan utama katoda LFP terdiri dari besi, lithium, dan fosfat. Besi sangat melimpah dan murah, sehingga mengurangi biaya produksi dibandingkan dengan baterai berbasis nikel dan kobalt.

Baterai LFP dikenal karena keamanannya, umur siklus yang panjang, dan stabilitas termal yang tinggi, menjadikannya pilihan andal untuk berbagai aplikasi. Baterai ini tidak mengalami thermal runaway dan dapat beroperasi pada suhu tinggi tanpa mengalami dekomposisi. Meskipun memiliki kepadatan energi yang lebih rendah dibandingkan katoda berbasis nikel, baterai LFP menawarkan kepadatan daya yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan karena kelimpahan besi yang murah. Produsen baterai Tiongkok menguasai 90% produksi baterai LFP global. Menurut MarketsandMarkets Research, pasar baterai LFP diperkirakan akan mencapai lebih dari USD \$13 miliar pada tahun 2024 dan berpotensi tumbuh hingga USD \$24,6 miliar pada tahun 2027, dengan CAGR sebesar 13,7%.

- **Lithium Manganese Iron Phosphate - LMFP**

⁴ *Journal of Materials Chemistry A: "Structure/interface synergy stabilizes high-nickel cathodes for lithium-ion batteries"*. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/ta/d4ta01230e>

⁵ *Global market insights. Nickel Manganese Cobalt (NMC) battery Market Size - By Application (Automotive, Energy Storage, Industrial), By Regional Outlook & Forecast, 2024 - 2032*. Tersedia di: [Nickel Manganese Cobalt \(NMC\) Battery Market Size, 2032 Report \(gminsights.com\)](https://www.gminsights.com/industry-analysis/nmc-battery-market-size-2024-2032)

⁶ *Tesla telah menggunakan tiga jenis katoda utama dalam produksi baterainya, yaitu NCA, NMC, dan LFP, tergantung pada produsen paket baterai, lokasi produksi, dan target pasarnya. Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa baterai LFP semakin menjadi alternatif utama karena biaya produksi kobalt yang tinggi.*

Baterai LMFP merupakan pengembangan dari LFP, di mana sebagian besi digantikan dengan mangan sebagai material katoda. LMFP memiliki kepadatan energi yang lebih tinggi (15-20%) dibandingkan LFP, tetapi tetap mempertahankan biaya dan tingkat keamanannya. LMFP dianggap sebagai penerus LFP yang menjanjikan di Tiongkok, di mana baterai LFP menyumbang 60% pangsa pasar domestik. Karena tidak menggunakan kobalt atau logam langka lainnya, biaya produksi LMFP diperkirakan setara atau lebih murah dibandingkan LFP.

- **Lithium Nickel Manganese Spinel ($\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$) - LNMO**

Baterai ini tidak mengandung kobalt dan memiliki kandungan nikel yang rendah. Katodanya terdiri dari lithium-nikel-mangan oxide, yang menawarkan kepadatan energi tinggi dan tegangan operasi yang lebih besar. Memiliki stabilitas termal yang baik dan struktur spinel tiga dimensi, yang meningkatkan aliran ion lithium, memungkinkan laju pelepasan daya tinggi dan pengisian cepat. Penelitian masih berlangsung untuk meningkatkan kinerja baterai LNMO.

- **Lithium Cobalt Oxide (LiCoO_2) - LCO**

Baterai LCO menggunakan senyawa lithium kobalt oksida sebagai katoda dan grafit/karbon sebagai anoda. Memiliki energi spesifik tinggi, tetapi stabilitas termal rendah dan umur pakai terbatas. Harga lebih mahal dibandingkan dengan jenis baterai lain karena tingginya biaya kobalt.

- **Lithium Titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) - LTO**

Baterai LTO biasanya menggunakan NMC sebagai katoda dan lithium titanate nanocrystals untuk anoda. Namun, alternatif kimia seperti LMO dan LFP juga dapat digunakan. Memiliki waktu pengisian cepat, arus pelepasan tinggi, dan kinerja baik pada suhu rendah. Dibandingkan dengan baterai lithium-ion konvensional, LTO memiliki kepadatan energi lebih rendah dan biaya produksi lebih tinggi, tetapi umur siklusnya jauh lebih panjang. Karena daya tahan termalnya lebih baik, baterai ini sangat aman untuk digunakan dalam kendaraan listrik (EV), e-bike, serta sektor militer dan dirgantara.

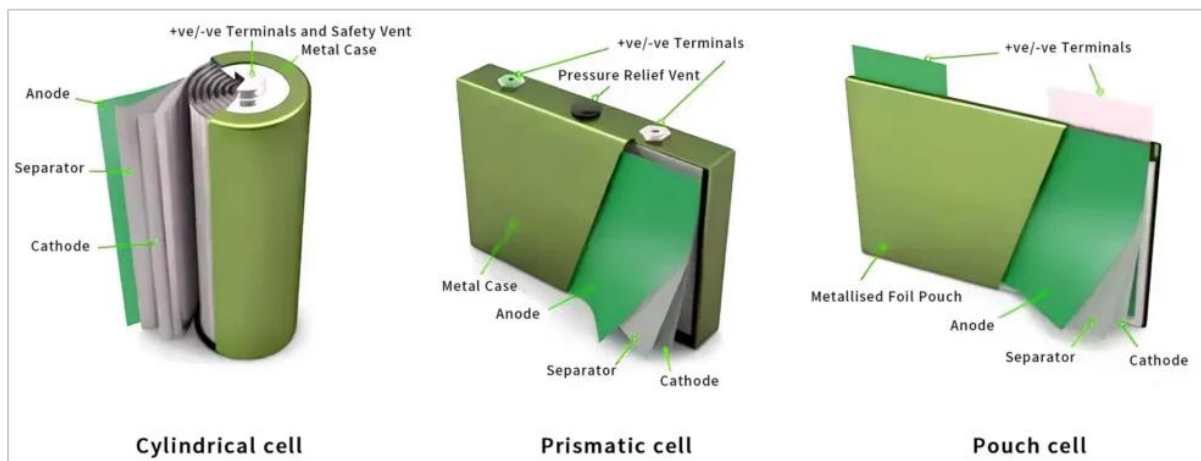
1.1.2 Format

Berbagai jenis kimia baterai dapat diproduksi dalam tiga jenis bentuk sel utama, yaitu silinder, prisma, dan pouch (Gambar 1.2). Namun, tidak ada format standar universal untuk baterai sekunder lithium-ion, karena formatnya disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari aplikasi akhir baterai.

- **Tipe silinder:** Format ini terdiri dari rangkaian elektroda, wadah untuk menampung elektroda, dan rakitan penutup untuk menyegel bagian atas wadah. Format ini merupakan yang tertua di pasaran dan memiliki tingkat standarisasi yang lebih tinggi dibandingkan format lainnya. Jenis kimia katoda yang paling umum digunakan dalam baterai silinder adalah LCO, LMO, NMC, dan LFP.
- **Sel pouch dalam baterai sekunder:** Baterai ini dibuat dengan melaminasi elektroda datar dan separator, kemudian menyegelnya dalam kemasan fleksibel yang biasanya terbuat dari aluminium atau polimer lainnya melalui proses penyegelan panas. Namun, jenis sel ini rentan mengalami pembengkakan seiring waktu, yang dapat mempengaruhi kinerja dan keamanan paket baterai. Jenis kimia yang paling umum digunakan dalam baterai sel pouch adalah LCO, LFP, dan LMO..
- **Sel prismatic:** Format ini memiliki bentuk persegi panjang atau kotak datar, sehingga dapat ditumpuk dengan lebih efisien, terutama dalam beberapa aplikasi tertentu yang membutuhkan optimalisasi ruang. Material elektroda disusun dalam lapisan-lapisan, dan sel ini dilindungi oleh casing logam yang kokoh. Bentuk dan ketebalan

casing memberikan keunggulan dalam manajemen panas dibandingkan sel silinder. Jenis kimia baterai yang paling umum digunakan dalam sel prismatic adalah LFP.

Gambar 1.2 Jenis format sel baterai



Sumber: LiYue New Energy. Learn about pouch cell batteries (2023)

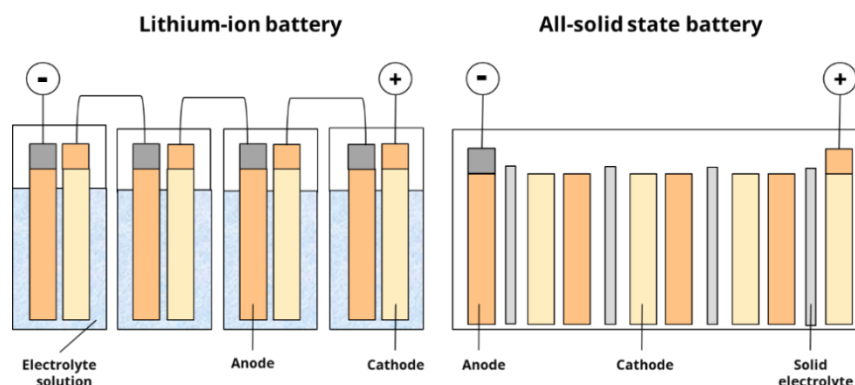
1.1.3 Baterai solid state

Berbeda dengan baterai lithium-ion konvensional, yang menggunakan elektrolit cair, baterai lithium-ion solid-state (SSLB) menggunakan elektrolit padat (Lihat Gambar 1.3). Perubahan ini meningkatkan keamanan baterai dengan mengurangi risiko kebocoran dan kebakaran yang sering dikaitkan dengan elektrolit cair, serta berpotensi meningkatkan kepadatan energi, menjadikan baterai ini lebih aman untuk aplikasi otomotif.

SSLB sering menggunakan anoda berbasis lithium metal, yang menawarkan kepadatan energi lebih tinggi dibandingkan dengan anoda grafit. Namun, teknologi ini membutuhkan lithium dengan tingkat kemurnian tinggi, yang berpotensi meningkatkan permintaan akan mineral lithium yang telah dimurnikan. Dari segi kinerja, tantangan utama dalam SSLB mencakup pembentukan dendrit dan stabilitas antarmuka, yang harus diatasi untuk memastikan kinerja jangka panjang yang andal.

Sebagai teknologi penyimpanan energi generasi mendatang, SSLB menawarkan peluang besar. Berbagai jenis elektrolit padat sedang dikembangkan, termasuk berbasis sulfida, oksida, dan polimer. Pada tahun 2023, pasar global baterai solid-state bernilai sekitar USD \$85,13 juta, dan diproyeksikan akan tumbuh hingga USD \$1,4 miliar pada tahun 2032, dengan CAGR sebesar 38,75% selama periode tersebut. Pertumbuhan ini, khususnya di kawasan Asia Pasifik, didorong oleh kemitraan strategis antara perusahaan baterai solid-state dan meningkatnya permintaan untuk elektronik konsumen.

Gambar 1.3 Baterai solid state vs. baterai lithium-ion konvensional



Sumber: Penyusunan sendiri

1.2 Baterai lithium metal

Baterai lithium metal menggunakan anoda berbasis lithium metal dan berpotensi menggantikan anoda grafit tradisional, menawarkan arsitektur baterai dengan kepadatan energi yang lebih tinggi serta kecepatan pengisian daya yang lebih cepat. Karena alasan ini, lithium metal secara luas dianggap sebagai material anoda ideal untuk baterai sekunder generasi mendatang.

Namun, integrasi anoda lithium metal dalam sistem baterai memerlukan desain ulang total pada sel baterai. Saat ini, penggunaan anoda Li-metal menghadapi berbagai tantangan, termasuk degradasi material, ketidakstabilan dalam pelarut non-air, ketidakcocokan dengan kimia elektrolit padat, serta pembentukan dendrit lithium. Dendrit ini dapat merusak anoda dan mengganggu antarmuka elektrolit, yang menjadi salah satu hambatan utama dalam adopsi komersial teknologi ini.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian mengenai modifikasi elektrolit padat harus diperkuat, dengan fokus pada peningkatan keamanan, menghilangkan pembentukan dendrit, serta memperpanjang umur baterai berbasis lithium metal. Salah satu solusi potensial adalah penguatan lapisan elektrolit padat dengan pelapisan pelindung untuk meningkatkan stabilitasnya.

Peralihan dari grafit ke anoda lithium metal juga dapat mengubah secara signifikan rantai pasokan global. Dikarenakan Tiongkok adalah produsen grafit terbesar di dunia, dengan lebih dari 77% produksi global pada tahun 2023⁷, menggantikan grafit dengan lithium metal dapat mengurangi posisi dominan Tiongkok dalam rantai pasokan baterai secara drastis.

Untuk mempercepat pengembangan baterai solid-state dengan anoda lithium metal, diperlukan investasi yang substansial, mencakup puluhan juta dolar dalam bentuk hibah dan pendanaan pinjaman dengan biaya rendah, guna mendirikan lini produksi percontohan serta mempercepat jalur menuju komersialisasi teknologi ini.

1.3 Baterai sodium-ion (SIBs)

Awalnya dikembangkan di Amerika Serikat dan Eropa, SIB kembali muncul sebagai alternatif yang menjanjikan terhadap baterai lithium-ion, terutama karena ketersediaan natrium yang melimpah dan biaya yang lebih rendah dibandingkan lithium. Natrium sekitar 1000 kali lebih melimpah dibandingkan lithium, menjadikannya sebagai bahan baku yang lebih mudah diakses dan lebih ekonomis. Pada tahun 2022, pasar baterai sodium-ion bernilai sekitar USD \$0,86 miliar, dan diperkirakan akan tumbuh hingga USD \$4,8 miliar pada tahun 2032⁸. Namun, industri ini masih belum mencapai skala produksi besar dan belum sematang baterai lithium-ion, sehingga kombinasi kimia optimal untuk baterai ini masih dalam tahap eksplorasi.

Material anoda yang paling umum digunakan dalam SIB adalah karbon keras. Selain itu, material utama yang digunakan dalam katoda SIB meliputi:

⁷ Statista, 2023. [Leading countries in based on mine production of graphite worldwide in 2023.](#)

⁸ Xiaoying, Y. (2024). *China's position in the global race for alternative EV batteries*. Dialogue Earth. Tersedia di: <https://dialogue.earth/en/business/chinas-position-in-the-global-race-for-alternative-ev-batteries/#:~:text=From%20UK%2Dbased%20Faradion%20to,to%20market%20analyst%20Precedence%20Research.>

Oksida logam transisi berlapis berbasis natrium. Biasanya memiliki rumus kimia Na_xMO_2 , di mana M merupakan satu atau lebih unsur logam transisi 3d, seperti nikel, mangan, besi, kobalt, dan tembaga (di mana $0 < x \leq 1$ ⁹). Penelitian terbaru berfokus pada peningkatan umur siklus dan kinerja material ini, termasuk optimalisasi katoda berbasis oksida berlapis untuk mengatasi masalah transformasi fase yang tidak dapat dibalik¹⁰.

Senyawa polianionik berbasis natrium. Merupakan material khusus yang terdiri dari natrium dan gugus bermuatan negatif (polianion) yang mengandung logam dan non-logam. Struktur material ini dibentuk oleh ikatan kovalen kuat dalam jaringan tiga dimensi, di mana ion natrium (Na^+) tersebar dalam celah jaringan. Rumus kimia umum untuk senyawa polianionik ini adalah $\text{Na}_x\text{M}_y(\text{XaOb})_z\text{Zw}$, yang mana:

M dapat berupa satu atau lebih logam valensi seperti titanium, vanadium, kromium, mangan, besi, kobalt, nikel, kalsium, magnesium, aluminium, dan niobium;

X dapat berupa fosfor, sulfur, arsenik, silikon, boron, molibdenum, tungsten, germanium, dan lainnya,

Z dapat berupa fluorin, hidroksida, dan lainnya.

Material katoda berbasis polianion memiliki potensi aplikasi yang kuat, karena struktur tiga dimensi yang stabil memungkinkan transfer energi yang lebih efektif⁹.

SIB sangat menarik untuk aplikasi penyimpanan energi skala besar dan kendaraan listrik berkecepatan rendah. Namun, baterai ini umumnya membutuhkan lebih banyak ruang untuk mencapai kepadatan energi yang setara dengan baterai lithium-ion.

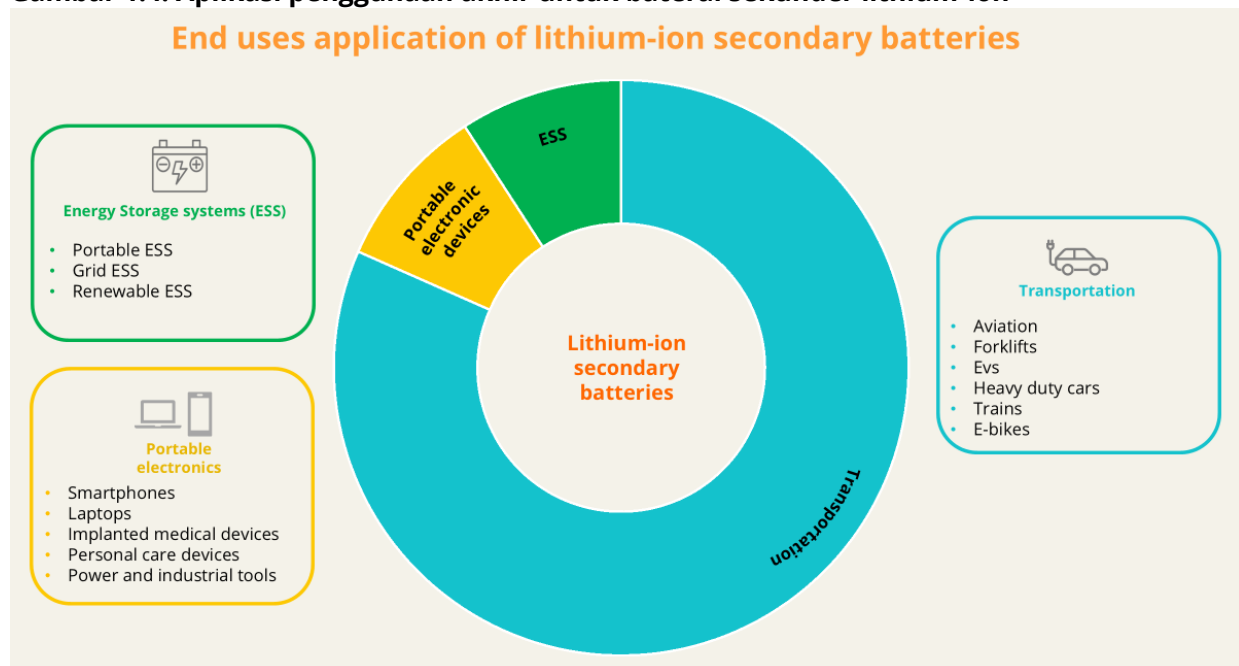
1.4 Penggunaan akhir

Pasar penggunaan akhir dan pertumbuhannya mendorong permintaan akan material baru. Aplikasi utama baterai sekunder meliputi: i) Transportasi; ii) Sistem Penyimpanan Energi (ESS); dan iii) Elektronik Portabel, yang sering disebut sebagai "3C" (Computing, Communications, dan Consumer Electronics) (Lihat Gambar 1.4)

⁹ Mingyi He, Shaomin Liu, Jiating Wu, Jinglin Zhu, Review of cathode materials for sodium-ion batteries, *Progress in Solid State Chemistry*, Volume 74, 2024, 100452, ISSN 0079-6786, <https://doi.org/10.1016/j.progsolidstchem.2024.100452>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079678624000153>)

¹⁰ Ketika ion logam transisi mengalami distorsi Jahn-Teller, hal ini mempengaruhi pergerakan ion natrium dalam katoda selama siklus pengisian dan pengosongan baterai. Li, Xin, Wang, Yan, Wu, Di, Liu, Lei, Bo, Shou-Hang, & Ceder, Gerbrand. Jahn-Teller Assisted Na Diffusion for High Performance Na Ion Batteries. United States. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.6b02440>

Gambar 1.4. Aplikasi penggunaan akhir untuk baterai sekunder lithium-ion



Sumber: Penyusunan sendiri

Meskipun proyek ini akan berfokus pada rantai pasokan baterai untuk kendaraan listrik (EV) karena dominasinya di pasar, bagian berikut memberikan tinjauan mendetail tentang berbagai aplikasi lainnya.

1.4.1 Transportasi

Elektrifikasi sektor transportasi telah mendorong adopsi luas baterai lithium-ion (LIB) di berbagai subsektor, termasuk penerbangan, kendaraan listrik (EV), kendaraan berat, kereta api, dan kendaraan roda dua. Setiap jenis kimia baterai memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri tergantung pada aplikasinya. Baterai NMC sangat diminati karena kepadatan energinya yang tinggi, yang memungkinkan jangkauan berkendara lebih jauh, menjadikannya pilihan utama untuk EV. Sementara itu, baterai NCA menawarkan siklus pengisian ulang hingga 1.000 kali, menjadikannya pilihan unggulan untuk kendaraan dengan performa tinggi.

Baterai LFP, meskipun memiliki jangkauan lebih pendek akibat kepadatan energi yang lebih rendah dibandingkan NMC dan NCA, tetap memainkan peran penting di pasar Asia, di mana rata-rata jarak tempuh harian lebih pendek dibandingkan pasar AS dan Eropa. Terobosan baru seperti baterai solid-state lithium (SSLB) dengan anoda lithium metal menawarkan peluang peningkatan kepadatan energi yang signifikan, yang dapat memperpanjang jangkauan kendaraan listrik secara drastis.

Sementara itu, baterai sodium-ion (SIB) lebih cocok untuk kendaraan listrik berkecepatan rendah, seperti e-bike, skuter listrik, dan beberapa jenis bus listrik, karena kepadatan energinya yang lebih rendah dibandingkan LIB tradisional.

1.4.2 Sistem penyimpanan energi

Sistem penyimpanan energi (ESS) memainkan peran penting dalam menyeimbangkan pasokan dan permintaan listrik, serta memungkinkan integrasi sumber energi terbarukan yang bersifat intermiten ke dalam sistem tenaga listrik. ESS digunakan dalam manajemen energi dan kapasitas, layanan tambahan, serta peningkatan stabilitas jaringan listrik. Baterai yang digunakan untuk penyimpanan energi dalam jaringan umumnya kurang sensitif terhadap kepadatan energi, karena ditempatkan dalam wadah besar dan bersifat stasioner. Kimia baterai yang paling umum digunakan dalam sektor

ESS adalah LFP, terutama karena biaya yang lebih rendah dan kinerja yang dapat diandalkan. Baterai NMC diperkirakan akan memainkan peran yang lebih kecil dalam penyimpanan energi jaringan, mengingat perbedaan biaya yang signifikan dibandingkan LFP.

SSB sangat cocok untuk menyimpan energi dari sumber yang bersifat intermiten seperti tenaga surya dan angin, karena memiliki umur siklus panjang dan kepadatan energi tinggi. Selain itu, SSB dapat beroperasi pada tegangan dan suhu yang lebih tinggi tanpa risiko kebocoran atau kebakaran, menjadikannya solusi yang sangat menarik untuk aplikasi penyimpanan energi skala besar. SIB juga sangat cocok untuk ESS skala besar, karena biaya produksinya yang rendah serta ketersediaan natrium yang melimpah. SIBs memiliki umur siklus panjang dan kinerja stabil di berbagai kondisi lingkungan, semakin memperkuat potensinya dalam penyimpanan energi.

1.4.3 Elektronik portabel (Komputer, Komunikasi, dan Elektronik Konsumen)

Sektor elektronik konsumen mencakup berbagai perangkat, termasuk smartphone, Tablet, laptop, peralatan industri, perangkat medis, dan alat perawatan pribadi. Teknologi ini banyak digunakan dalam rumah tangga, lingkungan industri, hingga fasilitas medis, menunjukkan versatilitas dan peran pentingnya dalam kehidupan modern. Kimia baterai yang paling umum digunakan di sektor ini adalah LCO, NMC, dan beberapa lainnya. Dalam industri ini, dua faktor utama yang menentukan pemilihan baterai adalah kepadatan energi dan efisiensi biaya, karena kedua faktor ini berpengaruh langsung pada kinerja perangkat dan keterjangkauan harga.

Baterai LCO mendominasi sektor elektronik konsumen, dengan 48% dari kapasitas terpasang, berkat biaya yang relatif terjangkau serta kepadatan energi yang tinggi. Baterai NMC menyusul dengan pangsa pasar 42%, terutama digunakan dalam alat-alat listrik yang memerlukan kinerja tinggi dalam ukuran yang ringkas serta tingkat self-discharge yang rendah. Baterai LFP lebih disukai dalam aplikasi yang membutuhkan daya tahan tinggi dan sumber daya yang andal, terutama dalam lingkungan industri. Keunggulannya dalam keamanan, ketahanan terhadap thermal runaway, serta kemampuan beroperasi pada suhu tinggi menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi ini.

SSB menawarkan kepadatan energi yang jauh lebih tinggi dan siklus hidup lebih panjang, yang berarti baterai lebih awet dan memiliki waktu pengisian lebih cepat. Dengan meningkatnya permintaan akan perangkat miniatur dengan kapasitas baterai lebih besar, SSB semakin menarik untuk digunakan dalam smartphone, laptop, perangkat wearable, dan perangkat medis implan. Desain solid state juga mengurangi risiko kebakaran atau ledakan, meningkatkan keamanan perangkat.

Baterai SIB menawarkan alternatif yang lebih murah dan aman, terutama untuk aplikasi di mana ukuran dan berat bukan faktor utama. Ini termasuk peralatan rumah tangga, perangkat portabel tertentu, alat listrik, forklift, dan peralatan industri, di mana keterjangkauan dan keandalan menjadi faktor utama. Selain itu, SIB sangat cocok untuk digunakan dalam Suplai Daya Bebas Gangguan atau Uninterruptible Power Supply (UPS), yang banyak digunakan di pusat data dan rumah sakit, memastikan pasokan daya tetap tersedia saat terjadi pemadaman listrik¹¹.

¹¹ Acculon energy. *Sodium-Ion Batteries: A Sustainable Solution for Telecom Backup Power in the 5G Era*. Tersedia di: [Sodium-Ion Batteries: A Sustainable Solution for Telecom Backup Power in the 5G Era - Acculon Energy](#)

1.5 Penelitian dan pengembangan

Penelitian dan pengembangan (R&D) dalam industri baterai sekunder berfokus pada peningkatan kepadatan energi, masa pakai baterai, keamanan, dan efisiensi biaya, serta inovasi dalam proses manufaktur untuk memungkinkan produksi dalam skala besar. Selain itu, perhatian yang semakin meningkat diberikan pada pengurangan dampak lingkungan melalui pengembangan teknologi daur ulang yang lebih efisien serta pengurangan atau eliminasi material yang dapat merugikan sosial dan lingkungan.

Upaya ini didorong oleh kolaborasi antara perusahaan swasta, institusi akademik, inisiatif pemerintah, dan lembaga nasional, yang bekerja sama untuk berinovasi dan memenuhi kebutuhan industri yang terus berkembang. Indonesia dapat memanfaatkan kemitraan dengan pemain global untuk memperoleh keahlian teknologi yang diperlukan dalam produksi baterai canggih. Kemitraan tersebut dapat mendukung dan mempromosikan kimia sel berbasis nikel, dibandingkan kimia berbasis LFP.

Berbagai bidang penelitian saat ini tengah menjelajahi dan mengembangkan berbagai jenis kimia baterai. Tabel 1.1 berikut merangkum area fokus strategis dan kemajuan:

Tabel 1.1 Ringkasan strategi dan kemajuan dalam kimia baterai

Bidang fokus	Kemajuan
Bidang penelitian	• Pengembangan katoda bebas nikel dan kobalt¹² di luar generasi baterai lithium saat ini. • Meningkatkan kepadatan energi baterai LFP. • Peningkatan keamanan baterai lithium-ion melalui peningkatan stabilitas termal. • Memperpanjang masa pakai baterai dengan mengurangi degradasi anoda dan katoda. • Meningkatkan stabilitas anoda lithium metal dalam berbagai kondisi kerja. • Pengembangan teknologi baterai solid-state untuk mengatasi keterbatasan baterai lithium-ion saat ini.¹³ Perusahaan besar yang terlibat dalam R&D SSLB + anoda lithium metal: Illika, QuantumScape Corporation, Toyota motor corporation, TDK Corporation, Solid Power, LG, Chem, Panasonic Corporation, Samsung SDI Co. • Metode inovatif dalam daur ulang baterai, berfokus pada ekstraksi material berharga (seperti lithium, besi, dan fosfat¹⁴) dari baterai bekas.
Pusat inovasi yang didukung oleh pemerintah	Jerman • Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, didukung oleh Federal Ministry of Education and Research Amerika Serikat (Department of Energy) • Energy Storage Research Alliance (ESRA): Dipimpin oleh Argonne National Laboratory • Aqueous Battery Consortium (ABC): Dipimpin oleh Stanford University¹⁵. Tiongkok • Energy Storage R&D Center di Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences. • Lebih dari USD \$830 juta dalam bentuk hibah untuk proyek baterai solid-state pada 2024, yang mendanai enam perusahaan utama: CATL, BYD, Tesla, FAW, SAIC, and Geely.
Aliansi Strategis	Amerika Serikat

¹² Federal Consortium for Advanced Batteries. National blueprint for lithium batteries. Executive summary. Tersedia di: [National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2030 \(energy.gov\)](#)

¹³ TopSpeed, 2024. The Real Story Behind Toyotas 745-Mile Solid-State Battery. Tersedia di: [The Real Story Behind Toyotas 745-Mile Solid-State Battery \(msn.com\)](#)

¹⁴ Energy Central 2024. Latest Battery Breakthroughs: The Role of LFP Technology in Sustainable Energy. Tersedia di: [Latest Battery Breakthroughs: The Role of LFP Technology in Sustainable Energy | Energy Central](#)

¹⁵ USCOE. Department of Energy Awards \$125 Million for Research to Enable Next-Generation Batteries and Energy Storage. Tersedia di: <https://www.energy.gov/science/articles/departement-energy-awards-125-million-research-enable-next-generation-batteries-and>

Bidang fokus	Kemajuan
	- BlueOval Battery Park: Kolaborasi antara Ford dan CATL, dengan investasi senilai USD \$3,5 miliar di Michigan, AS. Fasilitas ini akan berfokus pada produksi baterai LFP, menciptakan 2.500 lapangan kerja, dan akan mulai beroperasi pada 2026¹⁶ - Kemitraan General Motors dan CATL: Pengembangan bersama baterai LFP ultra-fast charging¹⁷ yang akan diluncurkan pada 2025. Tiongkok - Berbagai joint venture antara produsen otomotif dan produsen baterai, yang bertujuan untuk mempercepat adopsi dan pengembangan teknologi baterai mutakhir.

1.6 Perbandingan teknologi baterai dan masa depannya

Di antara berbagai jenis baterai lithium-ion (LIBs), NMC dan NCA merupakan yang paling material-intensif, bergantung pada elemen langka dan mahal seperti nikel dan kobalt. Akibatnya, baterai yang menggunakan kimia ini memiliki biaya produksi lebih tinggi serta berisiko terhadap ketidakstabilan rantai pasokan akibat keterbatasan bahan baku.

Sebaliknya, baterai LFP menawarkan alternatif yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya dibandingkan NMC dan NCA, terutama di pasar yang berfokus pada keterjangkauan dan keamanan. Hal ini disebabkan oleh kelimpahan dan rendahnya biaya besi dibandingkan dengan nikel dan kobalt.

Baterai solid-state (SSLB), yang menggunakan elektrolit padat, menawarkan potensi kepadatan energi lebih tinggi dan keamanan yang lebih baik, yang dapat merevolusi pasar baterai setelah tantangan teknis dan manufaktur berhasil diatasi. SSLB dapat memberikan kinerja yang lebih unggul dalam kendaraan listrik (EV) dan aplikasi berdaya tinggi lainnya. Namun, SSLB masih mengandalkan mineral utama yang sama dengan LIB konvensional, sehingga tetap rentan terhadap gangguan rantai pasokan. Teknologi seperti NMC, NCA, dan LFP telah mencapai tingkat kematangan penuh dengan Technology Readiness Level (TRL) 9, sementara SSLB masih dalam tahap pengembangan dengan TRL 5. Kemajuan teknologi baterai terus berupaya menyeimbangkan performa, biaya, dan dampak lingkungan. Baik SSLB maupun SIB masih berada dalam tahap awal pengembangan pasar, dengan skala pasar yang jauh lebih kecil dibandingkan NMC dan LFP.

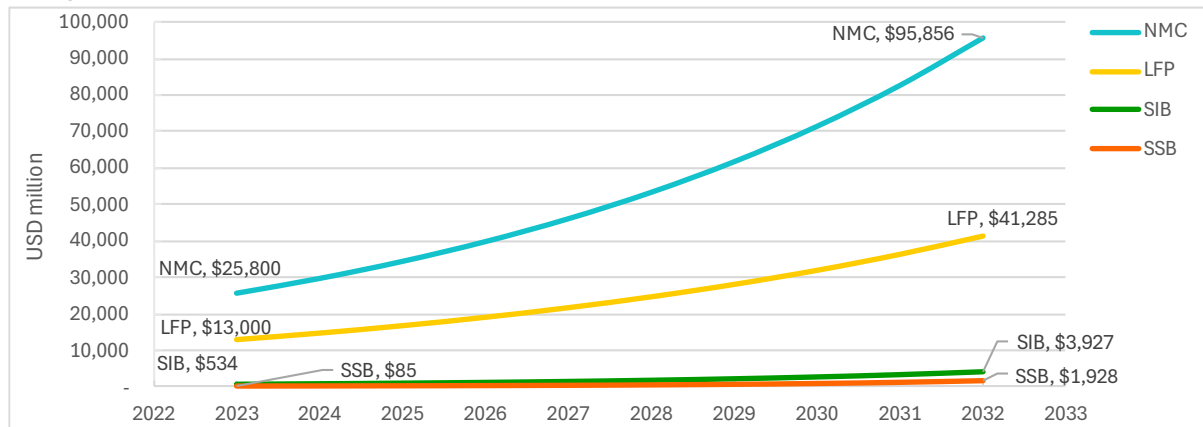
Saat ini, LIB mendominasi pasar global, terutama dalam sektor kendaraan listrik (EV) karena kepadatannya yang tinggi dan efisiensinya. Di sisi lain, SIB menawarkan beberapa keuntungan, seperti biaya lebih rendah, risiko thermal runaway yang lebih kecil, dan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan LIB tradisional. Namun, industri SIB masih belum mencapai skala dan kematangan yang cukup untuk bersaing dengan LIB.

Ketika membandingkan ukuran pasar LIB dan SIB, terlihat bahwa meskipun SIB memiliki keunggulan teknis, mereka masih jauh dari skala komersial LIB. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.5, proyeksi menunjukkan bahwa meskipun pasar untuk SSLB dan SIB akan terus berkembang, keduanya diperkirakan tidak akan mampu menyaingi NMC dan LFP dalam dekade mendatang.

¹⁶ Ford, 2023. BLUEOVAL Battery Park Michigan. Tersedia di: <https://corporate.ford.com/operations/blue-oval-battery-park-michigan.html>

¹⁷ GMAuthority, 2024. SAIC-GM and CATL launch fastest-charging EV battery so far. Tersedia di: <https://gmauthority.com/blog/2024/09/saic-gm-and-catl-launch-fastest-charging-ev-battery-so-far/>

Gambar 1.5 Ukuran Pasar Global untuk Jenis Baterai Terpilih, Outlook, dan Proyeksi (2023-2032)



Sumber: Penyusunan sendiri¹⁸

Meskipun baterai berbasis besi seperti LFP dan LMFP semakin populer, terutama dalam aplikasi yang sensitif terhadap biaya dan berfokus pada keselamatan, gambar tersebut menunjukkan bahwa LIBs, terutama yang berbasis nikel seperti NMC dan NCA, akan tetap mendominasi pasar. Hal ini tidak hanya didorong oleh permintaan global, tetapi juga oleh ketersediaan sumber daya, di mana cadangan global saat ini diperkirakan cukup untuk memproduksi hampir 2,5 miliar baterai.

Terakhir, meskipun SIBs terus dieksplorasi sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya—terutama untuk sistem penyimpanan energi skala besar—ukuran pasarnya diperkirakan tetap relatif kecil dalam waktu dekat.

¹⁸ Sumber data untuk setiap pasar baterai: **LFP**. MarketsandMarkets, 2023. Lithium Iron Phosphate Batteries Market Size to Reach USD \$24.6 Billion, at a 13.7% CAGR by 2027. Lithium Iron Phosphate Batteries Market Size to Reach USD \$24.6 (globenewswire.com). **NMC**. Global market insights. Nickel Manganese Cobalt (NMC) battery Market Size - By Application (Automotive, Energy Storage, Industrial), By Regional Outlook & Forecast, 2024 – 2032. Tersedia di: Nickel Manganese Cobalt (NMC) Battery Market Size, 2032 Report (gminsights.com). **SIB**. Sodium-Ion Battery Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Sodium-Sulfur Batteries, Sodium-Salt Batteries (Zebra Batteries), Sodium-oxygen (Sodium Air) Batteries), By Technology (Aqueous, Non-aqueous), By Application (Energy Storage and Grid Integration, Electric Vehicles (EVs), Residential Energy Storage, Emergency Backup And UPS, Others) and By Region(North America, Europe, APAC, Middle East and Africa, LATAM) Forecasts, 2024-2032. **SSB**. Fortune Business insights. Solid-state battery market size, share and Industry analysis, by type (single layer and multilayer), by application (consumer electronics, electric vehicles, medical devices, and others), and regional forecast, 2024-2032. Tersedia di: Solid-State Battery Market Size, Share, Growth | Forecast [2032] (fortunebusinessinsights.com)

2 Rantai pasokan baterai

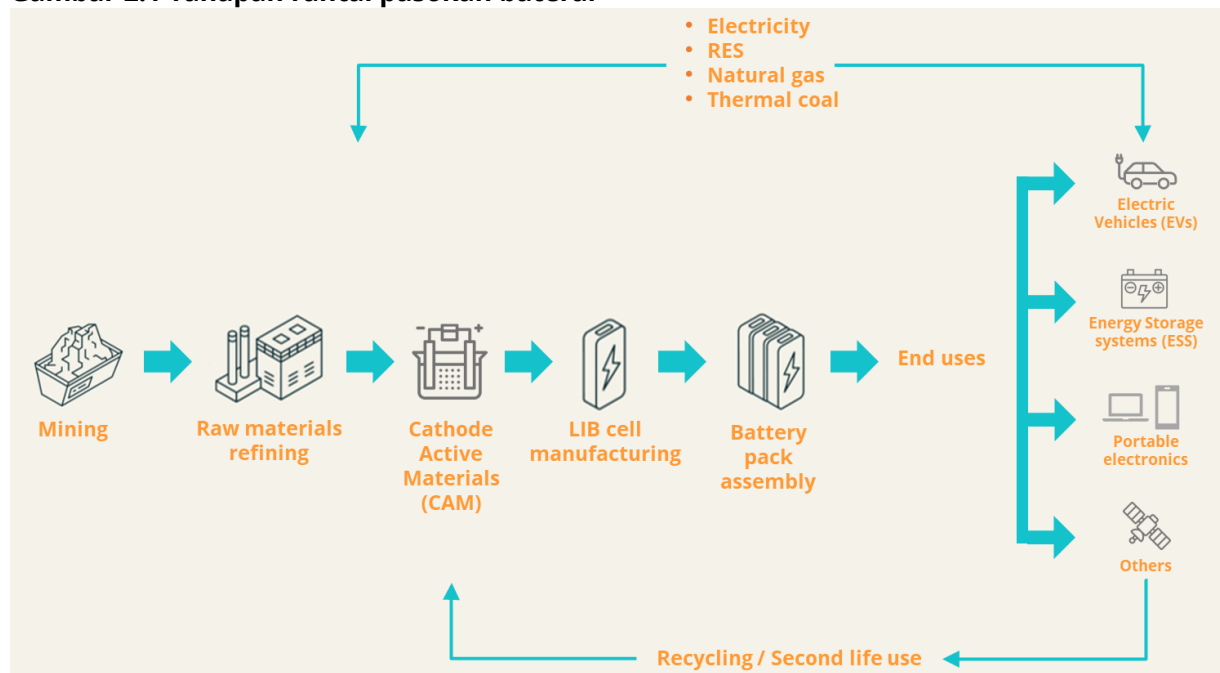
2.1 Struktur rantai pasokan LIB

Bagian berikut memberikan gambaran umum tentang kondisi global terkini dari rantai pasokan baterai, dengan mengidentifikasi pemain utama di sepanjang rantai pasokan jika memungkinkan.

2.1.1 Karakteristik rantai pasokan

Rantai pasokan baterai lithium-ion (LIB) terdiri dari lima tahap utama, yaitu penambangan, pengolahan, produksi katoda (Cathode Active Materials - CAM), manufaktur dan perakitan sel LIB (Cell Manufacturing & Assembly), serta tahap penggunaan akhir (End Uses). Tahap terakhir dalam rantai pasokan ini dapat dikategorikan ke dalam berbagai sektor penggunaan, termasuk transportasi yang mencakup kendaraan listrik (EVs), sistem penyimpanan energi (ESS), serta elektronik portabel (3Cs: Computing, Communications, dan Consumer Electronics). Selain itu, terdapat juga beberapa aplikasi lainnya. Rantai pasokan LIB dapat dikategorikan menjadi aktivitas "hulu" (upstream) dan "hilir" (downstream). Kegiatan seperti penambangan dan pengolahan dianggap sebagai aktivitas hulu, sementara produksi CAM hingga tahap penggunaan akhir tergolong dalam aktivitas hilir.

Gambar 2.1 Tahapan rantai pasokan baterai



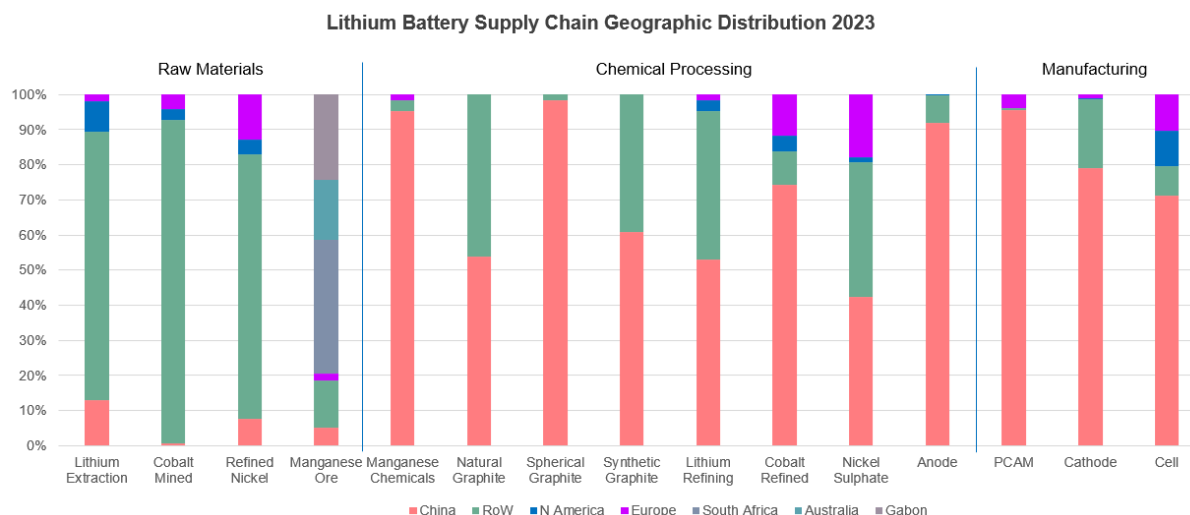
Sumber: Penyusunan sendiri

Rantai pasokan baterai lithium-ion memiliki karakteristik yang kompleks dan sangat terpusat secara geografis, terutama di Asia. Konsentrasi yang tinggi dalam beberapa simpul utama rantai pasokan ini dapat menyebabkan gangguan produksi dan investasi akibat perubahan regulasi, pembatasan perdagangan, atau ketidakstabilan politik di negara tertentu. Kebijakan seperti larangan ekspor bijih nikel dari Indonesia dan larangan

ekspor bijih kromium dari Zimbabwe menjadi contoh bagaimana perubahan regulasi dapat mempengaruhi produksi, perdagangan, dan investasi¹⁹.

Setiap mineral utama memiliki pola perdagangan yang unik, menciptakan ketergantungan antarnegara. Negara-negara di dunia bergantung pada pasar global baik dalam mengimpor bahan baku maupun dalam menjual produk jadi.²⁰ Namun, yang menjadi tantangan utama dalam rantai pasokan ini adalah konsentrasi pengolahan, produksi katoda, dan manufaktur sel baterai di Tiongkok (Gambar 2.2) yang mewakili tantangan terbesar terkait keamanan sumber daya dan dinamika geopolitik.²¹

Gambar 2.2 Distribusi Geografis Rantai Pasokan LIB



Sumber: Supply Chain Insights 2024, 'Lithium Battery Supply Chain Geographic Distribution 2023'. China currently dominates the Lithium-ion supply chain in processing and manufacturing.

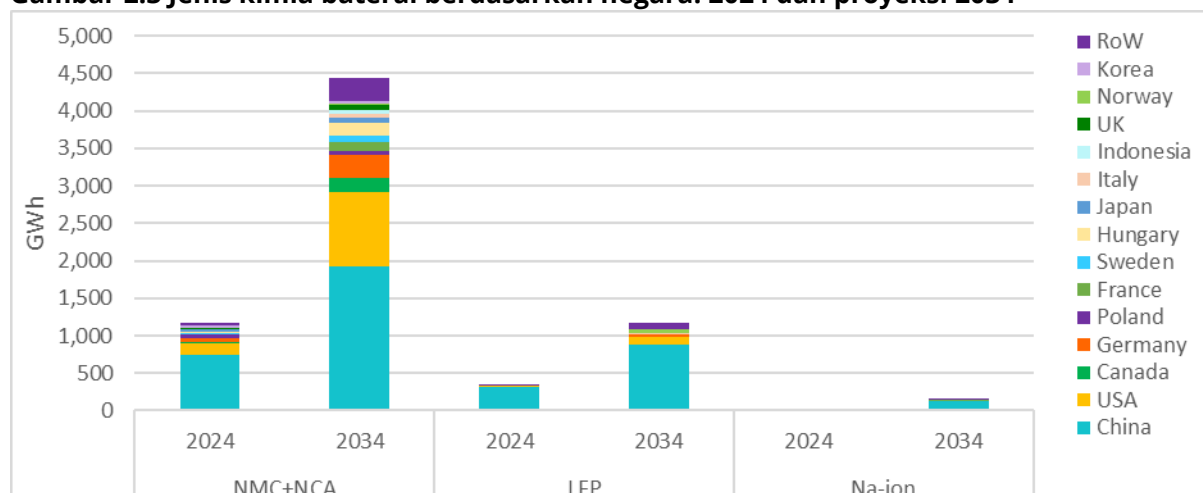
Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, baterai berbasis nikel (NMC dan NCA) serta besi (LFP) termasuk dalam kategori baterai lithium-ion konvensional. Sebaliknya, baterai lithium-metal serta sodium-ion masih dalam tahap pengembangan dan belum mencapai tingkat kematangan yang sama dengan baterai konvensional. Gambar berikut menampilkan pangsa pasar masing-masing jenis kimia baterai serta proyeksi distribusi hingga tahun 2034. Untuk sektor transportasi, NMC menguasai lebih dari 60% pangsa pasar, sedangkan LFP mencakup sekitar 30%. Gambar ini juga menunjukkan dominasi Tiongkok dalam pasar NMC/NCA dan LFP, tetapi di sisi lain memperlihatkan peluang besar bagi Indonesia untuk memasuki pasar NMC/NCA dalam dekade mendatang.

¹⁹ U.S. International Trade Commission (USITC) (2024) *Export Restrictions on Minerals and Metals: Indonesia's Export Ban of Nickel*. Tersedia di: https://www.usitc.gov/publications/332/working_papers/ermm_indonesia_export_ban_of_nickel.pdf

²⁰ International Renewable Energy Agency (IRENA), *Geopolitics of the Energy Transition: Critical Materials* (IRENA 2023), hal. 16.

²¹ *ibid.*, hal. 23.

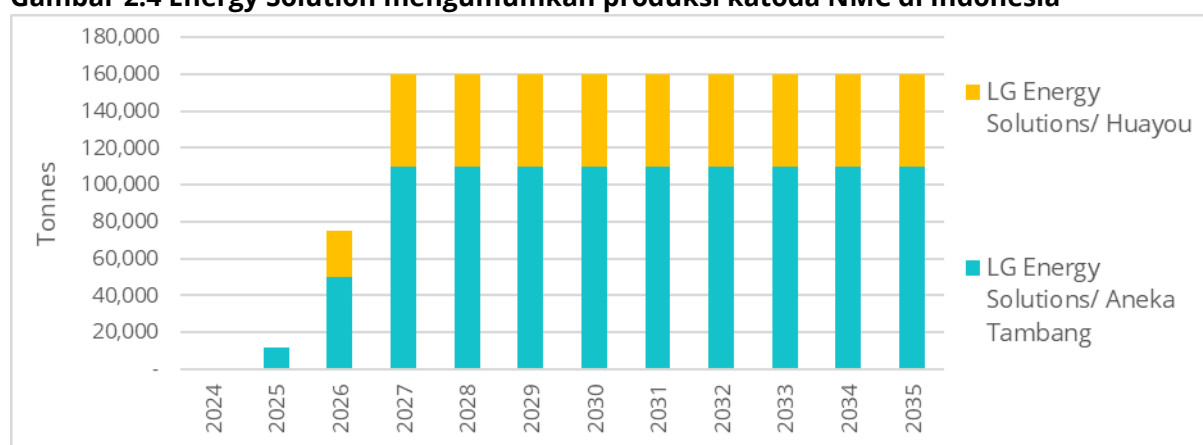
Gambar 2.3 Jenis kimia baterai berdasarkan negara: 2024 dan proyeksi 2034



Sumber: SC Insights

Indonesia memiliki potensi besar dalam industri katoda, tetapi saat ini kapasitas produksinya masih sangat terbatas. Sektor industri katoda merupakan bagian krusial dalam rantai pasokan baterai karena memanfaatkan bahan baku dari sektor pertambangan. Saat ini, terdapat dua proyek besar di Indonesia yang akan menambahkan kapasitas produksi katoda sekitar 160.000 ton dalam sepuluh tahun ke depan. Proyek terbesar adalah hasil kemitraan antara LG Energy Solutions dan Aneka Tambang, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Bagian berikut dari laporan ini akan menganalisis sektor katoda secara lebih mendalam.

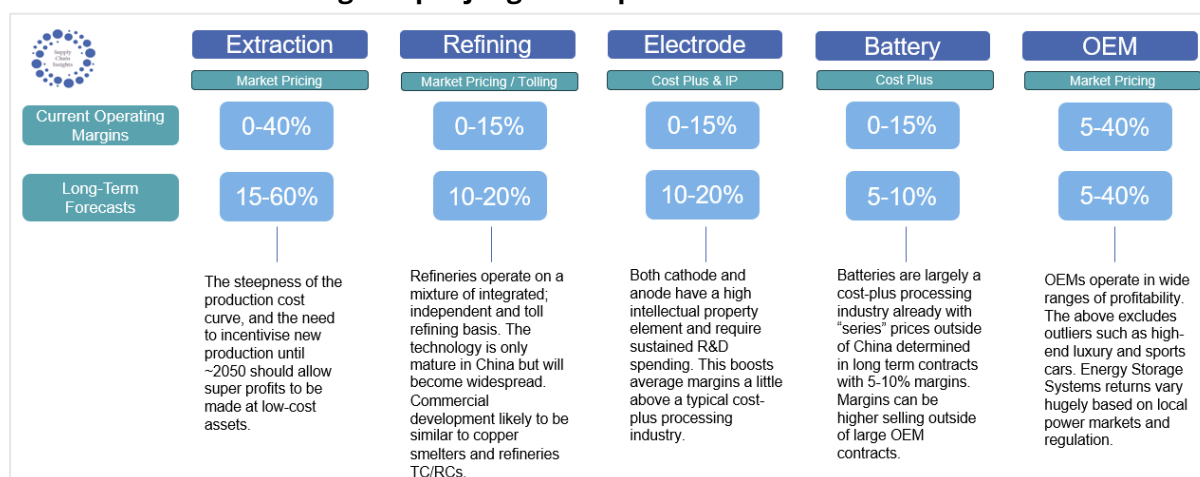
Gambar 2.4 Energy Solution mengumumkan produksi katoda NMC di Indonesia



Sumber: SC Insights

Selain itu, estimasi margin operasional di seluruh rantai pasokan LIB menunjukkan bahwa baik sektor ekstraksi maupun manufaktur peralatan asli (OEM) beroperasi dalam rentang profitabilitas yang lebih luas, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Lonjakan margin yang signifikan pada kedua ujung rantai pasokan LIB, yaitu pada sektor ekstraksi dan OEM, semakin menegaskan pentingnya bagi perusahaan otomotif besar untuk memantau harga bahan baku baterai. Kenaikan harga historis yang terjadi secara bertahap, dimulai dari kobalt, kemudian nikel, dan akhirnya lithium, telah menciptakan insentif bagi OEM untuk mengintegrasikan diri ke dalam sektor hulu. Hal ini dapat dilihat dari langkah strategis yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan besar asal Tiongkok seperti CATL dan BYD, yang dalam beberapa tahun terakhir semakin memperkuat peran mereka dalam mengamankan pasokan bahan mentah. Demikian pula, perusahaan-perusahaan ini sangat berhati-hati dalam menjaga margin keuntungan di sektor pengolahan dan produksi bahan katoda aktif (CAM) agar tetap terkendali.

Gambar 2.5 Estimasi margin sepanjang rantai pasokan LIB



Sumber: SC Insights

2.1.2 Target dekarbonisasi

Permintaan global terhadap baterai telah meningkat secara signifikan dalam satu dekade terakhir²², terutama didorong oleh target ambisius dalam pengurangan emisi dan tujuan dekarbonisasi. Pergeseran ini telah mendorong penerapan kebijakan yang mendukung serta kerangka legislatif yang mengutamakan elektrifikasi sebagai strategi utama dalam mencapai dekarbonisasi. Dalam konteks ini, elektrifikasi merujuk pada penggantian teknologi berbasis bahan bakar fosil dengan alternatif listrik yang umumnya lebih efisien dan membantu mengurangi konsumsi energi. Seiring dengan meningkatnya penggunaan sumber energi terbarukan dalam jaringan listrik, peralihan ke kendaraan listrik dan teknologi berbasis baterai juga berkontribusi besar terhadap pengurangan emisi secara keseluruhan.²³

Sebagai contoh, Uni Eropa (UE) telah memberlakukan undang-undang yang melarang penjualan kendaraan bermesin pembakaran internal baru²⁴, sementara Amerika Serikat (AS) telah menetapkan target agar kendaraan listrik mencakup 50% dari total penjualan kendaraan baru pada tahun 2030²⁵. Target ambisius ini telah mendorong aksi di tingkat korporasi, dengan berbagai produsen otomotif mengumumkan target elektrifikasi mereka sendiri.²⁶

²² Lihat, *inter alia*, International Energy Agency (IEA), *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications 2024), hal. 78; J Fleischmann, P Schaufuss, M Linder, M Hanicke, E Horetsky, D Ibrahim, S Jautelat, L Torscht and A van de Rijt, 'Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular', January 16, 2023, McKinsey & Company, tersedia di <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular#/>; E Silva, 'Competition for lithium supply heating up between stationary storage, EVs' October 24, 2023, S&P Global, tersedia di <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/competition-for-lithium-supply-heating-up-between-stationary-storage-evs-77931334>

²³ Salah satu contohnya adalah menggantikan mesin pembakaran internal dengan kendaraan listrik. Lihat, e.g., P Aalto (ed.), *Electrification: Accelerating the Energy Transition*, 1st edition (Elsevier 2021). Juga lihat IEA, *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications 2024), hal. 12.

²⁴ Regulation (EU) 2023/851 of the European Parliament and of the Council of 19 April amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO₂ emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increase climate ambition, OJ L 110, 25.4.2023, p. 5-20. See, e.g., T Lecca, 'EU should allow 'climate-friendly' fuel cars after 2035, says Germany's Lindner' April 10, 2024, Politico.

²⁵ Executive Order 14037 on Strengthening American Leadership in Clean Cars and Trucks, August 05, 2021.

²⁶ IEA, *Global EV Outlook 2023* (IEA 2023), pp. 90-91. See, e.g., 'Carmakers scale down electrification plans as EV demand slows' September 12, 2024, Reuters, tersedia di <https://www.reuters.com/business/autos->

Namun, kebijakan-kebijakan ini tidak lepas dari kontroversi. Larangan kendaraan berbahan bakar fosil di Uni Eropa saat ini menghadapi tantangan, terutama dari Jerman yang mengadvokasi pengecualian bagi kendaraan bermesin pembakaran internal yang menggunakan bahan bakar sintetis.²⁴

Belakangan ini, banyak produsen otomotif global mulai merevisi target elektrifikasi mereka ke arah yang lebih moderat, disebabkan oleh pertumbuhan permintaan yang lebih lambat dari perkiraan serta lonjakan penjualan kendaraan hibrida plug-in (PHEV) yang melampaui kendaraan listrik baterai (BEV). Penurunan target ini dapat dikaitkan dengan keterbatasan model kendaraan listrik yang terjangkau, lambatnya perkembangan infrastruktur pengisian daya, meningkatnya ketegangan perdagangan, serta persaingan yang semakin ketat dengan produsen Tiongkok yang menawarkan kendaraan listrik dengan harga lebih kompetitif. Selain itu, kebijakan dan langkah-langkah legislatif serupa juga telah diterapkan untuk mendukung peningkatan penggunaan sistem penyimpanan energi berbasis baterai, guna memfasilitasi integrasi sumber energi terbarukan yang bervariasi ke dalam jaringan listrik.²⁷

Target dekarbonisasi, ditambah dengan tantangan yang muncul akibat kondisi ekonomi pascapandemi COVID-19 serta kekhawatiran terkait sumber nikel Rusia di tengah invasi Rusia ke Ukraina dan sanksi dari negara-negara Barat, telah memberikan tekanan besar terhadap rantai pasokan baterai lithium-ion konvensional dalam beberapa tahun terakhir²⁸. Situasi ini semakin diperparah oleh kurangnya investasi yang berkelanjutan dalam ekspansi kapasitas pasokan.

2.2 Aliran perdagangan untuk material kritis

Bagian ini menyajikan aliran perdagangan di seluruh tahap rantai pasokan LIBs untuk mineral kritis, yaitu lithium, kobalt, mangan, nikel, dan grafit. Selain itu, aliran perdagangan global untuk ekspor dan impor material secara keseluruhan—tanpa menyaring volume yang secara eksklusif ditujukan untuk industri baterai—dapat ditemukan dalam Lampiran 3. Diagram Sankey untuk aliran perdagangan material secara keseluruhan. Dalam lampiran tersebut, diagram Sankey untuk material seperti aluminium, besi, dan natrium juga dapat ditemukan. Penting untuk dicatat bahwa material tersebut dikategorikan sebagai komoditas karena penggunaannya mencakup berbagai industri. Oleh karena itu, volume yang secara khusus dialokasikan untuk produksi baterai masih relatif kecil dibandingkan dengan total volume perdagangan global.

Bahan baku lithium sebagian besar berasal dari Australia dalam bentuk konsentrat spodumene, diikuti oleh Chili. Salah satu karakteristik unik dari Australia adalah bahwa konsentrat spodumene yang diekspor sebagian besar diproses lebih lanjut di Tiongkok. Sebaliknya, di Chili, kapasitas pengolahan untuk produksi lithium karbonat dan lithium

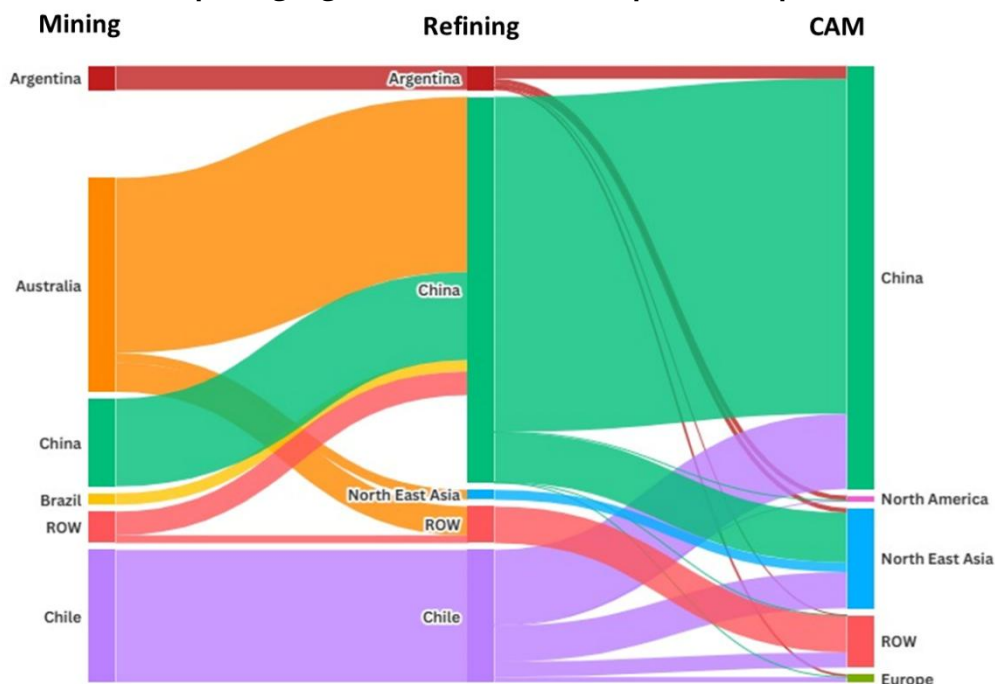
[transportation/carmakers-adjust-electrification-plans-ev-demand-slows-2024-09-06/](https://www.cnbc.com/2024/03/13/ev-euphoria-is-dead-automakers-trumpet-consumer-choice-in-us.html); M Wayland, 'EV euphoria is dead. Automakers are scaling back or delaying their electric vehicle plans' March 13, 2024, CNBC, tersedia di <https://www.cnbc.com/2024/03/13/ev-euphoria-is-dead-automakers-trumpet-consumer-choice-in-us.html>

²⁷ Sebagai contoh, di Amerika Serikat, lihat FERC Order No. 841, *Electric Storage Participation in Markets operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators* (dikeluarkan pada 15 Februari 2018). Sementara itu, di Uni Eropa, lihat Directive (EU) 2019/944 dari Parlemen Eropa dan Dewan tanggal 5 Juni 2019 tentang aturan umum untuk pasar listrik internal serta amandemen Directive 2012/27/EU, yang diterbitkan dalam OJ L 158, 14.6.2019, hlm. 125-199. Selain itu, lihat Commission Recommendation of 14 March 2023 on Energy Storage – Underpinning a decarbonised and secure EU energy system C(2023)1729, yang dipublikasikan dalam OJ C 103, 20.3.2023, hal. 1-5.

²⁸ International Energy Agency (IEA), *Global Supply Chains of Batteries* (IEA Publications 2022), hal. 15.

hidroksida telah dikembangkan secara signifikan selama bertahun-tahun. Dalam kasus lithium, sektor penyimpanan energi mencakup 82% dari total permintaan global. Aliran perdagangan lithium berdasarkan data perdagangan ditampilkan pada gambar berikut:

Gambar 2.6 Aliran perdagangan lithium dalam tahapan rantai pasokan LIB



Sumber: Penyusunan sendiri

Sejalan dengan diagram aliran perdagangan sebelumnya, evolusi pasokan lithium telah berkembang sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pasokan dan tingkat pertumbuhan lithium

Item	Unit	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Pasokan Lithium	kMT-LCE	202	290	333	479	620	844	-
Tingkat Pertumbuhan	%	-	43%	14%	43%	29%	36%	33%

Tiga produsen terbesar bahan baku lithium adalah Australia (42%), Chili (26%), dan Tiongkok (18%). Dalam hal ekspor, Australia mengeksport 82% dari konsentrat spodumene ke Tiongkok (302 kMT-LCE konsentrat spodumene), sementara 18% sisanya dibagi antara konsumsi domestik dan ekspor ke negara lain. Sementara itu, Chili mengeksport 57% dari produksi lithium ke Tiongkok (130 kMT-LCE) dan 27% ke Asia Timur Laut (62 kMT-LCE ke NEA). Kasus Tiongkok berbeda, karena dari total produksi bahan kimia lithium di negara tersebut, hanya 13% yang diekspor (88 kMT-LCE), sementara sisanya tetap digunakan di dalam negeri (577 kMT-LCE). Kode bahan baku lithium yang

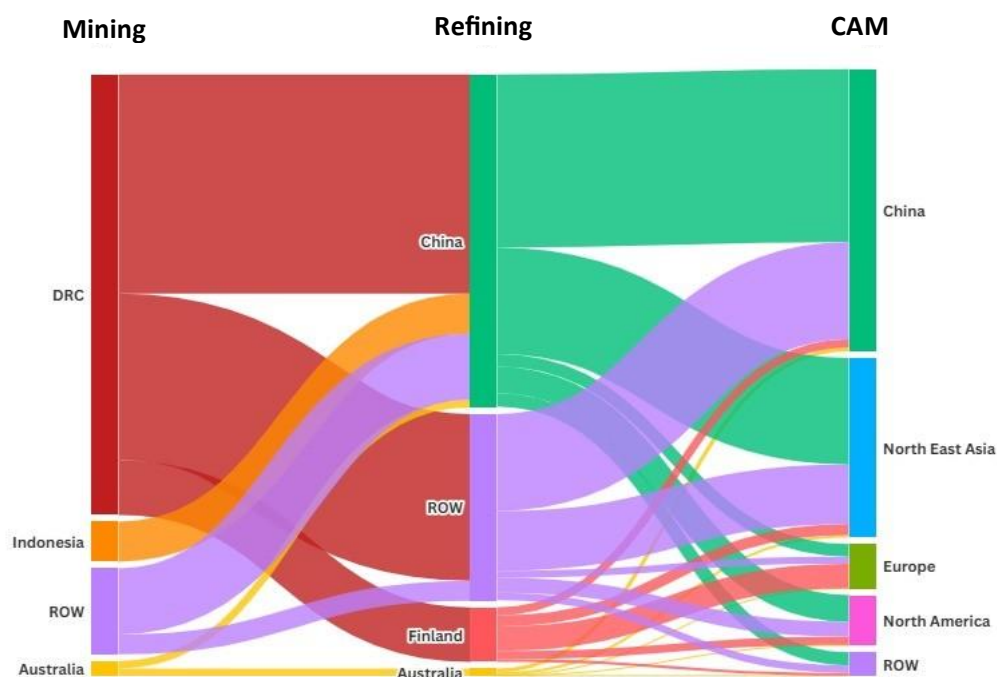
digunakan dalam berbagai basis data perdagangan untuk diagram Sankey adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kode lithium yang digunakan dalam diagram Sankey

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
AHECC	25309011	Konsentrat lithium	Bahan baku lithium	Tidak	Kode Australia untuk konsentrat spodumene
HS	25309093	Zat mineral yang tidak diklasifikasikan di tempat lain	Bahan baku lithium	Tidak	Kode Australia sebelumnya untuk konsentrat spodumene
HS	26179000	Konsentrat spodumene	Bahan baku lithium	Tidak	SC7%
NCM-SIM	2836.91.00.000 G	Lithium karbonat	Bahan baku lithium	Tidak	Bea cukai Argentina
SACH	28369130	Lithium karbonat	Grade Baterai dan Grade Teknis	Ya	Bea cukai Chili
SACH	28252011	Lithium hidroksida	Grade Baterai dan Grade Teknis	Ya	Monohidrat

Produksi bahan baku kobalt terpusat di Republik Demokratik Kongo (DRC), yang menyumbang lebih dari tiga perempat dari total pasokan bijih kobalt global. Meskipun pasokan ini tersebar di berbagai wilayah dalam negeri, tantangan utama yang dihadapi adalah kurangnya kapasitas pengolahan yang memadai di dalam negeri. Oleh karena itu, sebagian besar kobalt dari DRC harus diproses lebih lanjut terutama di Tiongkok dan Finlandia. Setelah melalui tahap pengolahan, sebagian besar kobalt tetap berada di Tiongkok (73.000 MT-Co), sementara aliran perdagangan yang signifikan (45.000 MT-Co) berakhir di Korea Selatan dan Jepang. Selain itu, Asia Timur Laut juga memperoleh kobalt yang telah dimurnikan dari berbagai pemasok global lainnya. Dalam kasus kobalt, sektor penyimpanan energi (Energy Storage) mencakup 49% dari total permintaan global. Aliran perdagangan kobalt berdasarkan data perdagangan ditampilkan pada gambar berikut:

Gambar 2.7 Aliran perdagangan kobalt dalam tahapan rantai pasokan LIB



Sumber: Penyusunan sendiri

Sejalan dengan diagram aliran perdagangan sebelumnya, evolusi pasokan kobalt adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Pasokan dan tingkat pertumbuhan kobalt

Item	Unit	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Pasokan kobalt	kMT-Co	118	137	134	153	165	180	-
Tingkat pertumbuhan	%	-	16%	-2%	14%	8%	9%	9%

Tiga produsen terbesar bahan baku kobalt adalah Republik Demokratik Kongo (DRC) (76%), diikuti oleh Indonesia (7%), dan Australia (3%). Berdasarkan data perdagangan, ekspor DRC ke Tiongkok mencakup 49% dari total pasokan global (92 kMT-Co), sementara 12% (23 kMT-Co) dikirim ke Finlandia, dan 37% sisanya (70 kMT-Co) dikirim ke negara lain (RoW - Rest of the World). Selanjutnya, Indonesia berkontribusi 17 kMT-Co, yang sebagian besar ditujukan ke Tiongkok. Sedangkan Australia memasok 6,3 kMT-Co, dengan distribusi yang terbagi rata antara pasar domestik (Australia) dan ekspor ke Tiongkok untuk pengolahan lebih lanjut. Kode bahan baku kobalt yang digunakan dalam berbagai basis data perdagangan untuk diagram Sankey adalah sebagai berikut:

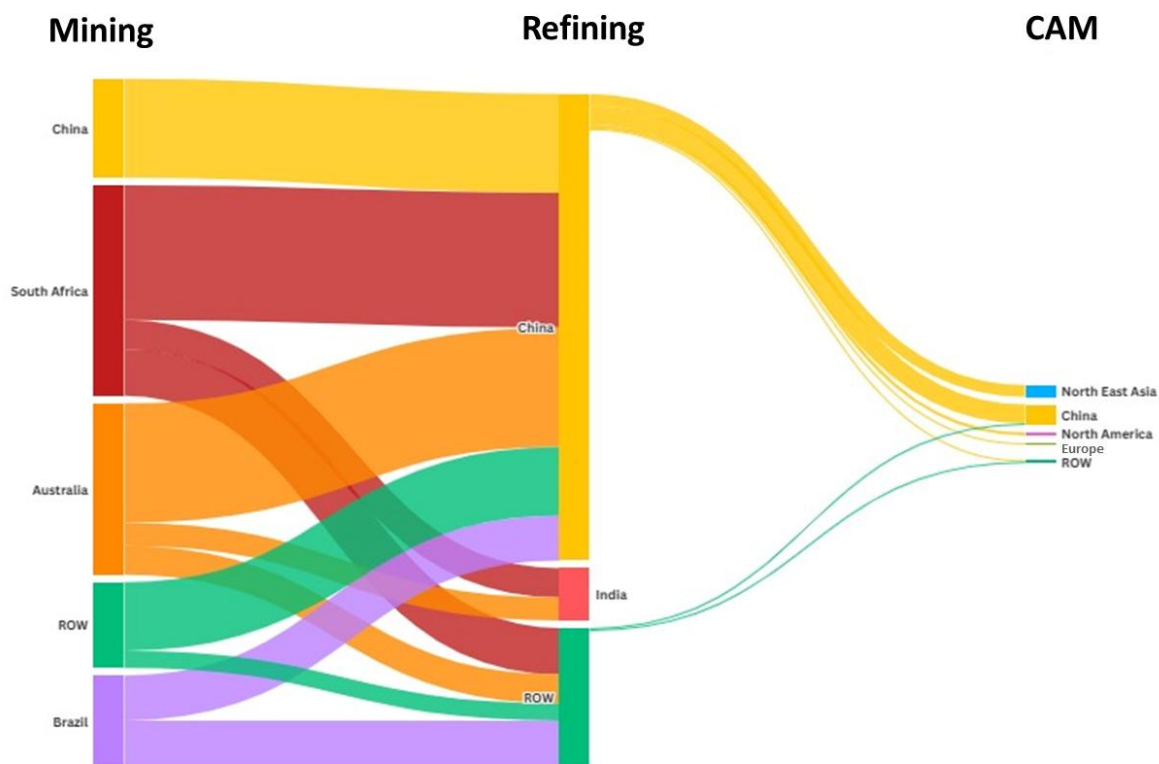
Tabel 2.4 Kode kobalt yang digunakan dalam diagram sankey

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	26050000	Bijih dan konsentrat kobalt	Bahan baku PCAM/CAM	Tidak	-
HS	28332990	Kobalt sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Keduanya	Bahan kimia anorganik; senyawa organik atau anorganik

HS	282200	Oksida dan hidroksida kobalt	Bahan baku kobalt	Tidak	Termasuk oksida komersial
HS	8105 2000 00	Matte kobalt dan produk antara lainnya	Bahan baku untuk CoSO ₄	Tidak	Produk metalurgi dan bubuk kobalt

Produksi bahan baku mangan terpusat di empat negara utama, yaitu Afrika Selatan (32%), Australia (26%), Tiongkok (15%), dan Brasil (14%). Berbeda dengan pasar lithium dan kobalt, sektor penyimpanan energi hanya mencakup sebagian kecil dari total permintaan mangan, yakni hanya 6% dari total konsumsi global. Produsen utama Medium-Purity Manganese Sulfate Monohydrate (MPMSM) yang digunakan untuk produksi katoda adalah Tiongkok, dengan sebagian kecil pasokan berasal dari Eropa dan proses daur ulang mangan. Aliran perdagangan mangan berdasarkan data perdagangan ditampilkan pada gambar berikut:

Gambar 2.8 Aliran perdagangan mangan dalam tahapan rantai pasokan LIB



Sumber: Penyusunan sendiri

Sejalan dengan diagram aliran perdagangan sebelumnya, evolusi pasokan mangan MPMSM adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Pasokan dan tingkat pertumbuhan mangan MPMSM

Item	Unit	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Pasokan Mangan MPMSM	kMT-Mn	33.8	36.5	62.0	91.8	105.5	121.0	-
Tingkat Pertumbuhan	%	-	8%	69%	41%	15%	15%	29%

Dari total produksi 644 kMT-Mn, Afrika Selatan mengekspor 64% dari bahan baku tersebut ke Tiongkok (412 kMT-Mn). Selanjutnya, Australia adalah produsen terbesar

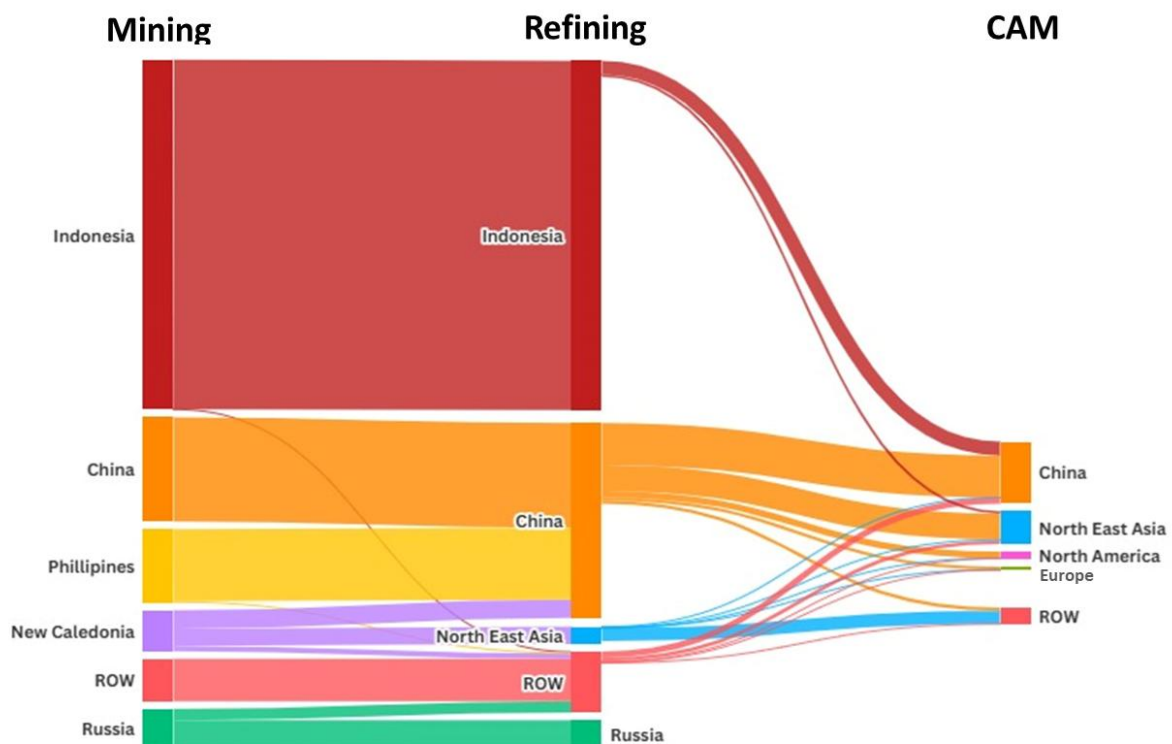
kedua, dengan total produksi 524 kMT-Mn bijih mangan, di mana 69% dari produksinya diekspor ke Tiongkok (365 kMT-Mn). Tiongkok sendiri memproduksi lebih dari 300 kMT-Mn, tetapi menerima lebih dari 1.125.000 kMT-Mn dari berbagai lokasi. Namun, jumlah yang dikonversi menjadi mangan sulfat untuk aplikasi baterai jauh lebih sedikit, hanya 110 kMT-Mn. Kode bahan baku yang digunakan dalam berbagai basis data perdagangan untuk diagram Sankey didasarkan pada bijih dan sulfat mangan, dengan detail sebagai berikut:

Tabel 2.6 Kode mangan yang digunakan dalam diagram Sankey

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	260200	Bijih dan konsentrat mangan	Bahan baku untuk MnCO_3 , MnSO_4	Tidak	-
HS	283322940	Mangan sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Ya	Hydrate, monohydrate, tetrahydrate

Pasar nikel untuk penyimpanan energi memiliki karakteristik yang mirip dengan mangan, di mana hanya sebagian kecil dari produk yang telah dimurnikan digunakan dalam sektor ini (18%). Hal ini berarti bahwa dalam kondisi lonjakan permintaan yang tiba-tiba, tidak akan terjadi hambatan dalam mendapatkan bahan baku nikel untuk produksi nikel sulfat. Berbagai bentuk nikel seperti pelet, briket, matte, oksida, dan bahkan bubuk dapat dikonversi kembali menjadi sulfat, di mana negara-negara seperti Indonesia, Tiongkok, Rusia, dan Filipina memiliki peran utama dalam rantai pasokan ini. Aliran perdagangan nikel berdasarkan data perdagangan ditampilkan dalam gambar berikut:

Gambar 2.9 Aliran perdagangan nikel dalam tahapan rantai asokan LIB



Sumber: Penyusunan sendiri

Sejalan dengan diagram aliran perdagangan sebelumnya, evolusi pasokan nikel sulfat adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Pasokan dan tingkat pertumbuhan nikel sulfat

Item	Unit	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Pasokan Nikel	kMT-Ni	191	220	356	498	572	639	-
Tingkat Pertumbuhan	%	-	15%	62%	39%	15%	12%	27%

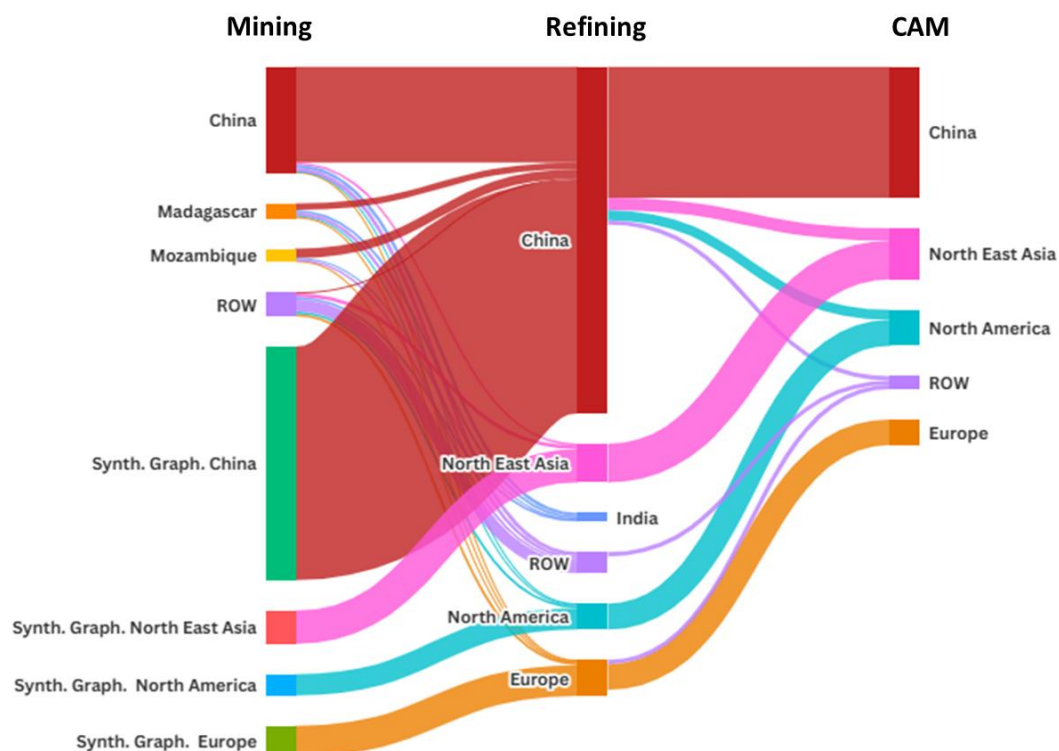
Pasar nikel secara volume jauh lebih besar dibandingkan lithium, kobalt, dan mangan, sehingga sebagian besar bahan bakunya dikonsumsi oleh sektor industri. Pada tahun 2023, pasar bahan baku nikel mencapai 3.400.000 MT-Ni, sedangkan sektor baterai hanya menggunakan 640.000 MT-Ni dalam bentuk nikel sulfat. Produsen terbesar adalah Indonesia (1.830.000 MT-Ni), diikuti oleh Tiongkok (550 kMT-Ni), dan pada akhirnya Filipina (384 kMT-Ni). Tiongkok memproduksi 420 kMT-Ni dalam bentuk nikel sulfat untuk pasar baterai, tetapi 52% dari jumlah tersebut tetap di Tiongkok untuk konsumsi domestik (220 kMT-Ni dalam bentuk Ni_2SO_4). Kode bahan baku yang digunakan dalam berbagai basis data perdagangan untuk diagram Sankey didasarkan pada bijih dan sulfat nikel, dengan detail sebagai berikut:

Tabel 2.8 Kode nikel yang digunakan dalam diagram Sankey

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	26040000	Bijih dan konsentrat nikel	Bahan baku	Tidak	Saprolite dan limonite masuk dalam kategori ini
HS	28332400	Nikel sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Keduanya	Sulfat nikel lainnya

Pasar grafit memiliki karakteristik unik karena bahan bakunya dapat berasal dari sumber alami (natural flake graphite) atau sintetis (pengolahan pet coke). Meskipun grafit alami hanya mencakup sebagian kecil dari total pasokan, produksi grafit serpihan (flake graphite) dapat dilacak menggunakan data perdagangan, berbeda dengan grafit sintetis yang proses pengolahannya dilakukan di negara asalnya. Permintaan grafit untuk aplikasi baterai (khususnya dalam produksi anoda) cenderung lebih banyak menggunakan grafit sintetis (68%), sementara permintaan untuk grafit yang berasal dari serpihan alami yang telah dimurnikan lebih lanjut memiliki porsi yang lebih kecil (27%). Aliran perdagangan grafit berdasarkan data perdagangan ditampilkan dalam gambar berikut:

Gambar 2.10 Aliran perdagangan nikel dalam tahapan rantai pasokan LIB



Sumber: Penyusunan sendiri

Terkait grafit alami, produsen utama secara global adalah Tiongkok (67%), diikuti oleh Madagaskar (9%) dan Mozambik (8%). Dari total produksi 920 kMT, Tiongkok hanya mengekspor 90 kMT ke luar negeri (10% dari total produksi). Hal ini penting karena ekspor Tiongkok sangat terdiversifikasi, dengan tujuan ke Northeast Asia, India, Eropa, dan Amerika Utara. Sementara itu, Madagaskar dan Mozambik secara gabungan mengekspor sekitar 280 kMT. Untuk grafit buatan atau sintetis, volume produksi di Tiongkok jauh lebih besar, mencapai 2.000.000 MT, sementara Northeast Asia, Amerika Utara, dan Eropa secara gabungan memproduksi lebih dari 700 kMT. Diagram Sankey dibuat berdasarkan grafit alami dalam bentuk serpihan dan grafit sintetis:

Tabel 2.9 Kode grafit yang digunakan dalam diagram Sankey

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	250410	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk anoda	Keduanya	Grafit alami
HS	25041010	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk anoda	Ya	Kristalin
HS	25041020	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk anoda	Tidak	Amorf
HS	38011000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Pasta, blok, pelat, atau semi-manufaktur lainnya
HS	38012000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Koloid atau semi-koloid
HS	38013000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Pasta karbonasi

2.3 Bahan Baterai

Bagian ini berfokus pada lithium, nikel, kobalt, grafit, dan mangan—lima bahan utama yang diperlukan dalam baterai lithium-ion, sebagaimana telah diidentifikasi dalam Bagian 1.

2.3.1 Penambangan lithium

Lithium secara tradisional diekstraksi dari dua sumber utama: pemrosesan air garam dan penambangan batuan keras.²⁹ Air garam kaya lithium ditemukan di reservoir bawah tanah di bawah dataran garam, terutama di Amerika Selatan (Chile, Argentina, dan Bolivia), Amerika Utara, serta Tiongkok (Dataran Tinggi Qinghai-Tibet).³⁰

Air garam dipompa ke kolam besar untuk dikonsentrasikan, dengan tujuan mengekstraksi garam berharga seperti halit, biskofit, silvinit, dan akhirnya lithium klorida dalam larutan. Lithium klorida kemudian dimurnikan lebih lanjut dan dikarbonasi untuk menghasilkan lithium karbonat (grade baterai), yang dapat diproses lebih lanjut menjadi lithium hidroksida.

Dalam penambangan batuan keras, spodumene menjadi sumber utama lithium karena memiliki kadar tinggi dan biaya yang lebih kompetitif. Mineral ini cukup melimpah dan tersebar luas secara global. Hampir setengah dari bahan baku untuk produksi bahan kimia lithium berasal dari Australia, dengan tambahan konsentrat spodumene juga diproduksi di Amerika Selatan (Brasil), Afrika (Zimbabwe dan negara lainnya), Tiongkok, dan Amerika Utara.³¹ Proses produksi lithium dari spodumene meliputi konsentrasi, kalsinasi, pengolahan, dan presipitasi kimia (lithium karbonat dan/atau lithium hidroksida).

Selain kedua sumber utama ini, bahan kimia lithium juga dapat diperoleh dari lempung atau bijih berkadar rendah seperti lepidolit. Industri pengolahan di Tiongkok sangat terspesialisasi dalam pengolahan lepidolit, terutama di Yichun, meskipun biayanya cukup tinggi.

Tabel 2.10 Sembilan tambang lithium terbesar di dunia

Peringkat	Nama Aset	Subwilayah Geografis	Lokasi	Pemilik	Produksi Tahun 2023
1	Greenbushes Lithium Operations	Australia dan Selandia Baru	Australia Barat, Australia	Albemarle	176 kt-LCE
2	Salar de Atacama Mine	Amerika Selatan	Antofagasta, Chile	SQM	170 kt-LCE
3	Pilgangoora	Australia dan Selandia Baru	Australia Barat, Australia	Pilbara Minerals	78 kt-LCE
4	Salar de Atacama Mine	Amerika Selatan	El Loa, Chile	Albemarle	53 kt-LCE
5	Mount Marion	Australia dan Selandia Baru	Australia Barat, Australia	Mineral Resources	52 kt-LCE
6	Wodgina	Australia dan Selandia Baru	Australia Barat, Australia	Albemarle	28 kt-LCE

²⁹ B Tadesse, F Makuei, B Albijanic, L. Dyer, 'The beneficiation of lithium minerals from hard rock ores: a review' 131 *Minerals Engineering* (2019), hal. 170-184.

³⁰ Lihat, misalnya S Agmad, 'The Lithium Triangle: Where Chile, Argentina, and Bolivia Meet' January 15, 2020, *Harvard International Review*, tersedia di <https://hir.harvard.edu/lithium-triangle/>

³¹ IEA, *Global Supply Chains of Batteries* (IEA Publications 2021), hal. 21.

Peringkat	Nama Aset	Subwilayah Geografis	Lokasi	Pemilik	Produksi Tahun 2023
7	Salar de Hombre Muerto	Amerika Selatan	Catamarca, Argentina	Arcadium Lithium	22 kt-LCE
8	Mt Cattlin	Australia dan Selandia Baru	Australia Barat, Australia	Tianqi Lithium	18 kt-LCE
9	Salar de Olaroz	Amerika Selatan	Jujuy, Argentina	Arcadium Lithium	14 kt-LCE

[Mtpa]: Juta ton per tahun; [kt]: Ribu ton

Dalam hal cadangan lithium global, Chile, Australia, dan Argentina memiliki deposit terbesar. Sebagian besar lithium dari Australia langsung dikirim ke China; namun, Indonesia dapat memperoleh manfaat dengan berfokus pada pengamanan pasokan bijih lithium yang andal untuk mengembangkan industri baterai nasional.

Tabel 2.11 Cadangan lithium dunia

Rank	Country/Region	Global reserves [%]	Metric tonnes
1	Chile	34%	9,300,000
2	Australia	22%	6,200,000
3	Argentina	13%	3,600,000
4	China	11%	3,000,000
5	US	4%	1,100,000
6	Canada	3%	930,000
7	Brazil	1%	390,000
8	Zimbabwe	1%	310,000
9	Portugal	0.2%	60,000
10	Other countries	10%	2,800,000
	World total (rounded)	100%	28,000,000

Sumber: U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries 2024* (U.S. Geological Survey 2024).

2.3.2 Penambangan nikel

Nikel ditemukan di berbagai lokasi di seluruh dunia, terutama dalam dua jenis deposit bijih: deposit sulfida dan deposit laterit.³² Deposit sulfida biasanya mengandung kadar nikel yang lebih tinggi dan lebih efisien dimurnikan menjadi nikel berkualitas tinggi yang cocok untuk baterai. Contoh deposit sulfida meliputi Sudbury di Kanada, Norilsk di Rusia, dan Australia Barat. Sementara itu, deposit laterit memerlukan proses pengolahan yang lebih intensif agar dapat dikonversi menjadi nikel berkualitas baterai. Deposit laterit umumnya ditemukan di wilayah tropis: Indonesia, Filipina, dan Kaledonia Baru (lihat Tabel 2.12).³³

Tabel 2.12 Sepuluh tambang nikel terbesar di dunia

Peringkat	Tambang	Subwilayah Geografis	Lokasi	Pemilik	Produksi 2023
1	Weda Bay Project	Asia Tenggara	Maluku, Indonesia	Tsingshan Holding Group	517 kt
2	PT Halmahera Persada Lygend Project	Asia Tenggara	Maluku, Indonesia	Ningbo Lygend Mining	95 kt

³² Lihat, e.g., Nickel Institute, 'Nickel industry – Part 1 – Processing nickel laterites and sulfides' May 03, 2024, tersedia di <https://nickelinstitute.org/en/blog/2024/may/nickel-industry-part-1-processing-nickel-laterites-and-sulfides/>

³³ IEA, *Global Supply Chains of Batteries* (IEA Publications 2021), hal. 21.

Peringkat	Tambang	Subwilayah Geografis	Lokasi	Pemilik	Produksi 2023
3	Taganito Mine	Asia Tenggara	Surigao del Norte, Filipina	Nickel Asia	70 kt
4	Sorowako Mine	Asia Tenggara	Sulawesi Selatan, Indonesia	Vale	64 kt
5	PT Huayue Nickel Cobalt Project	Asia Tenggara	Sulawesi Tengah, Indonesia	Huayou Cobalt	42 kt
6	Ambatovy Project	Afrika Timur	Atsinanana, Madagaskar	Sumiotmo	41 kt
7	Cerro Matoso Mine	Amerika Selatan	Cordoba, Kolombia	South32	41 kt
8	Rio Tuba Mine	Afrika Timur	Palawan, Filipina	Nickel Asia	39 k
9	Oktyabrsky Mine	Eropa Timur	Karsnoyarsk Krai, Rusia	MMC Norilsk Nickel	36 kt
10	Pakal Island Mine	Asia Tenggara	Maluku, Indonesia	Mining Industry Indonesia	36 kt

[kt]: Ribu ton

Seperti yang telah disebutkan, Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia, diikuti oleh Australia dan Brasil. Ini menjadikan Indonesia pemain kunci dalam pengembangan pasar NMC dan NCA.

Tabel 2.13 Cadangan nikel

Peringkat	Negara/Wilayah	Cadangan global [%]	Metrik ton
1	Indonesia	42%	55.000.000
2	Australia	18%	24.000.000
3	Brasil	12%	16.000.000
4	Rusia	6%	8.300.000
5	Kaledonia Baru	5%	7.100.000
6	Filipina	4%	4.800.000
7	Tiongkok	3%	4.200.000
8	Kanada	2%	2.200.000
9	AS	0,3%	340.000
10	Negara lainnya	7%	9.100.000
	Total dunia (dibulatkan)	100%	130.000.000

Sumber: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2024 (U.S. Geological Survey 2024).

2.3.3 Penambangan kobalt

Ekstraksi kobalt melibatkan beberapa metode, terutama bergantung pada jenis bijih dan komposisinya. Teknik utama meliputi pemulihan dari konsentrat sulfida tembaga-kobalt dan proses Sherritt untuk konsentrat sulfida nikel-kobalt. Mayoritas penambangan kobalt global, lebih dari 70%, terjadi di Republik Demokratik Kongo (DRC).³⁴ Oleh karena itu, ekstraksi kobalt sangat terkonsentrasi, seperti yang juga diilustrasikan di bawah ini dalam Tabel 2.14. Namun, kobalt sering kali ditambang sebagai produk sampingan dari penambangan tembaga dan nikel, yang kemudian melalui proses pengolahan beberapa tahap untuk mencapai produk akhir dengan tingkat kemurnian tinggi. Hal ini berarti

³⁴ World Bank, Cobalt in the Democratic Republic of Congo (June 2021), tersedia di <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099500001312236438/pdf/P1723770a0f570093092050c1bddd6a29df.pdf>

bahwa Indonesia juga dapat memposisikan diri dalam peta industri penambangan kobalt dan mengembangkan kemampuannya dalam pemrosesan. Dalam sistem ISIC, aktivitas ini diklasifikasikan dalam Pertambangan dan Penggalan, Bagian: B, Divisi 07, Grup: 072, Kelas: 0729.³⁵

Tabel 2.14 Sepuluh tambang kobalt terbesar di dunia

Peringkat	Tambang	Sub-wilayah geografis	Lokasi	Pemilik	Produksi 2023
1	Kisanfu Mine	Afrika Tengah	Katanga, DRC	CMOC Group	33 kt
2	Katanga	Afrika Tengah	Katanga, DRC	Glencore Plc	28 kt
3	Metalkol RTR Project	Afrika Tengah	Katanga, DRC	Eurasian Resources Group	20 kt
4	Tenke Fungurume Mine	Afrika Tengah	Katanga, DRC	CMOC Group	19 kt
5	Mutanda Mine	Afrika Tengah	Katanga, DRC	Glencore Plc	10 kt
6	Deziwa Project	Afrika Tengah	Katanga, DRC	China Nonferrous Metal Mining Group	8 kt
7	Congo Donfang	Afrika Tengah	Katanga, DRC	Huayou Cobalt	6 kt
8	Coral Bay/Taganito	Asia Tenggara	Indonesia	Sumitomo Metal Mining (SMM)	6 kt
9	Somika	Afrika Tengah	Katanga, DRC	SPRL	5 kt
10	Kamoya	Afrika Tengah	Katanga, DRC	Wanbao mining	4 kt

[kt]: Ribu ton

In terms of global cobalt reserves, Congo, Australia, Cuba and Indonesia a have the largest deposits (Tabel 2.15).

Tabel 2.15 Cadangan kobalt

Rank	Country/Region	Global reserves [%]	Metric tonnes
1	Kongo (Kinshasa)	57%	6.000.000
2	Australia	16%	1.700.000
3	Negara lainnya	5%	780.000
4	Kuba	5%	500.000
5	Indonesia	2%	500.000
6	Filipina	2%	260.000
7	Rusia	2%	250.000
8	Kanada	1%	230.000
9	Madagaskar	1%	100.000
10	Turki	1%	91.000
11	AS	0,5%	69.000
12	Papua Nugini	7%	49.000
	Total dunia (dibulatkan)	100%	11.000.000

Sumber: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2024 (U.S. Geological Survey 2024).

2.3.4 Penambangan grafit

Grafit adalah material utama untuk anoda dalam baterai. Grafit dapat ditemukan dalam deposit alami atau diproduksi secara sintetis melalui perlakuan suhu tinggi terhadap bahan karbon seperti petroleum coke atau coal tar pitch. Grafit alami memerlukan proses pengolahan untuk menghilangkan kotoran, sementara grafit sintetis dapat diproduksi dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi melalui proses yang dikontrol dengan baik. Produksi grafit dunia saat ini dipimpin oleh Tiongkok, diikuti oleh Madagaskar, Mozambik, Brasil, Kanada, dan Korea Selatan.³⁶ Cadangan grafit terbesar

³⁵ Data tersedia di <https://www.mining-technology.com/marketdata/ten-largest-cobalts-mines/?cf-view>

³⁶ <https://www.statista.com/statistics/267366/world-graphite-production/>

ditemukan di Tiongkok, Brasil, Mozambik, dan Madagaskar (Tabel 2.16). Berbagai proyek baru sedang dikembangkan untuk mendiversifikasi produksi grafit secara global.³⁷

Tabel 2.16 Cadangan grafit

Peringkat	Negara/Wilayah	Cadangan global [%]	Metrik ton
1	Tiongkok	30%	78.000.000
2	Brasil	28%	74.000.000
3	Mozambik	10%	25.000.000
4	Madagaskar	9%	24.000.000
5	Tanzania	7%	18.000.000
6	Rusia	5%	14.000.000
7	India	3%	8.600.000
8	Turki	3%	6.900.000
9	Kanada	2%	5.700.000
10	Meksiko	1%	3.100.000
11	Korea Selatan	1%	1.800.000
12	Sri Lanka	1%	1.500.000
13	Norwegia	0,2%	600.000
14	Korea Utara	0,1%	200.000
	World total (rounded)	100%	280.000.000

Sumber: U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries 2024* (U.S. Geological Survey 2024).

2.3.5 Penambangan mangan

Sumber daya mangan tersebar lebih luas secara global dibandingkan dengan logam baterai lainnya dan tetap relatif murah. Saat ini, diperkirakan tidak akan ada kekurangan bijih mangan dalam waktu dekat.³⁸ Dari segi cadangan mangan, negara dengan deposit terbesar adalah Afrika Selatan, Australia, Tiongkok, dan Brasils.

Tabel 2.17 Cadangan mangan

Peringkat	Negara/Wilayah	Cadangan global [%]	Metrik ton
1	Afrika Selatan	32%	600.000
2	Australia	26%	500.000
3	Tiongkok	15%	280.000
4	Brasil	14%	270.000
5	Ukraina	7%	140.000
6	Gabon	3%	61.000
7	India	2%	34.000
8	Ghana	1%	13.000
9	Kazakhstan	0,3%	5.000
	Total dunia (dibulatkan)	100%	1.900.000

Sumber: U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries 2024* (U.S. Geological Survey 2024).

2.3.6 Penambangan komoditas lainnya

Material lain seperti aluminium atau natrium juga digunakan dalam jumlah kecil dalam baterai sekunder, seperti pada NCA dan SIBs. Material-material ini dianggap sebagai komoditas karena diperdagangkan, dibeli, atau dijual tanpa memperhitungkan spesifikasi penggunaan akhirnya.

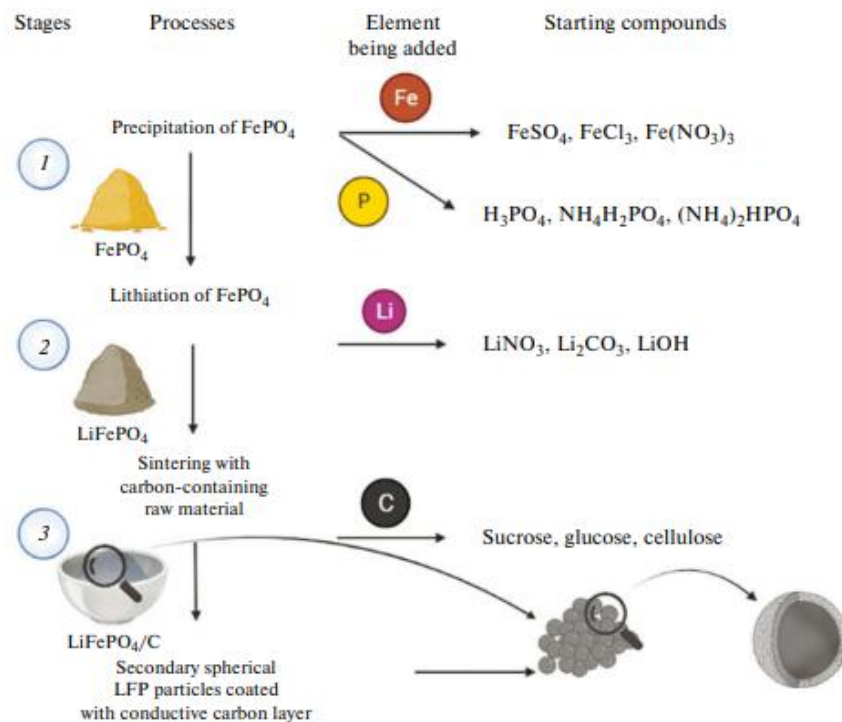
- **Besi Fosfat**

³⁷ International Energy Agency (IEA), *Global Supply Chains of Batteries* (IEA Publications 2022), hal. 22.

³⁸ *ibid.*

Besi fosfat (FePO_4) merupakan komponen utama dalam LFP, yaitu material aktif katoda yang disintesis melalui proses sintering-kalsinasi. Metode yang paling umum digunakan untuk menghasilkan besi fosfat adalah melalui presipitasi dari sumber besi (seperti besi sulfat, besi klorida, atau besi nitrat) dengan fosfor. Pencampuran dua larutan jenuh (bahan baku dari senyawa besi dengan fosfor) menghasilkan larutan superjenuh yang kaya akan besi fosfat. Efisiensi proses presipitasi sangat bergantung pada durasi proses, suhu, pH, serta penambahan reagen. Dari perspektif skematis, Gambar 2.11 menggambarkan empat tahap produksi LFP: i) Presipitasi bahan baku, ii) Litiasi FePO_4 , iii) Sintering lithium-iron phosphate (LiFePO_4), iv) Pelapisan bola LFP.

Gambar 2.11 Sintesis LFP melalui metode presipitasi: tahap utama



Sumber: "Preparation of battery-grade LiFePO_4 by the precipitation method: a review of specific features "

Dari perspektif reagen, metode presipitasi besi fosfat dan kemudian sintering merupakan cara yang paling hemat biaya untuk mensintesis LFP. Tabel 2.18 menunjukkan bahan baku yang terlibat dalam proses ini, yang dapat diperoleh dengan mudah tanpa hambatan pasokan yang signifikan:

Tabel 2.18 Sumber bahan baku untuk LFP

Sumber besi	Sumber fosfor	Sumber litium	Sumber karbon
$\text{Fe(NO}_3)_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	Li_2CO_3	Glukosa
FeSO_4	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Li_2CO_3	Glukosa
FeSO_4	H_3PO_4	Li_2CO_3	Glukosa
FeSO_4	LiH_2PO_4	LiH_2PO_4	Glukosa
FeSO_4	H_3PO_4	Li_2CO_3	Asam oksalat
$(\text{NH}_4)_2\text{Fe(SO}_4)_2$	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	LiOH	Graphene
$\text{Fe(NO}_3)_3$	Na_2HPO_4	LiI	Glukosa
FeSO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	Li_2CO_3	Glukosa
FeSO_4	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Li_2NO_3	Karbon aktif
FeSO_4	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Li_3PO_4	Asam sitrat
FeSO_4	H_3PO_4	Li_2CO_3	Glukosa
FeSO_4	NaH_2PO_4	Li_2CO_3	Glukosa

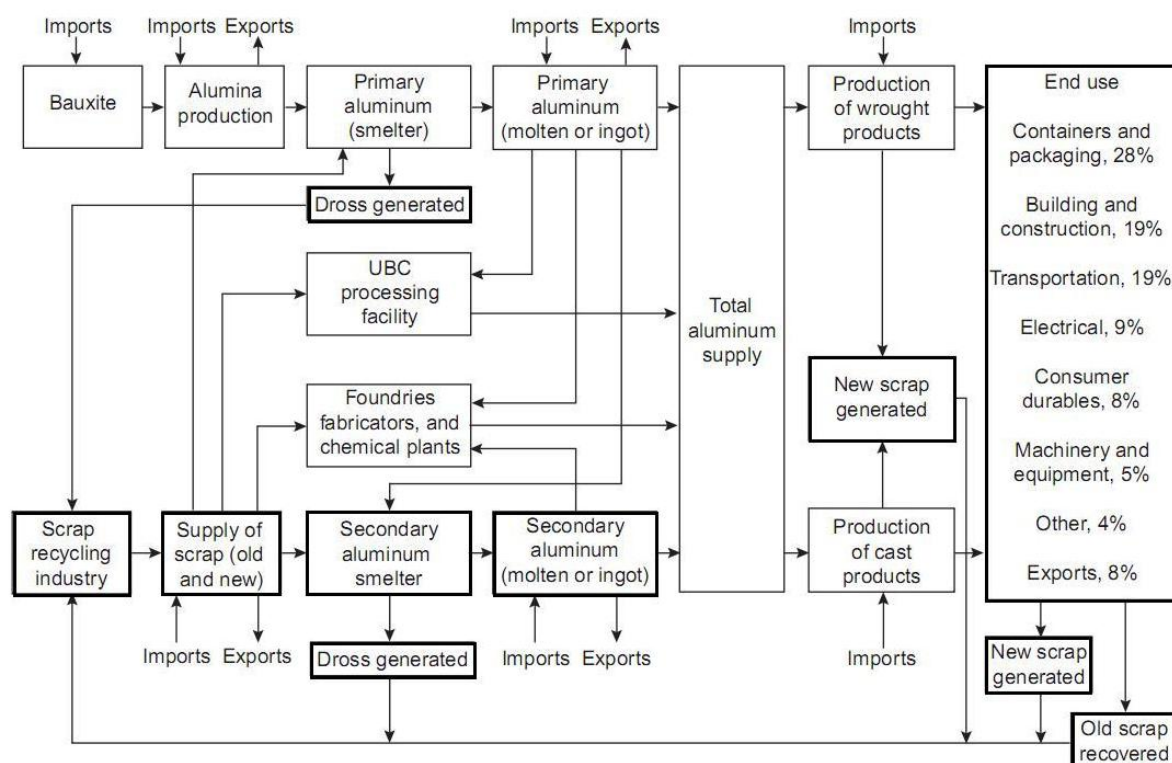
FeSO ₄	H ₃ PO ₄	LiOH	Glukosa
FeSO ₄	(NH ₄) ₂ HPO ₄	LiNO ₃	Asam stearat
FeCl ₃	H ₃ PO ₄	LiOH	Glukosa
Fe(NO ₃) ₃	H ₃ PO ₄	Li ₂ CO ₃	Glukosa

Sumber: "Preparation of battery-grade LiFePO₄ by the precipitation method: a review of specific features "

• Aluminium

Dari perspektif pertambangan, aluminium umumnya ditemukan dalam bauksit, yang merupakan bijih aluminium paling umum. Batu sedimen ini adalah sumber utama aluminium dan galium di dunia. Proses produksi aluminium secara umum terdiri dari tiga tahap utama: penambangan bijih bauksit, pengolahan bijih untuk mendapatkan alumina, dan akhirnya peleburan alumina untuk menghasilkan aluminium. Proses terakhir ini digambarkan dalam gambar berikut:

Gambar 2.12 Diagram alur material industri aluminium global³⁹



Sumber: Aluminium Guide

Penting untuk dicatat bahwa dalam hal penggunaan, aluminium terutama digunakan dalam "kontainer dan kemasan" (28%), diikuti oleh "bangunan dan konstruksi" (19%), serta "transportasi" (19%). Penggunaannya dalam penyimpanan energi termasuk dalam kategori "lain-lain", yang hanya mencakup 4% dari total penggunaan. Oleh karena itu, volume aluminium yang digunakan dalam industri baterai tidak signifikan jika dibandingkan dengan mineral kritis lainnya dan bukan merupakan faktor utama dalam rantai pasokan baterai.

Salah satu sumber utama pasokan aluminium adalah penggunaan "scrap baru" dan "scrap lama". Per tahun 2023, aluminium daur ulang menyumbang sekitar sepertiga dari total pasokan aluminium global. Aluminium daur ulang yang dihasilkan dari scrap lama berasal dari beberapa sektor utama, yaitu 33% dari transportasi, 26% dari kemasan, 13%

³⁹ Aluminium guide (2023) Material flows in the global aluminum industry: the role of secondary aluminum. Tersedia di: <https://aluminium-guide.com/production-recycled-aluminium/>

dari teknik dan kabel, serta 16% dari aplikasi bangunan, karena umur pakainya yang panjang.

• Garam natrium

Dari perspektif pertambangan dan pengolahan, senyawa natrium memiliki peran yang sangat penting. Beberapa senyawa spesifik seperti garam dan oksida memiliki hubungan historis dengan berbagai industri, termasuk pembuatan kaca, kertas, tekstil, dan lainnya. Senyawa natrium yang paling penting meliputi garam dapur (NaCl), soda ash (Na_2CO_3), baking soda (NaHCO_3), soda kaustik (NaOH), natrium nitrat (NaNO_3), dan lainnya.

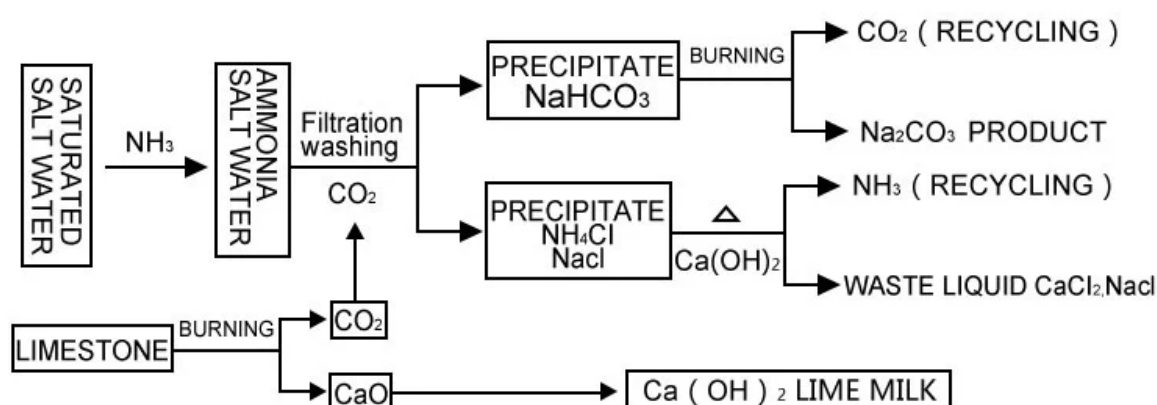
Tabel 2.19 Garam natrium utama dan penggunaannya

Garam natrium	Rumus	Penggunaan
Natrium klorida	NaCl	Garam dapur, bahan baku untuk proses kimia lainnya
Natrium hidroksida	NaOH	Bahan dasar dalam industri: pembuatan sabun, kertas, serta sebagai reaktan kimia
Natrium karbonat	Na_2CO_3	Digunakan dalam pembuatan kaca, deterjen, dan sebagai pelembut air
Natrium bikarbonat	NaHCO_3	Baking soda dan proses kimia lainnya
Natrium sulfat	Na_2SO_4	Digunakan dalam deterjen, pemurnian kertas, dan industri tekstil
Natrium nitrat	NaNO_3	Digunakan sebagai pupuk, bahan pengawet makanan, dan dalam pembuatan bahan peledak

Sumber: SC-Insights

Sebagian besar senyawa natrium ini diproduksi dengan natrium klorida (NaCl) sebagai bahan awal. Sekitar 50% dari NaCl digunakan dalam proses produksi natrium hidroksida dan natrium klorin. Dalam produksi baterai natrium-ion (SIBs), katoda natrium terutama disintesis menggunakan natrium karbonat atau natrium klorida yang telah dimurnikan. Proses produksi soda ash digambarkan dalam ilustrasi berikut:

Gambar 2.13 Diagram alur proses produksi soda ash⁴⁰



Sumber: Goldsione Group LTD

2.4 Pengolahan

Setelah ekstraksi bahan baku melalui operasi pertambangan, yang membentuk segmen hulu dalam rantai pasokan baterai, bahan-bahan ini menjalani proses pemrosesan dan pengolahan. Tahap ini umumnya dianggap sebagai fase midstream dalam rantai pasokan baterai.

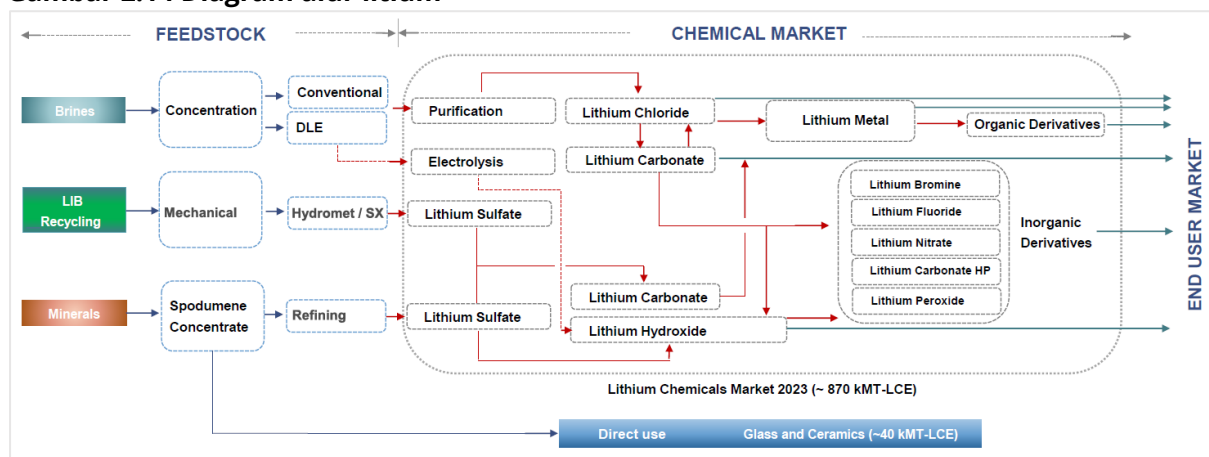
⁴⁰ Goldsione Group LTD (2023) Soda Ash Dense Production Process. Tersedia di: <https://www.evvchem.com/soda-ash-dense.html>

Pemrosesan bahan baku merujuk pada proses pengolahan mineral yang telah diekstraksi untuk menghilangkan kotoran dan menghasilkan bentuk yang lebih terkonsentrasi, murni, serta dapat digunakan. Pengolahan selanjutnya melibatkan perlakuan lebih lanjut terhadap material yang telah diproses untuk mencapai tingkat kemurnian yang membuatnya cocok digunakan dalam pembuatan baterai. Baterai membutuhkan mineral dengan tingkat kemurnian tinggi untuk menjamin keamanan dan daya tahan.⁴¹ Setelah proses pengolahan selesai, bahan-bahan ini digunakan untuk memproduksi bahan aktif katoda dan anoda yang menjadi komponen utama dalam baterai.

2.4.1 Pengolahan litium

Deposit litium terdapat dalam bentuk mineral keras sebagaimana dijelaskan sebelumnya, yang mengalami proses penambangan dan penghancuran. Deposit litium dari batuan keras dapat diubah menjadi litium karbonat atau litium hidroksida, yang merupakan komponen utama dalam pembuatan katoda dengan kepadatan energi tinggi. Litium juga dapat ditemukan dalam air asin, dari mana ia dapat diekstraksi melalui teknik penguapan. Brine dapat langsung diproses menjadi litium karbonat, yang lebih hemat biaya tetapi menghasilkan katoda dengan kepadatan energi yang lebih rendah. Ekstraksi litium dari brine dilakukan dengan memompa air garam dari akuifer bawah tanah ke permukaan, di mana air garam ini kemudian dialirkan ke serangkaian kolam penguapan.⁴² Gambar 2.14 menunjukkan diagram alur pemrosesan litium.

Gambar 2.14 Diagram alur litium



Sumber: Supply Chain Insights 2024, 'The lithium flow diagram'

Produk litium sebagian besar dimurnikan di Tiongkok, dengan Australia, Chili, dan Tiongkok sebagai produsen utama bahan baku kimia litium (litium karbonat, litium hidroksida, dan lainnya). Lebih dari 50% kapasitas produksi litium karbonat berada di Tiongkok, sementara 80% kapasitas produksi litium hidroksida juga terkonsentrasi di sana. Kedekatan geografis dan daya saing biaya terhadap pasar akhir di Asia (Korea, Jepang, dan terutama Tiongkok) menciptakan lingkungan yang mendukung peningkatan kapasitas pengolahan. Indonesia dapat memanfaatkan kedekatan geografisnya serta menciptakan kondisi yang menarik bagi investor di sektor pengolahan litium. Meskipun

⁴¹ Meskipun penelitian terbaru mempertanyakan hal ini, lihat G Choe, H Kim, J Kwon, W Jung, K-Y Park and Y-T Kim, 'Re-evaluation of battery-grade lithium purity toward sustainable batteries' (1185) 15 Nature Communications (2024).

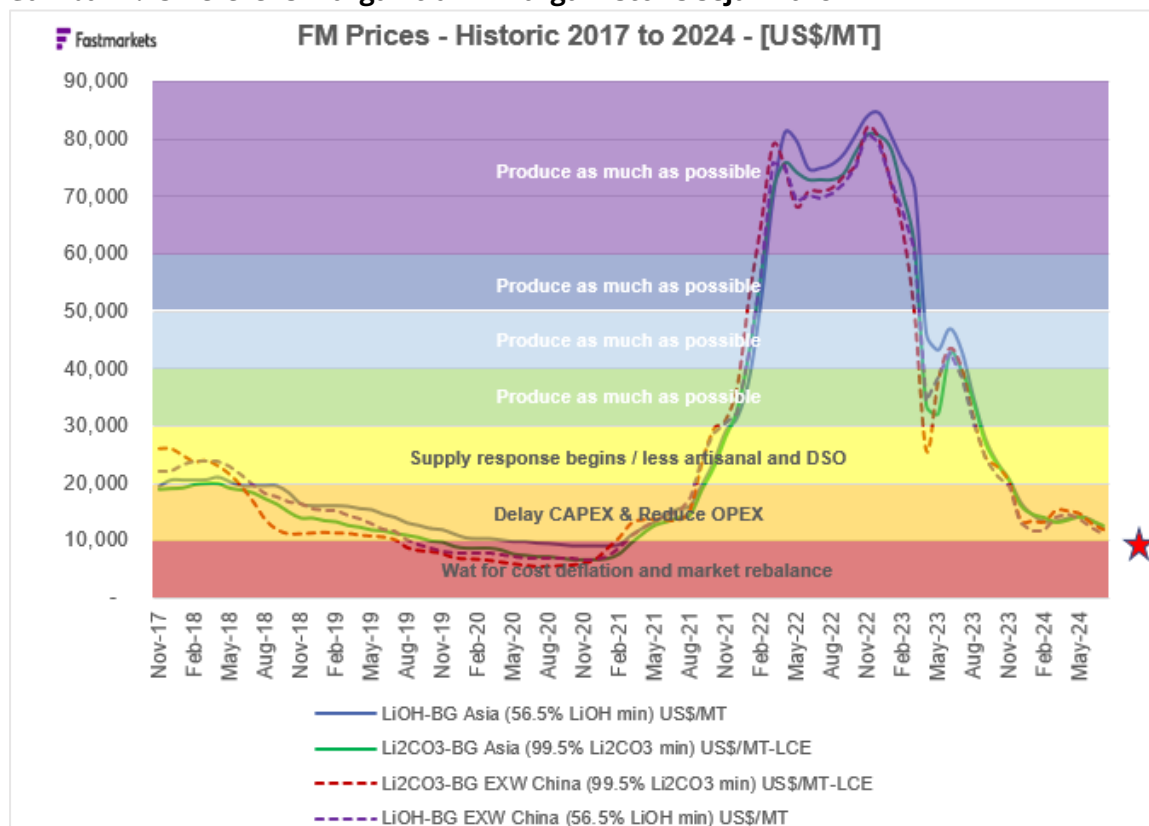
⁴² K Brunelli, L Y Lee and T Moerenhout, 'Fact Sheet: Lithium Supply in the Energy Transition' December 20, 2023, Center on Global Energy Policy, Columbia SIPA.

demikian, Chili dan Argentina memiliki kapasitas gabungan sebesar 400.000 MT-LCE litium karbonat.

Karena meningkatnya kekhawatiran terkait harga bahan baku baterai, Tiongkok mulai mengembangkan dan memperluas penggunaan baterai natrium-ion (SIBs). Fokus yang semakin besar pada pengembangan kimia baterai baru menjadi perhatian bagi negara yang mendominasi rantai pasokan baterai litium-ion, karena negara tersebut berusaha untuk tetap mengendalikan margins industri. Baterai natrium-ion menjadi alternatif menarik dibandingkan dengan baterai litium-ion konvensional yang lebih mahal; namun, kepadatan energinya tidak mencukupi untuk kendaraan listrik (EV) kelas atas.

Gambar 2.13 menunjukkan evolusi harga litium dari November 2017 hingga Juni 2024. Gambar ini sangat penting karena menggambarkan dua efek utama. Pertama, gambar ini menunjukkan betapa dramatisnya volatilitas harga di pasar material baterai. Berbeda dengan harga tertinggi selama siklus 2014-2019 yang mencapai sekitar USD 30.000/MT untuk harga spot, siklus harga terbaru (2020 hingga 2024) mencatat harga spot tertinggi sebesar USD 80.000/MT untuk litium hidroksida. Hal ini menguntungkan bagi penambang litium karena meningkatkan margin keuntungan mereka, tetapi bagi produsen peralatan asli (OEM), hal ini justru menciptakan kehancuran permintaan. Efek kedua berkaitan langsung dengan geopolitik material baterai dan strategi perusahaan Tiongkok untuk menjaga harga tetap rendah. Strategi ini melibatkan pasokan dalam volume besar dari bijih berkadar rendah yang bersumber secara global untuk menekan harga pasar. Gelombang material baru ini berasal dari berbagai sumber, mulai dari konsentrat Afrika, limbah tambang Brasil, hingga lepidolit dari Tiongkok.

Gambar 2.15 Referensi harga litium – harga historis sejak 2018



Sumber: Supply Chain Insights 2024, 'Where will prices settle in the long term?'

Untuk bahan baku dan bahan kimia litium, kode untuk statistik perdagangan ditunjukkan dalam Tabel 2.20:

Tabel 2.20 Kode bahan baku litium

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
AHECC	25309011	Konsentrat litium	Bahan baku litium	Tidak	Kode Australia untuk konsentrat spodumen
HS	25309093	Zat mineral yang tidak disebutkan di tempat lain	Bahan baku litium	Tidak	Kode Australia sebelumnya untuk konsentrat spodumen
HS	26179000	Konsentrat spodumen grade	Bahan baku litium	Tidak	SC7%
NCM-SIM	2827.39.60.000Z	Litium klorida	Bahan baku litium	Tidak	Bea cukai Argentina
HS	2827 39 60	Litium klorida	Bahan baku litium	Tidak	
NCM-SIM	2836.91.00.000G	Litium karbonat	Bahan baku litium	Tidak	Bea cukai Argentina
SACH	28369130	Litium karbonat	Grade Baterai dan Grade Teknis	Ya	Bea cukai Chili
HS	28369100	Litium karbonat	-	-	Karbonat: bahan kimia anorganik, senyawa organik atau anorganik
HS	28332980/ 28332990	Litium sulfat	Bahan baku litium	Tidak	Monohidrat
SACH	28252011	Litium hidroksida	Grade Baterai dan Grade Teknis	Ya	Monohidrat
HS	28252000	Litium hidroksida	Grade Baterai dan Grade Teknis	Ya	Oksida dan Hidroksida (monohidrat)

2.4.2 Pengolahan nikel

Nikel dapat ditemukan dalam dua jenis bijih utama: bijih laterit (oksida) dan bijih sulfida. Bijih laterit dapat dikategorikan lebih lanjut menjadi dua subkelompok: limonit dan saprolit.⁴³ Variasi dalam komposisi kimia menyebabkan metode ekstraksi dan pemrosesan yang berbeda untuk nikel, tergantung pada jenis sumber daya yang digunakan. Terdapat dua jenis produk nikel yang telah diproses, yaitu Nikel Kelas 1 dan Nikel Kelas 2. Produk-produk ini digunakan untuk aplikasi yang berbeda berdasarkan tingkat kemurniannya.⁴³

Nikel Kelas 1 memiliki tingkat kemurnian yang tinggi. Nikel ini terutama digunakan dalam produksi baterai, khususnya untuk kendaraan listrik (EV), karena kualitas dan kinerja superiornya. Nikel Kelas 2 memiliki kemurnian lebih rendah, sehingga umumnya digunakan dalam industri baja tahan karat.⁴³

Saat ini, bijih limonit terutama diproses melalui metode leaching, di mana bijih tersebut diberi perlakuan dengan asam sulfat untuk melarutkan nikel dan kobalt. Larutan yang dihasilkan kemudian diolah menjadi produk nikel-kobalt menengah, yang dapat

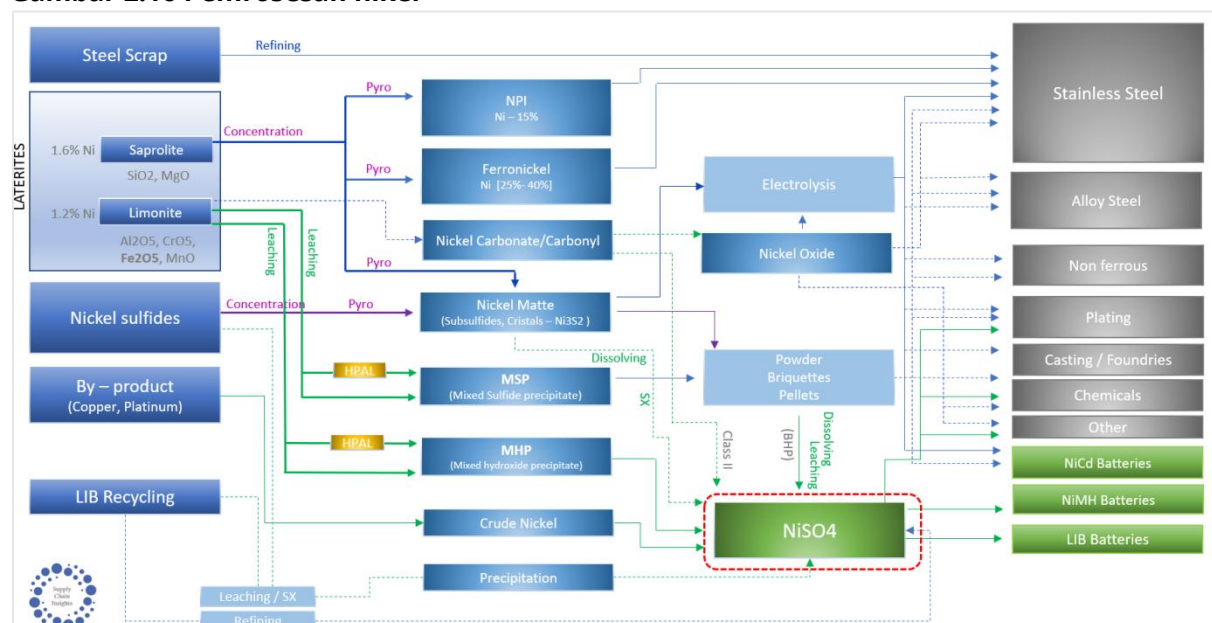
⁴³ Nickel Institute, 'Nickel industry – Part 1 – Processing nickel laterites and sulfides' May 03, 2024, tersedia di <https://nickelinstitute.org/en/blog/2024/may/nickel-industry-part-1-processing-nickel-laterites-and-sulfides/>

dimurnikan lebih lanjut menjadi nikel murni atau langsung digunakan dalam rantai pasokan baterai. Teknik pemrosesan ini disebut hidrometalurgi.⁴³

Sebaliknya, bijih saprolit diproses melalui metode peleburan, di mana bijih dikeringkan dan dilebur untuk mendapatkan nikel dalam bentuk paduan besi-nikel. Dengan meningkatnya permintaan untuk baterai, praktik konversi paduan ini menjadi bahan berkualitas lebih tinggi yang dikenal sebagai nikel matte semakin meningkat untuk pengolahan lebih lanjut. Metode pemrosesan yang melibatkan pelelehan bahan pada suhu tinggi ini disebut pirometalurgi.⁴³

Bijih sulfida dapat ditemukan di permukaan maupun di bawah tanah. Bijih ini sering mengandung sumber daya berharga lainnya, seperti tembaga, platina, dan paladium, yang dapat memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan nikel itu sendiri. Bijih sulfida dapat diolah di lokasi penambangan untuk menghasilkan konsentrat nikel yang siap dikirim ke fasilitas peleburan nikel terpusat. Dalam proses ini, konsentrat nikel dilebur menggunakan energi dari sulfur dan listrik untuk menghasilkan nikel matte, yang kemudian dimurnikan lebih lanjut.⁴³ Metode hidrometalurgi langsung juga dapat digunakan dalam pemrosesan bijih ini. Selain teknik tradisional tersebut, teknologi pemrosesan baru mulai berkembang.⁴⁴ Sebagai contoh, high pressure acid leaching (HPAL) merupakan teknologi yang sedang berkembang untuk menghasilkan Nikel Kelas 1 dari bijih laterit berkadar rendah. Proses pemrosesan nikel ini ditunjukkan dalam Gambar 2.16

Gambar 2.16 Pemrosesan nikel



Sumber: SC-Insights 2024, 'Nickel processing flowsheet - Processing nickel laterites and sulphides' from the Nickel Value Chain Presentation.

Situasi nikel menjadi penting, mengingat kebijakan hilirisasi Indonesia yang berdampak pada rantai nilai global. Pada tahun 2020, Indonesia memberlakukan larangan ekspor bijih nikel mentah untuk mendorong pemrosesan dalam negeri dan meningkatkan nilai tambah sumber daya nikelnya². Kebijakan hilirisasi nikel Indonesia berfokus pada peningkatan nilai tambah sumber daya nikelnya dengan melakukan pemrosesan dalam negeri daripada mengekspor bijih nikel mentah. Paling menonjol, antara penerapan larangan ekspor nikel pada tahun 2019 hingga 2022, investasi dalam pemrosesan mineral dan manufaktur di Indonesia meningkat dari USD \$3,56 miliar menjadi USD \$10,96 miliar,

⁴⁴ *ibid.*

yang mencerminkan peningkatan investasi sebesar 207,9%. Mayoritas investasi ini berasal dari perusahaan-perusahaan Tiongkok, yang memindahkan operasinya ke Indonesia akibat larangan ekspor.⁴⁵

Untuk bahan baku nikel dan bahan kimia, kode dalam statistik perdagangan adalah sebagai berikut (Tabel 2.21):

Tabel 2.21 Kode bahan baku nikel

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	26040000	Bijih dan konsentrat nikel	Bahan baku	Tidak	Saprolit dan limonit masuk dalam kategori ini
HS	28332400	Nikel sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Keduanya	Sulfat nikel lainnya
HS	75011000	Nikel matte	Bahan baku untuk NiSO ₄	Tidak	Matte, oksida, dan produk perantara lainnya dari metalurgi nikel
HS	75030010	Limbah nikel	Untuk pengolahan lebih lanjut	Tidak	Limbah dan skrap yang merupakan paduan
HS	75040000	Serbuk dan serpihan nikel	Bahan baku untuk NiSO ₄	Tidak	-
HS	75089090	Pelet nikel	Bahan baku untuk NiSO ₄	Tidak	-
HS	7505	Batang, kawat, dan profil nikel	Lainnya	Ya	Termasuk paduan nikel dan nikel yang tidak dipadukan
HS	7201	Nickel pig iron	Lainnya	Tidak	Kode umum
HS	72026000	Feronikel	Lainnya	Ya	Chip, granula, gulungan, dll

2.4.3 Pengolahan kobalt

Kobalt umumnya ditemukan dalam bijih tembaga, nikel, atau campuran tembaga-nikel. Sama seperti nikel, proses pengolahan kobalt melibatkan beberapa tahap untuk mengekstrak dan memurnikan kobalt dari bijihnya. Dua metode utama yang digunakan adalah hidrometalurgi dan pirometalurgi. Hidrometalurgi melibatkan perlakuan terhadap bijih yang mengandung kobalt dengan bahan kimia tertentu untuk melarutkan kobalt dan memisahkannya dari unsur lain. Larutan yang dihasilkan kemudian diproses lebih lanjut untuk mengendapkan kobalt hidroksida, yang kemudian dapat dimurnikan menjadi logam kobalt murni. Pirometalurgi adalah proses peleburan bijih pada suhu tinggi untuk memisahkan kobalt dari logam lainnya. Bijih biasanya dilebur dalam tungku, di mana kobalt dipulihkan sebagai bagian dari paduan atau sebagai nikel-kobalt matte, yang kemudian dapat menjalani pengolahan tambahan. Metode ini sangat penting dalam menghasilkan kobalt berkualitas tinggi yang digunakan dalam baterai.⁴⁶

Saat ini, pengolahan dan manufaktur bahan kimia kobalt sebagian besar terjadi di Tiongkok, yang menguasai lebih dari 65% aktivitas global. Produk awal dari proses pengolahan kobalt, yang biasanya berupa kobalt hidroksida yang tidak murni, kemudian disempurnakan melalui metode hidrometalurgi dan elektrometalurgi untuk menghasilkan berbagai bahan kimia kobalt murni, seperti kobalt nitrat, kobalt sulfat, atau

⁴⁵ D Guberman, S Schreiber and A Perry, *Export Restrictions on Minerals and Metals: Indonesia's Export Ban of Nickel*, March 2024 (U.S. International Trade Commission, Office of Industry and Competitiveness Analysis), hal. 2.

⁴⁶ Q Dehaine, L T Tijsseling, H J Glass, T Törmänen and A R Butcher, 'Geometallurgy of cobalt ores: A Review' 160 *Minerals Engineering* (2021), 106656.

kobalt hidroksida, serta logam kobalt. Logam yang telah dimurnikan ini kemudian digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen baterai.⁴⁷

Untuk bahan baku dan bahan kimia kobalt, kode dalam statistik perdagangan adalah sebagai berikut (Tabel 2.22):

Tabel 2.22 Kode bahan baku kobalt

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	26050000	Bijih dan konsentrat kobalt	Bahan baku PCAM/CAM	Tidak	-
HS	28332990	Kobalt sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Keduanya	Bahan kimia anorganik; senyawa organik atau anorganik
HS	282200	Oksida dan hidroksida kobalt	Bahan baku kobalt	Tidak	Termasuk oksida komersial
HS	2844402000	Kobalt dan garamnya	Bahan baku kobalt	Tidak	Basa dan oksida anorganik
HS	8105 2000 00	Kobalt matte dan produk perantara lainnya	Bahan baku untuk CoSO ₄	Tidak	Produk metalurgi kobalt dan bubuk
HS	8105 3000 00	Limbah dan skrap kobalt	Bahan baku	Tidak	-
HS	8105 9000 10	Batangan atau kawat dari kobalt	Terkait	Katoda kobalt	Terkait

2.4.4 Pengolahan grafit

Baterai dapat menggunakan grafit alami maupun sintetis. Grafit alami terbentuk secara alami dan dapat ditemukan dalam bentuk amorf, serpihan, atau vena kristal⁴⁸. Grafit sintetis diproduksi melalui perlakuan suhu tinggi terhadap bahan karbon non-grafit⁴⁸. Perbedaan utama antara keduanya, selain dari proses manufaktur, terletak pada kepadatan, porositas, konduktivitas termal, dan biaya produksi. Industri baterai memiliki permintaan tinggi terhadap grafit sintetis karena kecepatan pengisian ulang dan umur pakainya yang lebih panjang. Namun, tren pasar telah berubah ke arah grafit alami karena keunggulan lingkungan dan biayanya⁴⁸.

Pemrosesan grafit sebagian besar dilakukan di Tiongkok, dengan cadangan grafit alami yang signifikan di negara tersebut.

emurnian grafit melibatkan beberapa proses utama untuk meningkatkan kemurnian dan kualitasnya agar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Pertama, untuk memperkaya dan meningkatkan kandungan mineral dalam bijih, komponen yang tidak diinginkan harus dihilangkan. Proses ini disebut sebagai benefisiassi, yang mencakup penghancuran dan penggilingan untuk melepaskan serpihan grafit dari material di sekitarnya. Untuk memisahkan grafit dari kotoran lainnya, berbagai metode pengolahan hidrometalurgi

⁴⁷ https://www.cobaltinstitute.org/divi_overlay/phase-3-refining-and-chemical-manufacture/

⁴⁸ Ceylon Graphite (2023) Natural Vs Synthetic Graphite. Tersedia di: <https://www.ceylongraphite.com/posts/natural-vs-synthetic-graphite/#:~:text=How%20to%20identify%20Natural%20from,standard%20price%20of%20natural%20graphite.>

dapat digunakan, seperti flotasi, metode asam-basa, dan metode asam fluorida. Teknologi pengolahan pirometalurgi mencakup pembakaran klorinasi dan metode suhu tinggi.⁴⁹

Berikut adalah kode yang digunakan dalam statistik perdagangan untuk bahan baku grafit (Tabel 2.23):

Tabel 2.23 Kode bahan baku grafit

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	250410	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk Anoda	Keduanya	Grafit alami
HS	25041010	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk Anoda	Ya	Kristalin
HS	25041020	Grafit serpihan atau bubuk	Bahan baku untuk Anoda	Tidak	Amorf
HS	25041090	Grafit alami lainnya	Bahan baku	Tidak	Bubuk atau serpihan
HS	25041091	Grafit berbentuk bola	Bahan baku untuk Anoda	Keduanya	Berlapis dan tidak berlapis
HS	25049000	Grafit alami	Terkait	Ya	Padat, bongkahan, balok
HS	25049010	Grafit serpihan	Bahan baku untuk Anoda	Ya	Mikronisasi
HS	38011000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Pasta, balok, pelat, atau semi-manufaktur lainnya
HS	38012000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Koloid atau semi-koloid
HS	38013000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Pasta karbonasi
HS	38019000	Grafit lainnya	Terkait	Tidak	-

2.4.5 Pengolahan mangan

Mangan dalam bentuk murninya diperoleh melalui metode hidrometalurgi dan elektrolisis, sedangkan ferromangan (jenis paduan ferro-mangan yang diproduksi langsung dari bijih mangan melalui proses peleburan) dan silikomangan (dihasilkan melalui peleburan terak dari ferromangan karbon tinggi) diproduksi dengan peleburan bijih, yang biasanya dilakukan dalam tanur tinggi atau, lebih umum, dalam tanur listrik.⁵⁰

Mangan sulfat dalam bentuk kemurnian tinggi selama ini kurang dihargai karena ketersediaannya yang luas dan biayanya yang rendah. Namun, dengan meningkatnya adopsi kimia baterai NMC, terutama di AS dan Uni Eropa, permintaan diperkirakan akan meningkat dan berpotensi mendorong kenaikan harga.

Untuk bahan baku dan bahan kimia mangan, kode yang digunakan dalam statistik perdagangan adalah sebagai berikut (Tabel 2.24):

Tabel 2.24 Kode bahan baku mangan

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
--------	------	-----------	--------------------	--------------	---------

⁴⁹ A D Jara, A Betemariam, G Woldetinsae, J Y Kim, 'Purification, application and current market trend of natural graphite: A review' 29 (5) international journal of Mining Science and Technology (2019) pp. 671-689.

⁵⁰ J H Downing, 'Manganese processing' Britannica, tersedia di <https://www.britannica.com/technology/manganese-processing>

HS	260200	Bijih mangan dan konsentrat	Bahan baku untuk MnCO_3 , MnSO_4	Tidak	-
HS	28201000	Bubuk mangan	Bahan baku untuk MnCO_3 , MnSO_4	Tidak	-
HS	28369990	Mangan karbonat	Bahan baku PCAM/CAM	Ya	99.9% basis logam
HS	283322940	Mangan sulfat	Bahan baku PCAM/CAM	Ya	Hidrat, monohidrat, tetrahidrat

2.4.6 Pengolahan komoditas lainnya

Aluminium dan natrium adalah dua komoditas yang memiliki peran khusus dalam penyimpanan energi, terutama dalam penyediaan bahan kimia berkualitas baterai untuk NCA dan SIB.

- **Besi Fosfat**

Proses kimia untuk memurnikan bahan mentah dan mensintesis LFP-CAM (Lithium Iron Phosphate - Cathode Active Material) terdiri dari serangkaian tahapan, yaitu presipitasi (pengendapan), lithiatisasi, sintering, dan pelapisan bola (spherical coating). Tabel berikut merinci fitur utama LFP berdasarkan komposisinya:

Tabel 2.25 Katoda LFP dan fitur-fiturnya

CAM	Rumus	Bahan Perwakilan	Sumber Besi
Phospho-olivine	LiMPO_4	$\text{M}=\{\text{Fe, Co, Mn, Ti}\}$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ FeSO_4 FeCl_3

The refining portion of LFP involves the constant agitation of the precursor at an autoclave reactor, followed by filtration and washing under vacuum conditions to obtain a battery-grade LiFePO_4 . Then the material is ready to be coated.

Pengolahan LFP melibatkan agitasi terus-menerus dari prekursor dalam reaktor autoklaf, diikuti dengan filtrasi dan pencucian dalam kondisi vakum untuk memperoleh LiFePO_4 dengan kualitas baterai. Setelah itu, bahan tersebut siap untuk dilapisi. Dari perspektif pengembangan bisnis, karena biaya produksi dan ketersediaan bahan baku, kimia baterai ini telah matang dan banyak digunakan di pasar Tiongkok. Menurut SC-Insights 2023, terdapat 71 pabrik yang aktif memproduksi LFP, dan 38 pabrik tambahan diperkirakan akan mulai beroperasi sebelum akhir dekade ini. Jika digabungkan, kapasitas total produksi dari 71 pabrik ini mencapai 230 GWh, yang merupakan pangsa besar dari total produksi baterai lithium-ion. Patut dicatat bahwa dari 71 pabrik tersebut, 61 berada di Tiongkok, dan hanya 10 pabrik yang berlokasi di luar negeri. Tabel 2.26 berikut menunjukkan sepuluh pabrik LFP terbesar di dunia, yang menyumbang hampir 50% dari kapasitas produksi global:

Tabel 2.26 Sepuluh pabrik produksi sel LFP terbesar di dunia

Peringkat	Perusahaan	Pabrik	Negara	Kimia	Kapasitas 2023
1	CATL/SAIC	Liyang	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
2	CATL	Liyang	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
3	BYD	Chongqing	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
4	BYD	Shenzhen	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh

5	BYD	Yancheng	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
6	CALB	Changzhou	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
7	BYD	Changzhou	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
8	Tianneng	Changxinig	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
9	EVE	Huizhou	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh
10	BYD	Guiyang	Tiongkok	LFP untuk EV	GWh

Penting untuk dicatat bahwa **sepuluh pabrik LFP terbesar di dunia semuanya berlokasi di Tiongkok, dengan pelanggan utamanya adalah produsen kendaraan listrik (EV). Selain itu, BYD, yang merupakan pemain terintegrasi, memiliki lima dari sepuluh pabrik manufaktur LFP terbesar.**

- **Aluminium**

Aluminium memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja bahan katoda aktif NCA (Nickel Cobalt Aluminium Oxide). Penggunaan aluminium membantu meningkatkan stabilitas termal, kinerja elektrokimia, serta menstabilkan struktur katoda. Tabel berikut merinci sumber aluminium yang digunakan berdasarkan jenis katoda:

Tabel 2.27 **Katoda NCA dan sumber aluminium**

CAM	Bahan perwakilan	Detail	Sumber Aluminium
Struktur Berlapis	$\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$	NCA CAM merupakan kasus khusus dari "struktur berlapis"	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Meskipun memiliki kapasitas produksi sebesar 66 GWh pada tahun 2023, penggunaan kimia ini mengalami penurunan dibandingkan dengan katoda lainnya seperti LFP, LMFP, NMC622, NMC811, dan bahkan SIBs. Antara tahun 2023 hingga 2028, tidak ada proyek baru untuk NCA, hanya ekspansi kapasitas yang sedang berlangsung. Hal ini dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.28 **Kapasitas NCA saat Ini dan proyeksi hingga 2028**

Peringkat	Perusahaan	Pabrik	Kimia	Kapasitas 2023	Kapasitas 2028
1	Tesla	Nevada, AS	NCA untuk EV	35GWh	35GWh
2	CATL	Cheiwai, Tiongkok	NCA untuk EV	8GWh	32GWh
3	Panasonic	Suminoe, Jepang	NCA untuk EV	7GWh	10GWh
4	Panasonic	Suminoe, Jepang	NCA untuk EV	5GWh	5GWh
5	BAK	Zhengzhou, Tiongkok	NCA untuk EV	5GWh	5GWh
6	Tesson New Energy	Lushui, Tiongkok	NCA untuk EV	3GWh	5GWh
7	Samsung SDI	Tianjin, Tiongkok	NCA untuk EV	2GWh	3GWh
8	Sunpower	Taixing, Tiongkok	NCA untuk EV	1,2GWh	2GWh
9	Tenpower	Zhangjiagang, Tiongkok	NCA untuk 3C	1,1GWh	1,1GWh
10	SVOLT	Huzhou, Tiongkok	NCA untuk EV	1,0GWh	15GWh

11	Panasonic	Tokushima, Jepang	NCA untuk 3C	0,6GWh	0,6GWh
----	-----------	-------------------	--------------	--------	--------

Dalam lima tahun ke depan, kapasitas NCA akan mencapai 112 GWh, meningkat sebesar 70%, yang juga meningkatkan permintaan aluminium sulfat. Karena produksi aluminium sulfat berasal dari proses pelindian (leaching) dan pemanasan bauksit atau lempung, ketersediaannya yang melimpah tidak akan menjadi hambatan dalam rantai pasokan.

• Sodium

Bahan baku untuk baterai SIB dapat diperoleh dari sumber yang melimpah dan tidak terbatas pada wilayah tertentu. Sodium adalah salah satu unsur paling melimpah di kerak bumi dan lautan. Berbagai senyawa sodium dapat digunakan untuk setiap jenis katoda SIB. Tabel berikut merinci sumber sodium yang digunakan berdasarkan jenis katoda:

Tabel 2.YY Katoda Na-ion dan sumber sodium

CAM	Bahan perwakilan	Elemen lain	Sumber natrium
Oksida Logam Berlapis	$\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2$	Co, Cu, Ni, Ti	Na_2CO_3 , NaCl
Polyanionik	NaVPO_4F	-	Na ₂ O
Analog Prussian Blue	$\text{Na}_2\text{Fe}_2(\text{CN})_6$	-	NaCl

Dengan demikian, berbagai garam sodium dapat digunakan untuk berbagai jenis katoda Na-ion. Namun, permintaan terhadap teknologi ini masih dalam tahap pengembangan, dengan sebagian besar kapasitas produksi berada di Tiongkok dan beberapa upaya di negara lain. Tidak mengherankan, mayoritas kapasitas ini difokuskan untuk ESS:

Tabel 2.29 Pabrik baterai sodium-ion secara global

Peringkat	Perusahaan	Pabrik	Negara	Kimia	Capacity 2023
1	CATL	Ningde, Fujian	Tiongkok	Na untuk EV	2 GWh
2	HiNa Battery	Zhongguancun	Tiongkok	Na untuk ESS	1 GWh
3	ET Energy	Chengdu	Tiongkok	Na untuk ESS	1 GWh
4	NGK Insulators	Nagoya	Jepang	Na untuk ESS	0,3 GWh
5	Jiangsu Highstar	Qidong	Tiongkok	Na untuk ESS	0,2 GWh
6	AMTE Power	Thurso	Inggris	Na untuk 3C	0,2 GWh
7	Beijing Xuexiong Technology	Beijing	Tiongkok	Na	0,1 GWh
8	Zoolnasm	Zoolnasm	Tiongkok	Na untuk ESS	0,1 GWh
9	Exliporc New Energy	Shenzhen	Tiongkok	Na untuk 3C	0,1 GWh
10	Hakadi	Shenzhen	Tiongkok	Na untuk 3C	0,1 GWh
11	Tiamat	Amiens	Prancis	Na untuk 3C	0,1 GWh
12	Altris	Uppsala	Swedia	Na untuk ESS	0,1 GWh

Pada tahun 2023, total kapasitas produksi baterai sodium-ion mencapai 5.3 GWh. Namun, dalam lima tahun ke depan, rencana ekspansi sangat ambisius, diperkirakan mencapai hampir 143 GWh (hampir 30 kali lipat pertumbuhan). Pembuat kebijakan dan perusahaan Tiongkok memahami bahwa Na-ion adalah alternatif murah untuk pasar ESS, terutama ketika harga bahan baku baterai seperti Li, Ni, Co, dan Mn meningkat. Yang

lebih penting, dengan pasokan natrium yang melimpah (NaCl, Na₂CO₃, atau Na₂O), keterbatasan pasokan bukanlah masalah, bahkan dalam skenario di mana permintaan meningkat 30 kali lipat.

2.5 Material Aktif Katoda

Material Aktif Katoda (*Cathode Active Materials*) merupakan bagian paling krusial dalam sel baterai lithium-ion. Selain menentukan kimia sel baterai, CAM juga berperan besar dalam biaya produksi dan kinerja utama dari baterai. Saat ini, tantangan utama bagi produsen kendaraan listrik (EV) adalah memilih jenis kimia baterai yang optimal. Dalam lima tahun terakhir, produsen Asia telah mempertahankan proporsi yang relatif stabil, dengan NMC mewakili antara 40% hingga 60%.

2.5.1 Kapasitas dan pertumbuhan

Menurut data tahun 2023, Tiongkok menguasai hampir 79% dari kapasitas katoda global, diikuti oleh Korea Selatan dan Jepang, yang secara kolektif menyumbang 98% dari total kapasitas produksi katoda global. Dalam lima tahun terakhir, Tiongkok telah meningkatkan pangsa pasarnya dari 66% menjadi 79%, menunjukkan dinamisme dan daya saing yang tinggi dalam manufaktur material aktif katoda (Tabel 2.30). Sebaliknya, Korea Selatan dan Jepang menguasai sekitar 20% dari kapasitas global, dengan pertumbuhan yang sangat terbatas di luar Asia. Menariknya, beberapa perusahaan besar seperti Johnson Matthey dan Northvolt telah meninggalkan pasar katoda karena alasan strategis.

Tabel 2.30 Perkembangan kapasitas katoda global dalam 10 tahun ke depan

Peringkat	Negara	Pangsa kapasitas global	Kapasitas (Ton)			CAGR 10 tahun (%)
			2023	2028	2033	
1	Tiongkok	79%	2.871.800	6.390.100	7.634.100	10,3%
2	Korea Selatan	14%	515.900	715.400	742.200	3,7%
3	Jepang	5%	195.930	325.930	340.430	5,7%
4	Polandia	0,6%	20.000	105.000	245.000	28,5%
5	Jerman	0,4%	15.450	130.300	130.300	23,8%
	Lainnya	0,6%	20.405	2.829.700	3.295.900	66,3%
	TOTAL	100%	3.639.485	10.496.430	12.387.930	13,0%

Pasar katoda di Tiongkok sangat beragam dan dinamis. Alih-alih terkonsentrasi pada beberapa pemain besar, pasar ini terdiri dari hampir 100 produsen yang dapat dilacak, yang telah menguasai tidak hanya produksi LFP tetapi juga NMC. Di bawah ini, Tabel 2.31 menunjukkan sepuluh produsen katoda terbesar di Tiongkok, yang kapasitas produksinya cukup mencengangkan. Selain itu, banyak pabrik yang mampu memproduksi baik prekursor NCM maupun CAM:

Tabel 2.31 Produsen material katoda Tiongkok dan kapasitas produksi tahun 2023 dan 2028

#	Perusahaan	Pabrik	Kimia	Kapasitas 2023	Kapasitas 2028
1	Dynanonic	Shenzhen	LFP	265.000	265.000
2	GEM	Beberapa	NCM-LFP	170.000	170.000
3	Yuneng New Energy	Beberapa	LFP	117.000	132.000
4	Shanshan	Beberapa	NCM	115.000	147.500
5	Gotion	Guoxuan	LFP	110.000	150.000

#	Perusahaan	Pabrik	Kimia	Kapasitas 2023	Kapasitas 2028
6	Xiamen Tungsten	Ningde	LFP	95.000	140.000
7	BTR	Beberapa	NCM	90.000	102.000
8	Ronbay	Beberapa	NCM	90.000	135.000
9	B&M	Beberapa	NCM	78.000	155.000
10	Huayou Cobalt	Beberapa	LFP-LCO-NCM	70.000	130.000

Pasar katoda di Korea Selatan terkonsentrasi pada tujuh (7) pemain utama (Tabel 2.32), dengan Umicore, LG Chem, dan Ecopro masing-masing memiliki kapasitas lebih dari 100.000 ton pada tahun 2023. Posco adalah pemain yang menarik karena memiliki integrasi hulu, mencakup pertambangan dan pengolahan litium. Diperkirakan Posco akan melampaui kapasitas 100.000 ton sebelum tahun 2023. Dari kelompok ini, ada dua perusahaan yang memiliki integrasi penuh dalam produksi CAM dan sel LIB, yaitu LG Chem dan Samsung SDI, sedangkan SK Innovation tidak.

Tabel 2.32 Produsen bahan katoda Korea Selatan dan kapasitas produksi tahun 2023 dan 2028

#	Perusahaan	Pabrik	Kimia	Kapasitas 2023	Kapasitas 2028
1	Umicore	Korea Selatan	NCM-LCO	144.500	170.000
2	LG Chem	Korea Selatan	NCM	115.000	130.000
3	Ecopro	Korea Selatan	NCA-NCM	105.000	155.000
4	Posco	Korea Selatan	NCM	55.200	104.200
5	Samsung SDI	Korea Selatan	NCA-NCM	43.000	43.000
6	L&F	Korea Selatan	NCM	33.000	53.000
7	Cosmo AM&T	Korea Selatan	NCM	20.000	60.000

Pasar produksi katoda di Jepang sangat terkonsentrasi, dengan empat pemain utama yang mendominasi industri ini (Tabel 2.33). Nichia dan Sumitomo Metal Mining (SMM) adalah pemain lama yang memperoleh bahan baku dari berbagai sumber. BASF, raksasa kimia asal Jerman, juga menjadi pemain kunci setelah membentuk usaha patungan (JV) dengan TODA KOGYO Corp pada tahun 2014 sebagai bagian dari aliansi strategis.

Tabel 2.33 Produsen material katoda Jepang dan kapasitas produksi di 2023 dan 2028

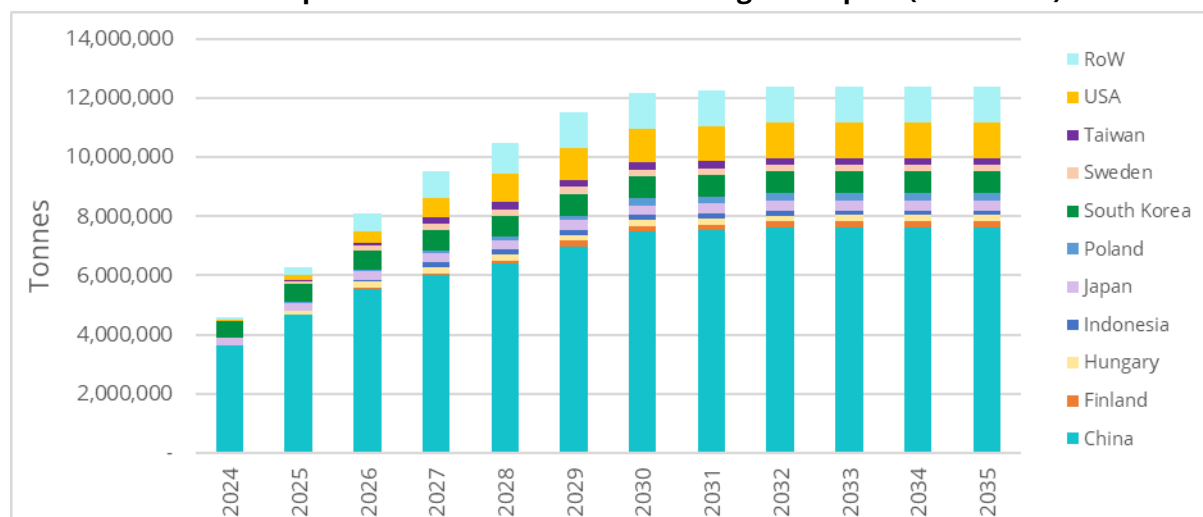
#	Perusahaan	Pabrik	Kimia	Kapasitas 2023	Kapasitas 2028
1	Nichia Chemical	Jepang	NCM	80.500	110.500
2	SMM	Jepang	NCM-NCA	56.000	100.000
3	BASF-TODA	Jepang	NCA-NCM	30.000	60.000
4	Tanaka	Jepang	NCA	24.000	50.000

Meskipun industri ini sangat kompleks dalam hal teknologi, margin keuntungan telah menurun selama siklus terakhir harga material baterai. Pemain besar dan terintegrasi dari Tiongkok, seperti OEM, memperoleh margin keuntungan utama dari penjualan kendaraan listrik (EV), sehingga terdapat sedikit insentif untuk menjaga margin sektor "hulu" tetap tinggi. Akibatnya, industri pengolahan dan CAM telah mengalami tekanan besar akibat kebijakan harga dari Tiongkok yang terus menekan margin keuntungan.

2.5.2 Geografi

Sebagian besar produksi katoda berasal dari Tiongkok, yang menyumbang 79% dari kapasitas global saat ini, diikuti oleh Korea Selatan dan Jepang (Gambar 2.17). **Dalam lima tahun ke depan, Tiongkok akan terus mendominasi lanskap katoda, namun terdapat beberapa tren menarik di luar Asia.** Sangat mencolok bagaimana Amerika Serikat menambahkan hampir 1,5 juta ton pada tahun 2028, di antara 15 proyek baru. Juga mengesankan bagaimana Uni Eropa mulai menambah kapasitas di Swedia, Polandia, Hongaria, dan Finlandia. Secara keseluruhan, Eropa akan menambahkan hampir satu juta ton kapasitas pada tahun 2028.

Gambar 2.17 Estimasi produksi katoda berdasarkan negara terpilih (2024–2035) – Ton



Sumber: SC Insights

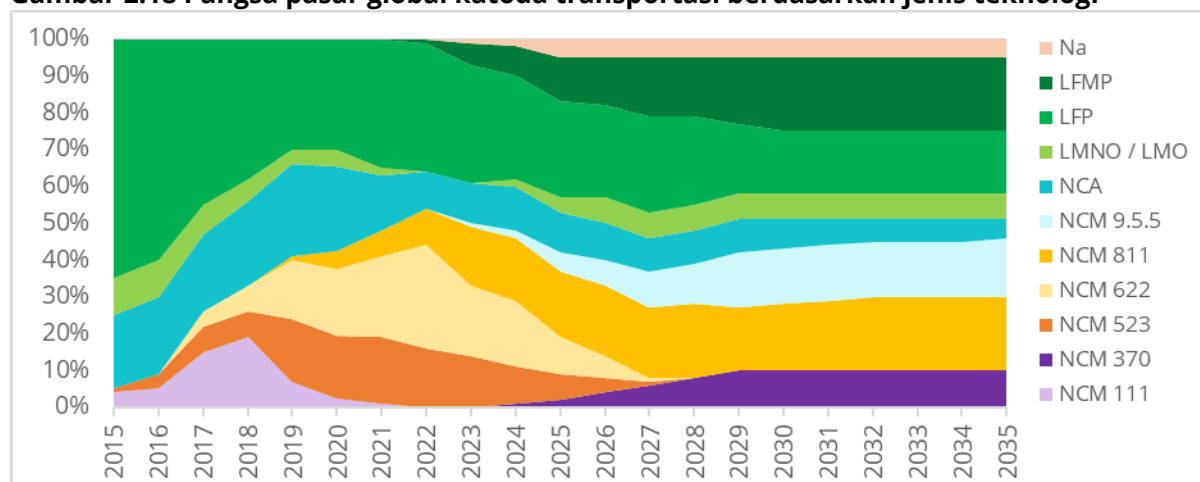
Indonesia akan menambahkan dua proyek dalam dekade berikutnya, yang akan menyumbang 160.000 ton kapasitas. Namun demikian, peran strategis Indonesia dalam pasar nikel serta daya saingnya dalam hal energi/reagen dapat menarik lebih banyak proyek.

2.5.3 Kimia

Seperti yang telah dijelaskan dalam Bagian 0 di atas, baterai lithium-ion berbasis nikel (NMC dan NCA) serta berbasis besi (LFP) adalah jenis kimiawi yang paling umum digunakan dalam ruang katoda. Namun, ketika ditelusuri lebih dalam ke masing-masing subsektor, terdapat beberapa temuan penting yang dapat diperhatikan (Gambar 2.18).

Pertama, dalam sektor Transportasi, terjadi pertumbuhan signifikan dalam kelompok NCM selama dekade terakhir, yang didorong oleh perkembangan pesat NCM 523 dan NCM 622. Sejak 2020, ruang ini menyaksikan pertumbuhan pesat dari NCM 811 dan LFP, yang menawarkan solusi untuk dua jenis aplikasi kendaraan listrik (EV) yang berbeda: NCM 811 untuk EV premium dengan performa tinggi, sementara LFP memberikan alternatif yang lebih terjangkau tetapi lebih aman bagi kepemilikan EV. Sejak 2022, pasar telah melihat pengenalan dua jenis kimiawi yang lebih baik untuk masing-masing tipe EV; di satu sisi, NCM 9.5.5 dengan kandungan nikel tinggi, sementara di sisi lain LFMP. Tren ini dapat dilihat dalam gambar berikut:

Gambar 2.18 Pangsa pasar global katoda transportasi berdasarkan jenis teknologi

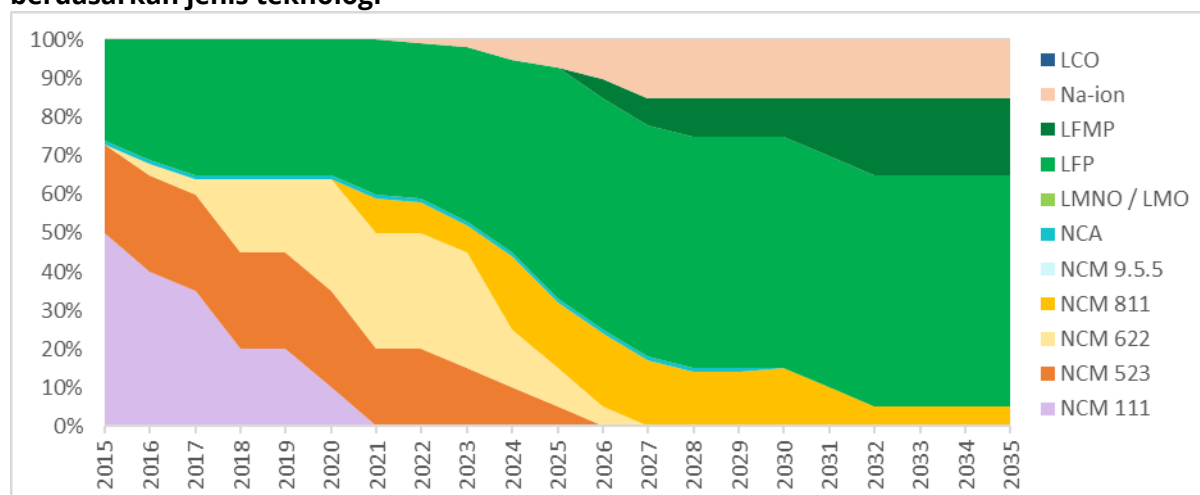


Sumber: SC Insights

Tren ini menunjukkan prospek yang optimis bagi Indonesia, karena pangsa pasar NCM9.5.5 dan NCM811, yang keduanya memiliki intensitas nikel tinggi, diperkirakan akan meningkat dalam dekade mendatang.

Kedua, sektor Penyimpanan Energi telah mengalami perubahan signifikan selama dekade ini. Sebelum 2020, kimiawi NCM mendominasi pasar, dengan NCM523 menjadi pilihan utama. Meskipun NCM 622 mengalami pertumbuhan pesat antara 2018 dan 2021, pada akhirnya LFP yang muncul sebagai opsi utama untuk ESS. Saat ini, terdapat optimisme besar mengenai dominasi berkelanjutan LFP, dengan ekspektasi bahwa LFMP akan memasuki pasar pada 2025 (Gambar 2.19). Dalam ruang ESS, kepadatan energi bukanlah prioritas utama, karena gudang penyimpanan yang besar memberikan ruang yang cukup bagi teknologi ini. Akibatnya, teknologi yang kompetitif seperti LFP dan LFMP sangat cocok untuk penggunaan ini.

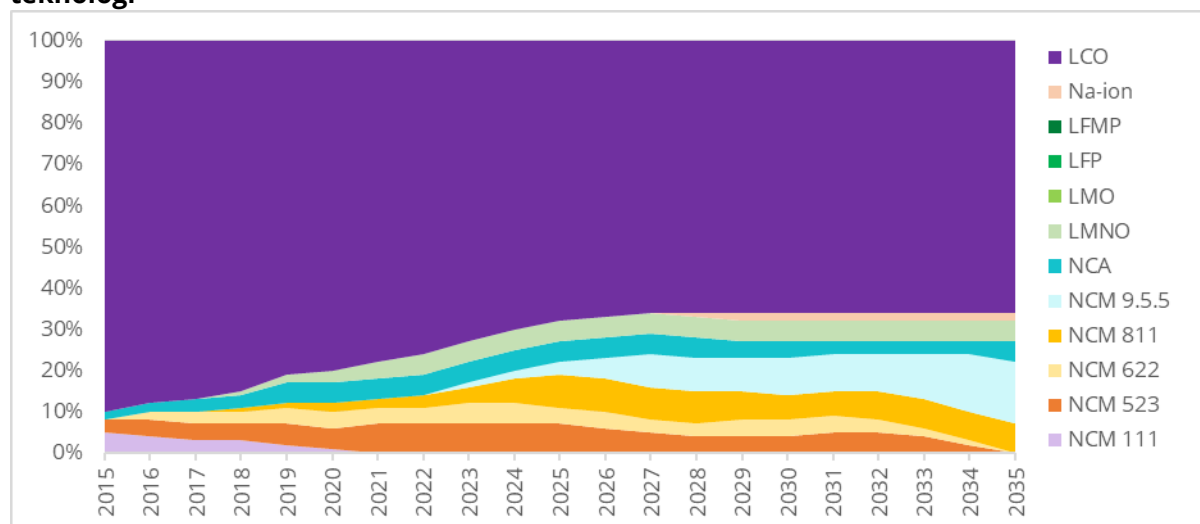
Gambar 2.19 Pangsa pasar global katoda untuk Sistem Penyimpanan Energi (ESS) berdasarkan jenis teknologi



Sumber: SC Insights

Terakhir, dalam sektor Perangkat Portabel, terdapat dominasi historis LCO sebagai kimiawi yang paling disukai (Gambar 2.20). Namun, pertumbuhan bertahap dari Power Tools yang menggunakan NCM sebagian mengubah tren tersebut. Saat ini, lebih dari 20% perangkat portabel menggunakan katoda NCM, dengan beberapa perangkat bahkan menggunakan LMNO. Tren ini disebabkan oleh peningkatan penjualan perangkat Komputasi, yang biasanya mengandalkan katoda berbasis nikel kobalt mangan oksida:

Gambar 2.20 Pangsa pasar global katoda untuk perangkat portabel berdasarkan jenis teknologi



Sumber: SC Insights

2.5.4 Kode HS

Untuk CAM, kode yang digunakan dalam statistik perdagangan adalah sebagai berikut (Tabel 2.34):

Tabel 2.34 Kode HS Material Aktif Katoda

Sumber	Kode	Deskripsi	Rantai pasokan LIB	Produk akhir	Catatan
HS	74031100	Katoda dan bagian dari katoda	CAM	Ya	Bisa termasuk katoda tembaga
HS	382499	Bahan aktif katoda PNC-PO 1	CAM	-	-
HS	8507.90.8000	Bahan katoda baterai	CAM	-	-
HS	28259090	Lithium cobalt oxide	PCAM	Tidak	Senyawa atau garam LCO
HS	2825.90.9000	Nikel kobalt mangan hidroksida	PCAM/CAM	Keduanya	Garam, basa, oksida, hidroksida, dan peroksida NCM
HS	38249090	Lithium iron phosphate	PCAM/CAM	Keduanya	LFP
HS	750110 / 750120	Pengantara nickel-cobalt	PCAM	Tidak	

2.6 Anoda

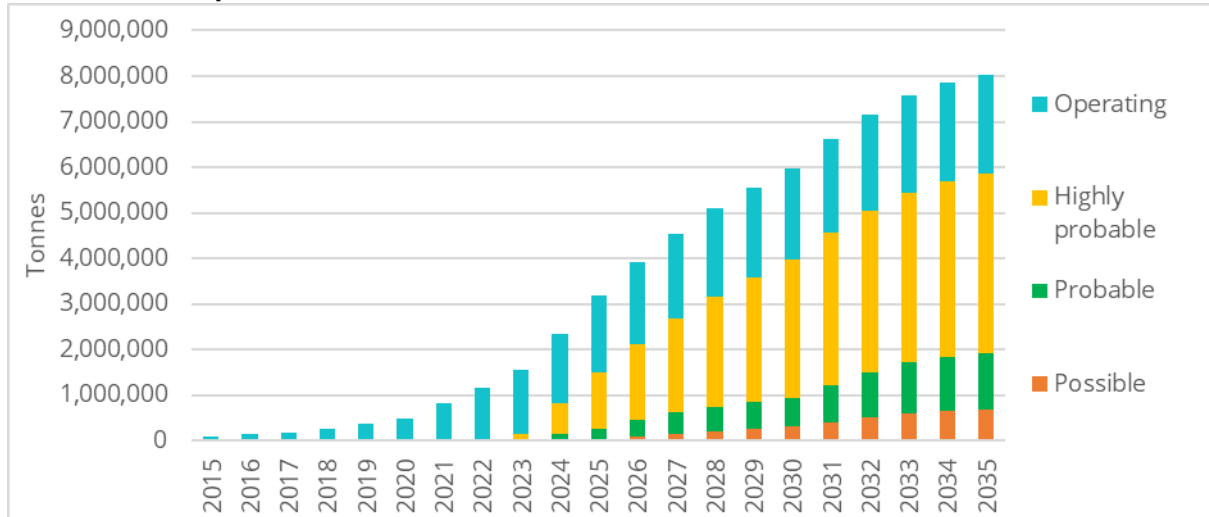
Bahan aktif anoda sebagian besar terdiri dari grafit, dengan kapasitas produksi global untuk bahan-bahan ini yang terkonsentrasi di Tiongkok. Dua jenis utama grafit yang digunakan dalam sel LIB adalah grafit alami dan grafit sintetis. Unsur ini memiliki konduktivitas tinggi, sehingga sangat cocok untuk kapasitas besar serta efisiensi pengisian dan pengosongan daya.

2.6.1 Kapasitas dan Pertumbuhan

Pada tahun 2023, kapasitas total anoda mencapai 1.550.000 ton, dengan kemungkinan meningkat dua kali lipat pada tahun 2028 (Gambar 2.21). Terkait dengan kapasitas yang

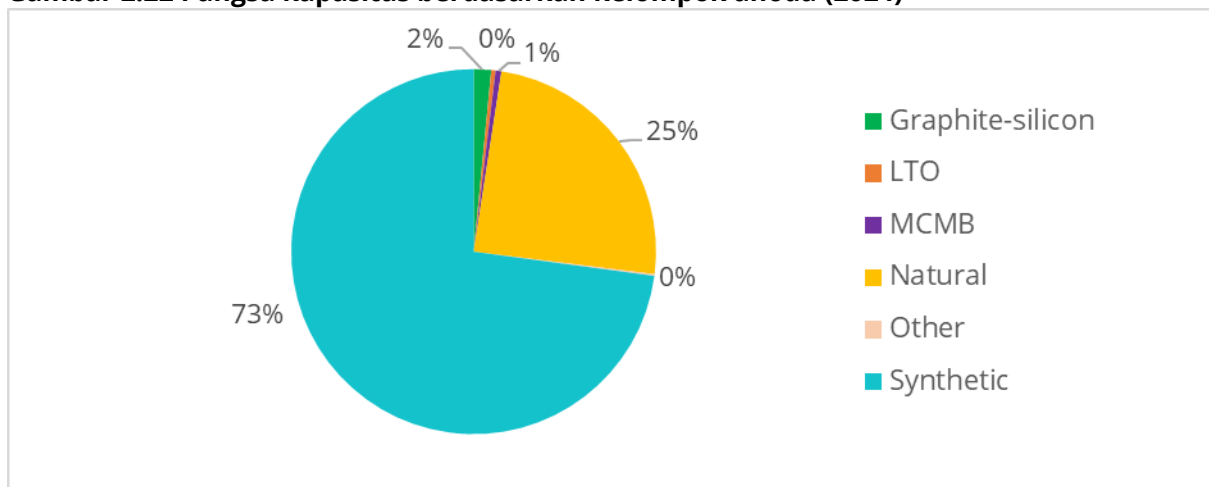
telah terpasang, pertumbuhan ini sejalan dengan permintaan sel baterai, yang juga meningkat dua kali lipat setiap lima tahun. Sebagian besar kapasitas produksi digunakan untuk menghasilkan grafit sintesis, yang mencakup hampir 75% dari total produksi global, meskipun biayanya lebih tinggi dibandingkan dengan grafit serpihan alami (Gambar 2.22). Dalam dekade mendatang, kapasitas operasional dan fasilitas produksi anoda diperkirakan akan meningkat hingga lima kali lipat dari kapasitas tahun 2023.

Gambar 2.21 Kapasitas anoda berdasarkan status



Sumber: SC Insights

Gambar 2.22 Pangsa kapasitas berdasarkan kelompok anoda (2024)

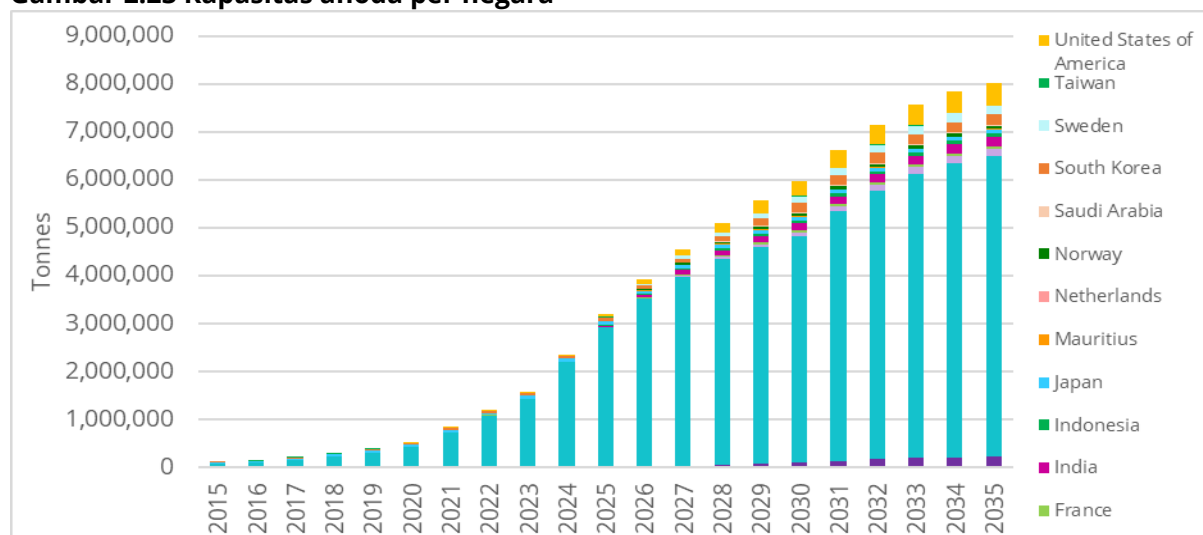


Sumber: SC Insights

2.6.2 Geografi

Gambar 2.23 menunjukkan tren perkiraan kapasitas anoda hingga 2035. Sebagian besar kapasitas anoda saat ini berada di Tiongkok dan akan tetap demikian di masa mendatang. Menjelang akhir dekade ini, ada beberapa upaya untuk menambah kapasitas baru di luar Tiongkok, terutama di Amerika Serikat, Eropa, India, dan Indonesia. Secara keseluruhan, tambahan kapasitas dari luar Tiongkok tidak akan melebihi satu juta ton, yang hanya mewakili sekitar 20% dari total kapasitas anoda global. Kesimpulannya, setidaknya dalam dekade mendatang, industri ini akan tetap bergantung pada Tiongkok untuk pasokan anoda.

Gambar 2.23 Kapasitas anoda per negara

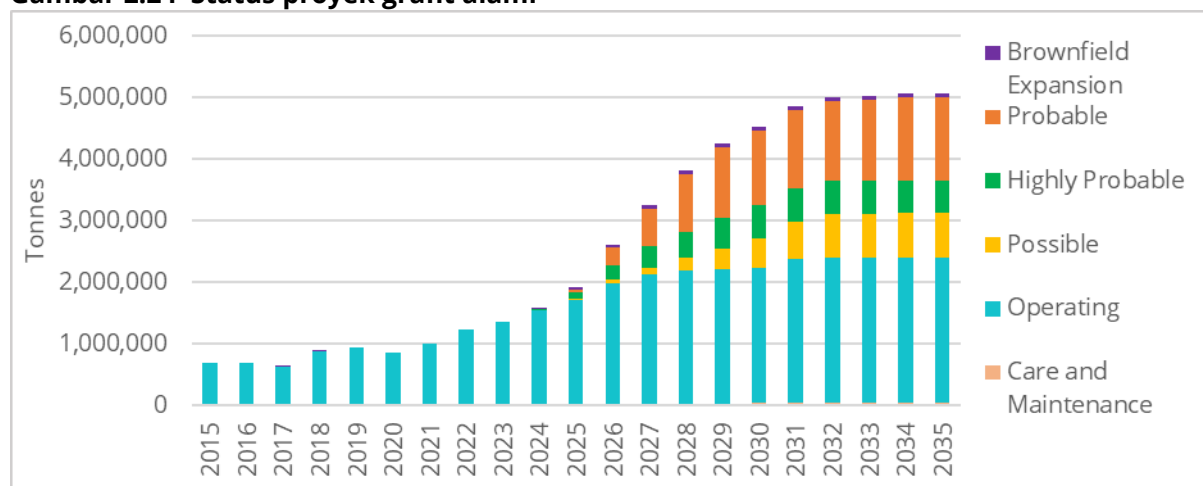


Sumber: SC Insights

2.6.3 Kimia

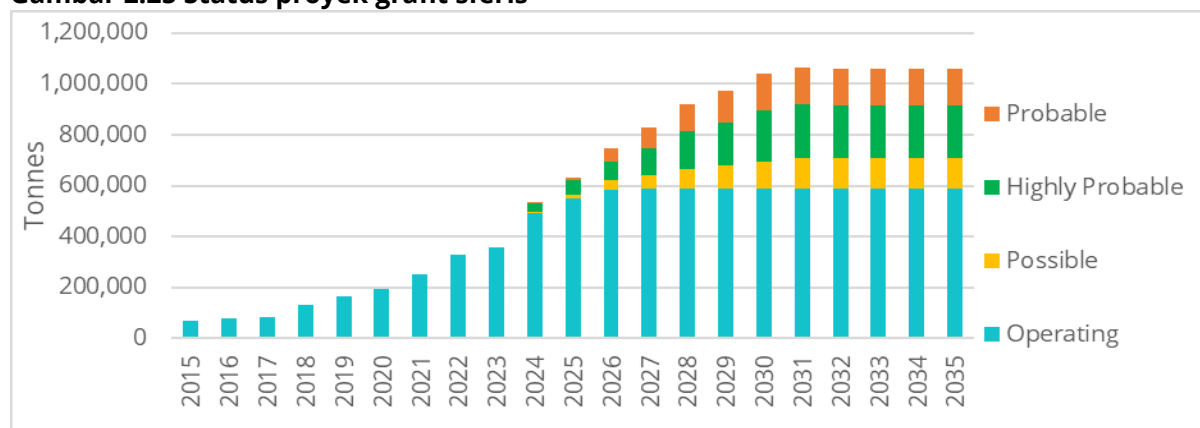
Grafit sferis adalah komponen kunci dalam sel LIB, di mana ia digunakan sebagai anoda. Bentuk grafit ini juga dikenal sebagai grafit kelas baterai. Selain itu, grafit alami juga memiliki peran penting dalam produksi anoda, karena menyumbang hampir 25% dari bahan baku. Kedua elemen ini diperkirakan akan mengalami peningkatan tiga kali lipat antara tahun 2023 dan 2035, seperti yang digambarkan dalam Gambar 2.24 dan Gambar 2.25.

Gambar 2.24 Status proyek grafit alami



Sumber: SC Insights

Gambar 2.25 Status proyek grafit sferis



Sumber: SC Insights

2.6.4 Kode HS

Untuk anoda, kode statistik perdagangan yang digunakan tercantum di bawah (Tabel 2.35):

Tabel 2.35 Kode HS terkait anoda

Sumber	Kode	Deskripsi	Pasokan rantai LIB	Produk akhir	Catatan
HS	250410	Grafit alami	Bahan baku anoda	Keduanya	Bubuk atau serpihan
HS	25041010	Grafit alami	Anoda	Ya	Bubuk atau serpihan, kristalin
HS	25041020	Grafit alami	Anoda		Amorf
HS	25041090	Grafit alami	Anoda	Keduanya	Diklasifikasikan sebagai lainnya
HS	25041091	Grafit alami	Anoda	Ya	Sferis
HS	25049010	Grafit alami (Selain bubuk atau serpihan)	Anoda	Ya	Mikronisasi
HS	25049090	Grafit alami (Selain bubuk atau serpihan)	Anoda	Keduanya	Diklasifikasikan sebagai lainnya
HS	380110	Grafit buatan	Anoda	Ya	Pelat, batang, bubuk, dan bentuk lainnya
HS	38012000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Grafit koloid atau semi-koloid
HS	38013000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Pasta karbon
HS	38019000	Grafit buatan	Terkait	Tidak	Lainnya

2.7 Manufaktur Sel LIB

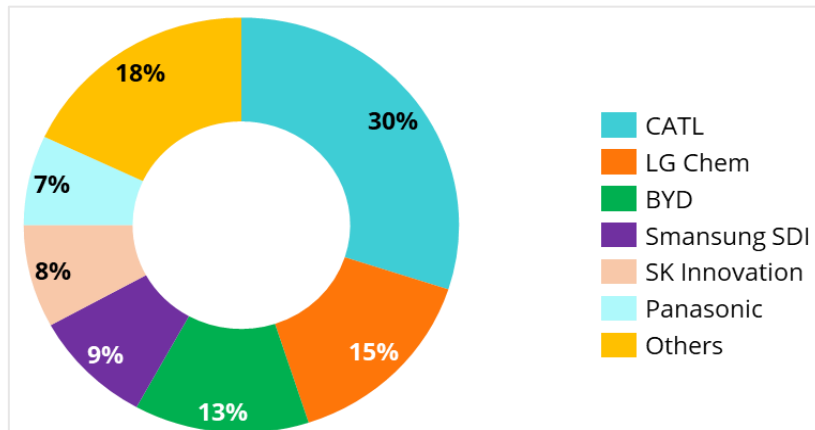
Manufaktur sel baterai lithium-ion (LIB) telah menjadi salah satu unit analisis dan perdagangan paling penting dalam rantai pasokan LIB. Selain itu, manufaktur sel LIB telah menjadi topik perdebatan di kalangan para ahli, terutama terkait keamanan pasokan dan pengembangan rantai pasokan baru di negara-negara Barat.

2.7.1 Kapasitas

Dalam lima tahun terakhir, ruang manufaktur sel LIB telah menjadi semakin terkonsolidasi, dengan peningkatan kapasitas yang luar biasa dari Contemporary Amperex Technology Co. (CATL). Perusahaan ini berhasil melampaui Panasonic, SDI, dan LG Chem dalam dekade terakhir dalam hal kapasitas produksi. Saat ini, CATL menguasai 30% dari

total kapasitas LIB global (Gambar 2.26 dan Tabel 2.28), tidak hanya memproduksi untuk pasar domestik tetapi juga mendukung penjualan kendaraan listrik (EV) di negara-negara Barat.

Gambar 2.26 LIB Kapasitas manufaktur sel LIB per produsen



Sumber: SC Insights

Tabel 2.36 Kapasitas manufaktur sel LIB per perusahaan

Rank	Company	Origin	2023 Capacity (incl expansions)	Share (%)	Presence
1	CATL	China	552 GWh	30%	Global
2	LG Chem	South Korea	172 GWh	15%	Global
3	BYD	China	148 GWh	13%	Global
4	Samsung SDI	South Korea	109 GWh	9%	Global
5	SK Innovation	South Korea	92 GWh	8%	Global
6	Panasonic	Japan	80 GWh	7%	Global

Sumber: SC Insights

Menyelami Strategi CATL, jumlah pabrik operasional yang besar serta kapasitas produksi terlihat signifikan. Semua pabrik yang dioperasikan didedikasikan untuk produksi baterai kendaraan listrik (EV) dengan menggunakan format prismatic. Dalam hal kimia baterai, CATL tidak hanya berfokus pada produksi LFP, tetapi juga memiliki pangsa produksi besar untuk NCM. Pabrik terbesar mereka, Funding, memproduksi NCM 622. CATL saat ini tengah mengembangkan EV Battery Industrial Chain Project dengan investasi hampir USD \$6 miliar untuk memimpin pengembangan teknologi baterai dengan NCM berkadar nikel tinggi serta memastikan daya saing biaya NCM dibandingkan dengan LFP. Selain itu, CATL juga memperluas operasinya ke luar negeri dengan pabriknya di Erfurt, Jerman, yang telah sepenuhnya beroperasi, serta proyek baru yang sedang dibangun di Debrecen, Hungaria. Di bawah ini, Tabel 2.37 menunjukkan 15 pabrik terbesar yang dioperasikan langsung oleh CATL:

Tabel 2.37 Largest plants around the world

Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Produksi 2023
1	CATL, Fuding	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	30 GWh
2	CATL/SAIC, Liyang	Tiongkok	Prismatic	LFP	25 GWh
3	CATL, Liyang	Tiongkok	Prismatic	LFP	21 GWh
4	CATL, Hudong	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	15 GWh
5	CATL/FAW Ningde	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	9 GWh
6	CATL, Yibin	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	8 GWh

Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Produksi 2023
7	CATL/Dongfeng	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	7,5 GWh
8	CATL, Germany	Jerman	Prismatic	NCM 622	7.4 GWh
9	CATL, Cheliwan	Tiongkok	Prismatic	NCA	6.8 GWh
10	CATL, Xining	Tiongkok	Prismatic	LFP	5 GWh
11	CATL, Zhaoqing	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	5 GWh
12	CATL, Guiyang	Tiongkok	Prismatic	LFP	4,5 GWh
13	CATL/GAC Guangzhou	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	2,1 GWh
14	CATL/Geely, Yibin	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	2 GWh
15	CATL Na-ion	Tiongkok	Prismatic	Na	2 GWh

Sumber: SC Insights

Sebagai pesaing utama CATL dan produsen sel baterai terbesar kedua di dunia, LG Chem sedang mengembangkan strategi ekspansi dengan menargetkan lokasi di luar Korea Selatan. Saat ini, proyek terbesar mereka berada di Wroclaw, Polandia, dengan tambahan dua proyek strategis di Amerika Serikat. Strategi global LG Chem sangat relevan dalam konteks rantai pasokan baterai, terutama bagi Indonesia yang sedang mengembangkan kapasitas produksi Cathode Active Material (CAM). Selain itu, penting untuk dicatat bahwa mayoritas pabrik LG Chem didedikasikan untuk produksi baterai kendaraan listrik (EV). Hanya tiga pabrik yang tidak berfokus pada EV, yaitu pabrik yang memproduksi NCM532 dan LCO, yang ditujukan khusus untuk perangkat elektronik portabel.

Tabel 2.38 Pabrik LIB LG Chem

Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Produksi 2023
1	LG Chem Wroclaw Energy	Polandia	Pouch	NCM 622	35 GWh
2	LG Chem Michigan	AS	Pouch	NCM 622	12 GWh
3	LG Chem Korea	Korea Selatan	Pouch	NCM 622	10 GWh
4	LG Chem/Geely	Tiongkok	Pouch	NCM 622	3,5 GWh
5	LG Chem Korea	Korea Selatan	Cylindrical *	NCM 532	3,5 GWh
6	LG Chem/GM, Lordstown	AS	Pouch	NCM 811	1,3 GWh
7	LG Chem Korea	Korea Selatan	Pouch *	LCO	0,6 GWh
8	LG Chem Korea	Korea Selatan	Prismatic *	LCO	0,3 GWh

Sumber: SC Insights

Dan akhirnya, pemain terbesar ketiga secara global; Build Your Dreams yang juga dikenal sebagai BYD. Perusahaan ini memiliki strategi yang berbeda dibandingkan dengan CATL dan LG Chem, di mana sebagian besar kapasitas produksinya ditempatkan di Tiongkok dengan kapasitas menengah hingga rendah. Dari segi kimia, perusahaan telah melakukan diversifikasi dengan memproduksi baterai untuk EV, ESS, dan perangkat portabel, dengan pangsa yang signifikan pada baterai LFP. Di bawah ini, Tabel 2.39 menunjukkan 16 pabrik terbesar yang dioperasikan langsung oleh BYD:

Tabel 2.39 Pabrik produksi terbesar BYD

Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Produksi 2023
1	BYD Changsha	Tiongkok	Prismatic	NCM 532	15 GWh

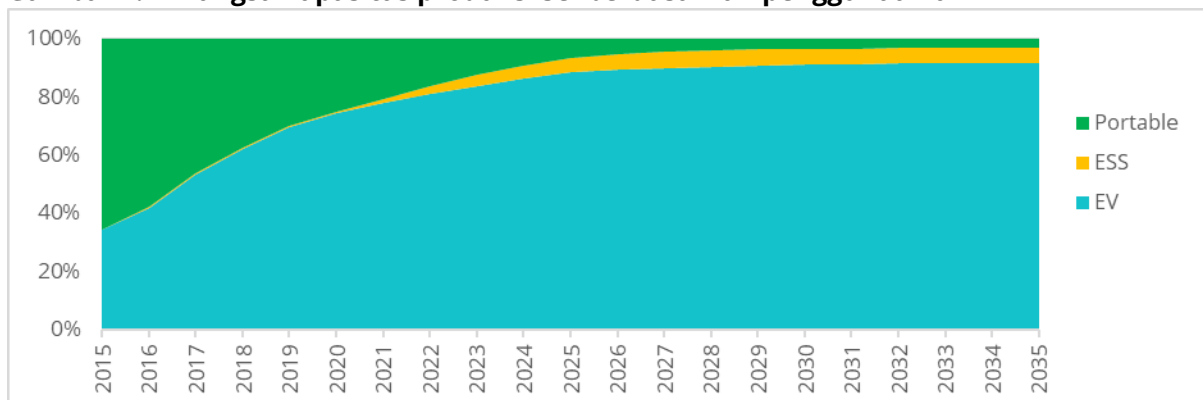
Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Produksi 2023
2	BYD, Qinghai	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	12 GWh
3	BYD, Chongqing	Tiongkok	Lainnya	LFP	12 GWh
4	BYD Xi'an	Tiongkok	Prismatic	NCM 622	12 GWh
5	BYD, Shenzhen (Kengzi)	Tiongkok	Prismatic	LFP	10,5 GWh
6	BYD, Yancheng	Tiongkok	Lainnya	LFP	9 GWh
7	BYD/Changan JV	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	7 GWh
8	BYD Changchun	Tiongkok	Lainnya	LFP	7 GWh
9	BYD, Guiyang	Tiongkok	Lainnya	LFP	6 GWh
10	BYD, Zengcheng	Tiongkok	Pouch	NCM 811	5 GWh
11	BYD, Shengzhou	Tiongkok	Lainnya	LFP	4 GWh
12	BYD, Huizhou	Tiongkok	Pouch	LFP	3,5 GWh
13	BYD Xiangyang	Tiongkok	Prismatic	NCM 811	1,9 GWh
14	BYD Chuzhou	Tiongkok	Lainnya	LFP	1,5 GWh
15	BYD, Shenzhen (Kengzi)	Tiongkok	Pouch	LCO	1,4 GWh
16	BYD Bengbu	Tiongkok	Lainnya	LFP	1 GWh

Sumber: SC Insights

2.7.2 Geografi

Selama 10 tahun terakhir, pertumbuhan sektor EV telah luar biasa, baik dari segi tingkat pertumbuhan maupun volume. Dimulai dengan 440.000 unit EV yang terjual pada tahun 2015, kini jumlahnya telah melampaui 10 juta unit. Penjualan BEV dan PHEV mencapai 14,1 juta unit, sementara untuk tahun 2024 diperkirakan akan mencapai 18 juta unit, setara dengan penetrasi global sebesar 20%. Angka-angka ini sangat luar biasa; namun, hal ini juga memberikan tekanan besar pada pelanggan ESS dalam mengamankan sel baterai, karena mereka harus bersaing dengan OEM kendaraan listrik untuk mendapatkan pasokan sel yang cukup. Perkembangan dan pangsa pasar kendaraan listrik dapat dilihat pada Gambar 2.27.

Gambar 2.27 Pangsa kapasitas produksi sel berdasarkan penggunaan akhir



Sumber: SC Insights

Selain itu, diskusi mengenai jenis desain baterai yang paling sesuai untuk kendaraan listrik semakin relevan. Format silinder yang sebelumnya populer selama dekade terakhir mulai digantikan oleh format pouch dan prismatic (Gambar 2.28). Format prismatic memiliki beberapa keunggulan, seperti efisiensi ruang, manajemen termal yang lebih baik, peningkatan keamanan, serta kemudahan integrasi. Karena sel prismatic berukuran

lebih besar dibandingkan sel silinder, jumlah sel yang diperlukan untuk mencapai tingkat energi yang sama menjadi lebih sedikit. Hal ini mengurangi jumlah koneksi yang dibutuhkan, sehingga menurunkan kemungkinan cacat produksi dalam proses manufaktur.

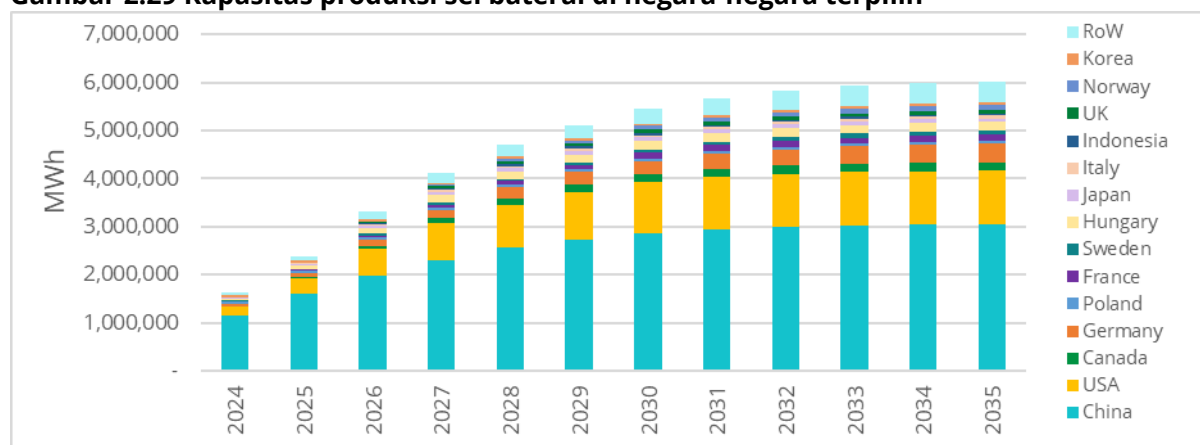
Gambar 2.28 Pangsa kapasitas produksi sel berdasarkan jenis sel



Sumber: SC Insights

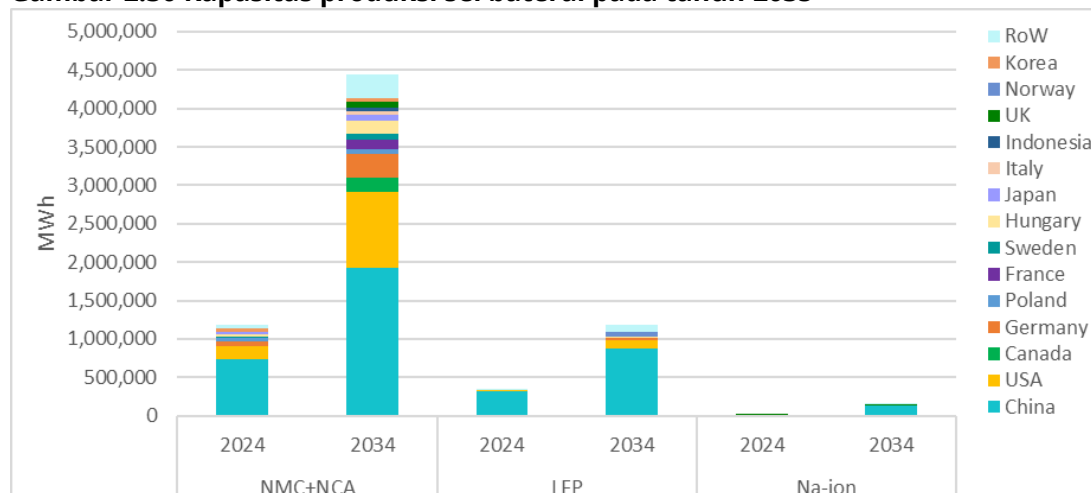
Namun demikian, dominasi Tiongkok saat ini jelas menjadikan negara ini sebagai pilar utama dalam rantai pasokan global (Gambar 2.29). Saat ini, Tiongkok tidak hanya memenuhi kebutuhan domestik untuk sel baterai, tetapi juga mengirimkan unit ke pasar Barat. Jejak manufaktur sel baterai asal Tiongkok juga dapat ditemukan di berbagai wilayah lain, di mana mereka menerapkan keahlian luas mereka dalam produksi sel NCM secara global (Gambar 2.30). Namun, dalam sepuluh tahun ke depan, lanskap industri sel baterai akan menyaksikan perkembangan proyek-proyek di luar Tiongkok, yang secara bertahap akan mengurangi dominasinya pada pertengahan 2030-an. Ada potensi besar untuk mengembangkan proyek sel baterai dan katoda di luar pasar Asia tradisional, seperti Eropa dan Amerika Serikat. Bahkan, pasar baru dengan pangsa pasar kendaraan listrik yang besar seperti Uni Eropa dan AS telah menarik minat perusahaan-perusahaan utama Asia (terutama dari Tiongkok, Korea, dan Jepang) untuk berinvestasi secara strategis. Gambar 2.31 menunjukkan asal investasi (Amerika Utara, Eropa, dan Asia) untuk empat kuadran berbeda dalam rantai pasokan LIB global, yaitu: i) Investasi di sektor CAM Amerika Utara, ii) Investasi di sektor sel LIB Amerika Utara, iii) Investasi di sektor CAM Eropa, dan iv) Investasi di sektor sel LIB Eropa. Semua jumlah diukur dalam MWh yang diinvestasikan.

Gambar 2.29 Kapasitas produksi sel baterai di negara-negara terpilih



Sumber: SC Insights

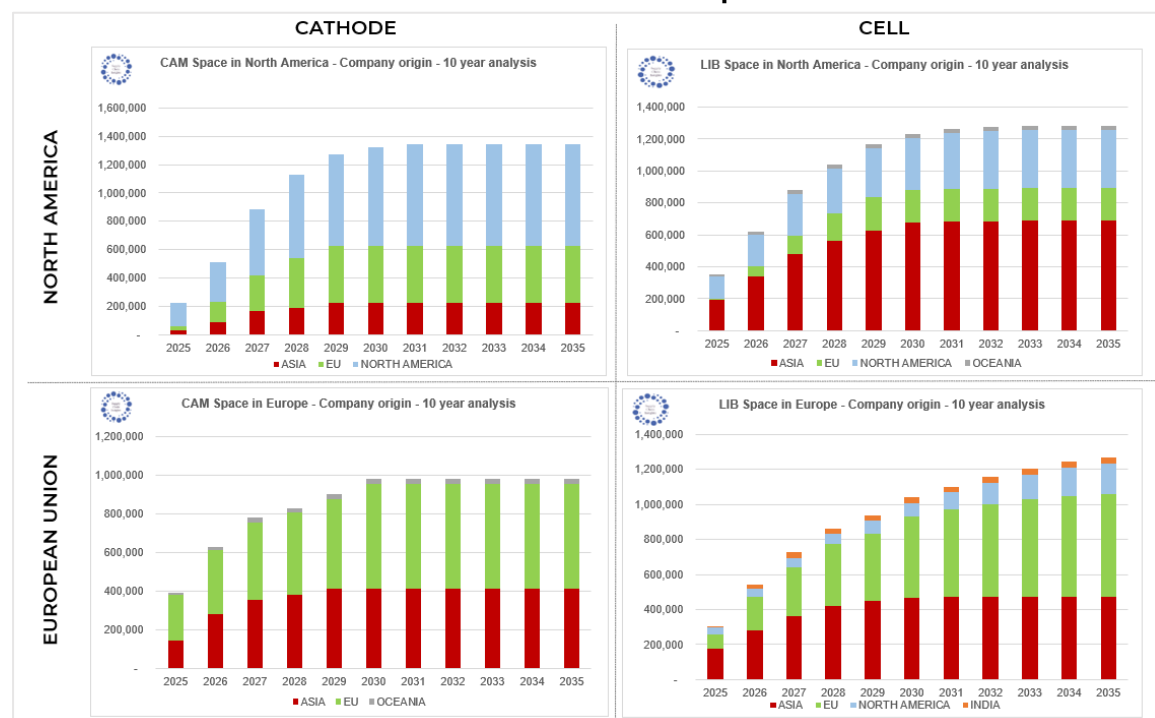
Gambar 2.30 Kapasitas produksi sel baterai pada tahun 2035



Sumber:

SC Insights

Gambar 2.31 Asal investasi sel CAM/LIB untuk Uni Eropa dan AS



Sumber: SC Insights

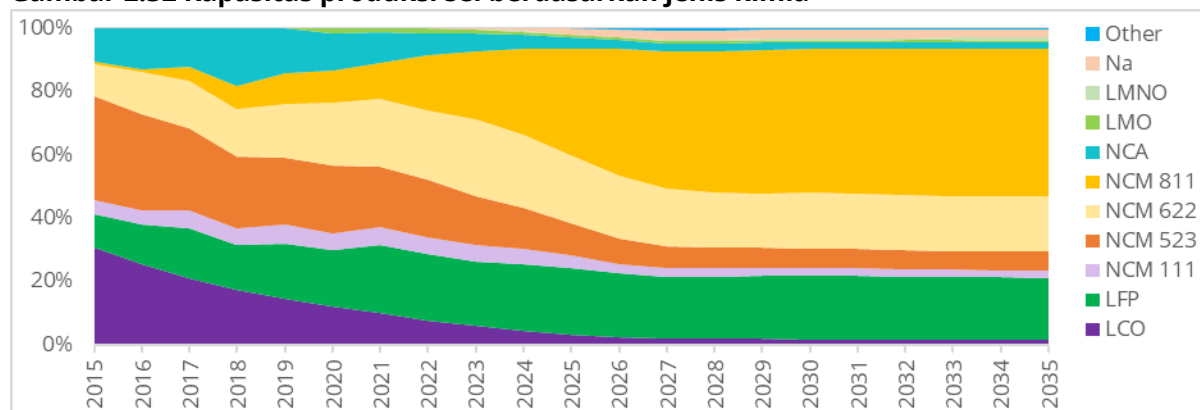
2.7.3 Kimia

Kapasitas sel mengikuti arahan dari OEM secara global dan memiliki hubungan langsung dengan strategi/target yang ditetapkan oleh korporasi-korporasi ini. Sebelum pandemi, ada kesepakatan mengenai keseimbangan pasar di antara berbagai jenis kimia. Tampaknya masuk akal bagi sektor ini bahwa semua jenis kimia akan berdampingan. Namun, teori tersebut kini perlu direvisi, karena pasar semakin berfokus pada produksi tiga jenis kimia utama: NCM811, NCM622, dan LFP. Baterai NMC memiliki pangsa pasar 60%⁵¹ di pasar EV, khususnya varian NCM811 yang memberikan keseimbangan antara biaya, keamanan, dan kapasitas, menjadikannya pilihan populer dalam segmen EV. Lithium iron phosphate (LFP) tidak hanya menjadi alternatif yang baik untuk

⁵¹ IEA (2023), *Global EV Outlook 2023*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, Licence: CC BY 4.0

mengendalikan biaya kendaraan listrik, tetapi juga merupakan alternatif teknologi yang layak untuk ESS. Selain itu, sangat mencolok bagaimana banyak pemain Tiongkok menguasai produksi NCM811, yang menjelaskan mengapa kapasitas produksi sel global lebih condong ke kimia berkadar nikel tinggi. Hal ini juga menjelaskan mengapa ada begitu banyak minat dari pemain Tiongkok untuk menjaga margin penambangan/pengolahan litium dan nikel tetap terkendali. Tren tersebut disajikan dalam gambar berikut:

Gambar 2.32 Kapasitas produksi sel berdasarkan jenis kimia



Sumber: SC Insights

Dominasi produksi baterai Tiongkok tidak hanya terbatas pada LFP, tetapi juga mulai meluas ke NCM. Namun, untuk mengimbangi hal tersebut, beberapa wilayah telah menyadari pentingnya mengembangkan rantai pasokan LIB mereka sendiri, seperti yang terjadi di AS. Melalui implementasi Inflation Reduction Act (IRA) dan strategi beberapa pemain Korea (termasuk LG Chem dan SK Innovation), respons AS adalah mempercepat pembangunan gigafactory, terutama untuk mendukung penyebaran EV. Pada tahun 2028, sepuluh pabrik manufaktur sel terbesar di AS akan sebagai berikut:

Tabel 2.40 Sepuluh pabrik manufaktur sel terbesar yang diproyeksikan pada 2028

Peringkat	Pabrik	Negara	LIB	Kimia	Kapasitas 2028
1	Tesla Gigafactory 5	AS	Cylindrical	NCM 811	95 GWh
2	Tesla Gigafactory 1 - US expansion	AS	Cylindrical	NCM 811	85 GWh
3	Statevolt, imperial Valley	AS	Prismatic	NCM 811	46 GWh
4	Tesla Gigafactory 1	AS	Cylindrical	NCA	35 GWh
5	LG/Honda Fayette	AS	Pouch	NCM 811	34 GWh
6	Tesla Megapack factory	AS	Cylindrical	NCM 811	34 GWh
7	Gotion, Manteno	AS	Prismatic	NCM 811	34 GWh
8	LG Chem, Arizona	AS	Cylindrical	NCM 811	31 GWh
9	SK / HMG Bartow	AS	Pouch	NCM 811	30 GWh
10	LG Hyundai Savannah	AS	Pouch	NCM 811	30 GWh

2.7.4 Kode HS

Untuk sel lithium-ion, kode untuk statistik perdagangan adalah seperti berikut (Tabel 2.41):

Tabel 2.41 Kode sistem harmonisasi untuk sel lithium-ion

Sumber	Kode	Deskripsi	Pasokan rantai LIB	Akhir produk	Catatan
HS	85076000	Baterai lithium sekunder	LIB	Ya	-
HS	8507600010	Baterai lithium sekunder	LIB	Ya	Baterai lithium-ion yang digunakan sebagai sumber daya utama untuk kendaraan listrik
HS	8507600010	Baterai lithium sekunder	LIB	Ya	Baterai lithium-ion lainnya
HS	8506	Sel primer dan baterai primer	Terkait	Ya	-
HS	85065000	Sel primer dan baterai primer	Terkait	Ya	Sel dan baterai lithium primer
HS	8506509090	Sel primer dan baterai primer	Terkait	Ya	Sel dan baterai lithium primer lainnya
HS	8507	Akumulator listrik, termasuk pemisah	Terkait	Ya	-
HS	85078000	Akumulator listrik, termasuk pemisah	Terkait	Ya	Akumulator lainnya

2.8 Akhir Masa Pakai

Seiring dengan meningkatnya permintaan baterai sekunder, pengelolaan siklus hidupnya secara berkelanjutan menjadi semakin penting. Ketika baterai mencapai akhir masa pakainya (End of Life), pengelolaan yang tepat sebelum pembuangan akhir dapat mengurangi risiko kebocoran elektrolit yang mudah terbakar dan berbahaya ke lingkungan, sekaligus memungkinkan pemulihan material berharga yang terkandung dalam baterai. Pendekatan ini membantu mengatasi ketidakpastian pasokan bahan baku serta fluktuasi harga.

Setelah baterai mencapai akhir masa pakai pertamanya, terdapat beberapa opsi yang dapat dipertimbangkan: i) Repurposing atau penggunaan kembali untuk aplikasi yang membutuhkan daya lebih rendah, ii) Daur ulang scrap, dan iii) Sistem daur ulang baterai End-of-Life. Sistem ini melibatkan pengumpulan baterai yang sudah habis masa pakainya, membongkarnya menjadi komponen inti, dan memprosesnya kembali untuk menghasilkan baterai baru atau produk lainnya.

Daur ulang baterai bekas, beserta perangkat yang mengandungnya, akan membantu mengatasi tantangan yang muncul dalam transisi energi bersih dan mencegah dampak negatif dari pembuangan baterai yang tidak tepat. Baterai EV bekas mengandung mineral berharga yang penting untuk produksi baterai baru, sehingga daur ulang dapat berkontribusi secara signifikan dalam memenuhi permintaan yang terus meningkat.

2.8.1 Penggunaan kembali

Penggunaan kembali baterai mengacu pada praktik mengambil baterai bekas, terutama baterai EV yang telah digunakan, dan menggunakannya kembali untuk aplikasi lain. Ketika kapasitas battery pack turun di bawah 80% dari tingkat nominalnya, baterai tidak lagi dapat berfungsi secara efektif dalam aplikasi kendaraan, yang mengakibatkan penurunan jangkauan. Akibatnya, baterai perlu diganti dengan unit baru untuk

mengembalikan ke level performa yang diharapkan.⁵² Meskipun baterai EV yang telah habis masa pakainya tidak lagi memenuhi standar performa kendaraan listrik, baterai tersebut masih memiliki kapasitas yang cukup untuk digunakan dalam aplikasi dengan kebutuhan daya yang lebih rendah, seperti sistem penyimpanan energi.⁵³ Potensi besar dalam pemanfaatan baterai EV bekas untuk kehidupan kedua telah mendorong perusahaan otomotif besar untuk mengeksplorasi penggunaan kembali baterai dalam berbagai penggunaan.⁵⁴

2.8.2 Daur ulang limbah produksi

Seiring dengan semakin berkembangnya gigafactories dalam menyempurnakan proses manufaktur mereka, pemulihan material berharga dari limbah produksi baterai dapat menjadi alternatif untuk mengurangi kebutuhan ekstraksi bahan baku, terutama karena baterai yang mencapai akhir masa pakainya (end-of-life batteries) membutuhkan waktu sekitar 10 tahun sebelum dapat didaur ulang.

Limbah produksi mencakup produk sampingan dan limbah yang dihasilkan selama proses produksi dan perakitan⁵⁵, serta baterai yang cacat atau ditolak selama tahap kontrol kualitas. Selain itu, bahan baku dapat dipulihkan selama tahap penelitian dan pengembangan serta produksi sel baterai, karena proses pelapisan menjadi salah satu faktor utama penyebab tingginya tingkat penolakan dalam produksi sel baterai saat ini. Daur ulang limbah produksi dapat menjadi sumber utama bahan baku untuk produksi baterai dalam dekade mendatang.

2.8.3 Daur Ulang LIB Akhir Masa Pakai

Daur ulang LIB mencakup berbagai teknik yang digunakan untuk memulihkan sumber daya, seperti logam dan bahan kimia lainnya, dari elektroda baterai.⁵⁶ Saat ini, terdapat dua metode utama dalam daur ulang baterai lithium-ion: (1) pirometalurgi dan (2) hidrometalurgi.⁵⁷

- **Pirometalurgi:** Metode ini melibatkan penggunaan suhu tinggi. Baterai dipanaskan dalam tungku, sehingga meleleh untuk memulihkan material aktif katoda. Saat

⁵² See e.g. M K Al-Alawi, J Cugley and H Hassanin, 'Techno-economic feasibility of retired electric-vehicle batteries repurpose/reuse in second-life applications: A systematic review' 3 *Energy and Climate Change* (2022), 100086.

⁵³ H Rallo, L Canals Casals, D De La Torre, R Reinhard, C Marchante and B Amante, 'Lithium-ion battery 2nd life used as a stationary energy storage system: Ageing and economic analysis in two real cases' 272 *Journal of Cleaner Production* (2020), 122584; H Engel, P Hertzke and G Siccardo, *Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage* (McKinsey and Company 2019), tersedia di <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Second%20life%20EV%20batteries%20The%20newest%20value%20pool%20in%20energy%20storage/Second-life-EV-batteries-The-newest-value-pool-in-energy-storage.ashx>

⁵⁴ Fraunhofer ISI, *Lithium-Ion Battery Roadmap -- Industrialization Perspectives Toward 2030* (December 2023, Fraunhofer ISI), tersedia di https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2023/Fraunhofer-ISI_LIB-Roadmap-2023.pdf, pp. 64-65.

⁵⁵ Lu Yu, Yaocai Bai, Bryant Polzin, Ilias Belharouak, *Unlocking the value of recycling scrap from Li-ion battery manufacturing: Challenges and outlook*, *Journal of Power Sources*, Volume 593, 2024, 233955, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2023.233955>.

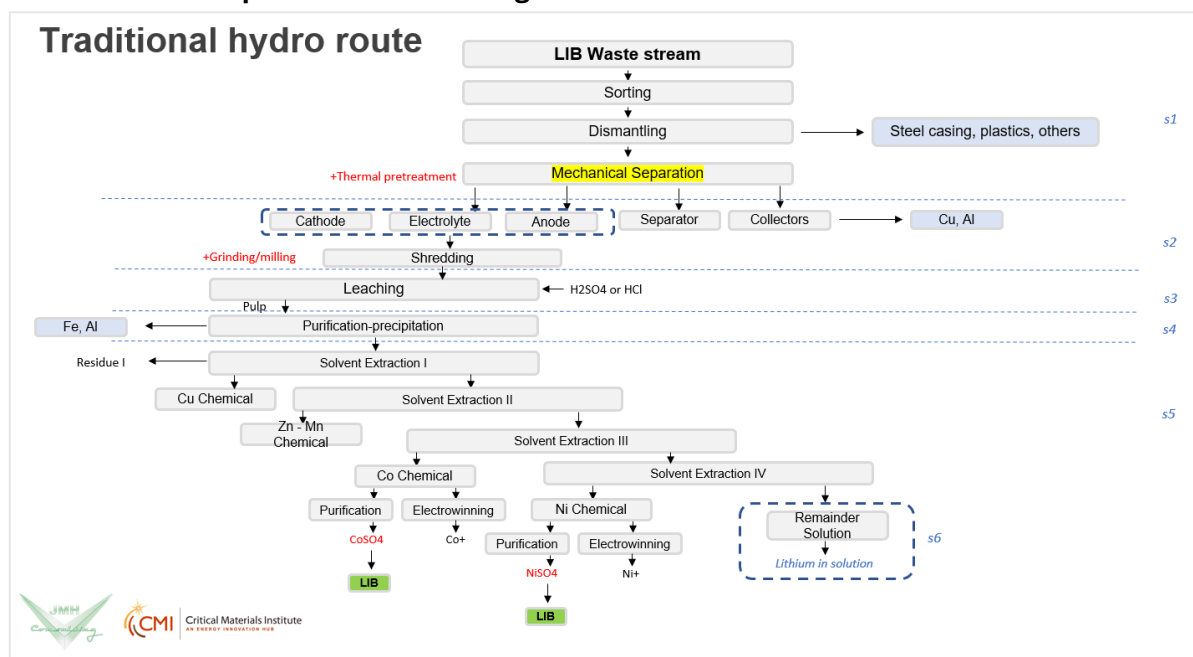
⁵⁶ H Engel, P Hertzke and G Siccardo, *Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage* (McKinsey and Company 2019), tersedia di <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Second%20life%20EV%20batteries%20The%20newest%20value%20pool%20in%20energy%20storage/Second-life-EV-batteries-The-newest-value-pool-in-energy-storage.ashx>

⁵⁷ *Lithium-Ion Battery Recycling*, United States Environmental Protection Agency, tersedia di <https://www.epa.gov/hw/lithium-ion-battery-recycling>

meleleh, berbagai logam di dalamnya, seperti lithium, kobalt, dan nikel, terpisah satu sama lain. Metode ini cukup efektif, tetapi juga membutuhkan banyak energi dan dapat menghasilkan emisi. Perusahaan besar yang menggunakan metode pyrometallurgy meliputi Umicore, Nickelhütte AUE, Nippon Recycle Center Corp, dan Glencore.

- **Hidrometalurgi:** Metode ini mencakup pra-perawatan untuk memulihkan material katoda, diikuti oleh proses leaching serta teknik pengolahan dan pemulihan seperti presipitasi selektif, pertukaran ion, dan ekstraksi pelarut untuk mengekstraksi logam berharga (Gambar 2.33). Metode ini cenderung lebih hemat energi dan lebih ramah lingkungan⁵⁸. Beberapa perusahaan yang menggunakan metode hidrometalurgi termasuk BASF, SungEel HiTech, AVE Green Recycling, dan Neometals⁵⁹. Sebuah diagram alur hidrometalurgi yang khas terlihat seperti ini:

Gambar 2.33 Alur proses hidrometalurgi



Sumber: JMH Consulting, Critical Material Institute (CMI)

Kedua proses tersebut melibatkan pembongkaran baterai menjadi komponennya, dengan akhirnya sel baterai dihancurkan untuk memisahkan berbagai mineral yang dikandungnya. Material-material ini kemudian dikemas ulang dan dijual kembali kepada produsen baterai untuk digunakan dalam pembuatan baterai baru. Banyak dari komponen ini dapat didaur ulang tanpa batas, memungkinkan penggunaan dan pemanfaatan ulang yang berulang.⁶⁰

Selain itu, metode direct recycling menghemat energi dengan mempertahankan struktur katoda yang telah direkayasa secara kompleks, yang merupakan komponen paling berharga dari baterai lithium-ion. Pendekatan ini meminimalkan proses manufaktur yang

⁵⁸ Brian Makuza, Qinghua Tian, Xueyi Guo, Kinnor Chattopadhyay, Dawei Yu, Pyrometallurgical options for recycling spent lithium-ion batteries: A comprehensive review, *Journal of Power Sources*, Volume 491, 2021, 229622, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229622>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775321001671>

⁵⁹ Fraunhofer ISI, Lithium-Ion Battery Roadmap -- Industrialization Perspectives Toward 2030 (December 2023, Fraunhofer ISI), tersedia di "https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2023/Fraunhofer-ISI_LIB-Roadmap-2023.pdf", hal. 64.

⁶⁰ *ibid.*

diperlukan untuk mendaur ulang bahan-bahan tersebut menjadi baterai baru.⁶¹ Namun, direct recycling masih dalam tahap pengembangan.⁶²

Meskipun sebagian besar perusahaan daur ulang baterai beroperasi sebagai perusahaan independen, OEM, produsen baterai, penambang, dan pemroses mulai memasuki pasar ini.⁶³ Perkembangan ini juga didorong oleh kewajiban legislatif, yang menyebabkan perusahaan-perusahaan membentuk usaha patungan. Sebagai contoh, kewajiban Extended Producer Liability dalam Regulasi Baterai Berkelanjutan Uni Eropa mewajibkan produsen baterai untuk bertanggung jawab atas dampak lingkungan dari baterai mereka selama siklus hidupnya.⁶⁴

Meskipun kelangkaan sumber daya dalam jangka panjang tidak diantisipasi, potensi kekurangan pasokan dalam jangka pendek hingga menengah disebabkan oleh kurangnya investasi dalam aktivitas hulu.⁶⁵ Menjembatani kesenjangan antara permintaan dan pasokan dapat memperoleh manfaat dari kebijakan dan kerangka legislatif yang mendukung pengembangan teknologi daur ulang.

Mengingat bahwa baterai EV harus digunakan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan kembali atau didaur ulang, diperlukan waktu hingga rantai pasokan sekunder dapat terbentuk. Selain itu, perlu dicatat bahwa data empiris tentang masa pakai baterai masih relatif terbatas, dan perkembangan di masa depan terkait dengan teknologi Vehicle-to-Grid yang semakin umum dapat mengubah persyaratan siklus hidup baterai.⁶⁶ Demikian pula, penggunaan kembali dalam aplikasi second-life akan menunda proses daur ulang.⁶⁷

Volume baterai bekas yang semakin meningkat meningkatkan daya tarik ekonomi dari proses daur ulang, yang mengarah pada munculnya aktivitas pasar awal dalam sektor ini: baterai lithium-ion konvensional mengandung berbagai mineral berharga, terutama kobalt, nikel, dan lithium, yang membuat proses daur ulang menjadi menarik secara ekonomi. Secara khusus, kobalt dan lithium merupakan mineral paling berharga di antara bahan-bahan tersebut.⁶⁸ Hal ini sangat relevan dalam konteks kimia NMC/NCA.

Di sisi lain, proliferasi baterai LFP menimbulkan tantangan signifikan dalam proses daur ulang baterai, terutama karena profitabilitas yang terbatas dalam pemulihan besi dan fosfor.⁶⁹ Tanpa adanya logam bernilai tinggi seperti nikel dan kobalt, keuntungan ekonomi dari daur ulang baterai LFP jauh lebih rendah dibandingkan dengan metode

⁶¹ *ibid.*

⁶² Fraunhofer ISI, *Lithium-Ion Battery Roadmap -- Industrialization Perspectives Toward 2030* (December 2023, Fraunhofer ISI), tersedia di "https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2023/Fraunhofer-ISI_LIB-Roadmap-2023.pdf", hal. 64.

⁶³ IEA, *Global Supply Chains of EV Batteries* (IEA Publications 2022), hal. 25.

⁶⁴ Article 56 of the Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC, OJ L 191, 28.7.2023, hal. 1-117.

⁶⁵ IRENA, *Geopolitics of the Energy Transition: Critical Materials* (IRENA 2023), hal. 28.

⁶⁶ Fraunhofer ISI, *Lithium-Ion Battery Roadmap -- Industrialization Perspectives Toward 2030* (December 2023, Fraunhofer ISI), tersedia di "https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2023/Fraunhofer-ISI_LIB-Roadmap-2023.pdf", hal. 18.

⁶⁷ *ibid.*, p. 76.

⁶⁸ Fraunhofer ISI, *Lithium-Ion Battery Roadmap -- Industrialization Perspectives Toward 2030* (December 2023, Fraunhofer ISI), tersedia di "https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2023/Fraunhofer-ISI_LIB-Roadmap-2023.pdf", hal. 65.

⁶⁹ 'NMC to LFP transition poses battery recycling challenge' November 29, 2023, Argus, tersedia di "<https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2513976-nmc-to-lfp-transition-poses-battery-recycling-challenge>

daur ulang tradisional, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang kelayakan ekonominya secara keseluruhan.⁷⁰

Peluang baru yang muncul dari daur ulang baterai lithium-ion bekas telah mempercepat pendirian fasilitas daur ulang baterai lithium, terutama di Uni Eropa dan Amerika Utara. Pada tahun 2023, sekitar 40 perusahaan di Kanada dan AS, serta 50 perusahaan di Eropa, telah mendaur ulang baterai lithium atau berencana untuk memulai proses tersebut. Kemitraan yang terbentuk antara produsen otomotif dan perusahaan daur ulang baterai bertujuan untuk menyediakan sumber bahan baku baterai yang andal bagi sektor otomotif.⁷¹

Dengan perkembangan teknologi saat ini, proses daur ulang untuk baterai solid-state masih belum cukup dieksplorasi⁷², namun, publikasi terbaru menunjukkan munculnya peluang baru di bidang ini.⁷³

⁷⁰ IEA, *Global Supply Chains for EV Batteries* (IEA Publications 2022), hal. 13.

⁷¹ U.S. Geological Survey, 'Mineral Commodity Summaries 2024' (U.S. Geological Survey 2024), hal. 110.

⁷² L Azhari, S Bong, X Ma and Y Wang, 'Recycling for All Solid-State Lithium-Ion Batteries' 3 (6) *Matter* (2020), hal. 1845-1861.

⁷³ Y-C Lan, PH Lai, B D Vo and E D Gomez, 'interfacial Layers to Enable Recyclability of All-Solid-State Lithium Batteries', 9 (7) *ACS Energy Letters* (2024).

3 Ketersediaan sumber daya dan kapasitas produksi di Indonesia

Sumber daya mineral Indonesia, khususnya nikel, kobalt, dan mangan, memainkan peran penting dalam industri baterai. Namun, ekstraksi yang cepat dari bahan-bahan ini menimbulkan kekhawatiran mengenai keberlanjutan jangka panjang. Bagian ini akan menjelaskan ketersediaan sumber daya utama tersebut.

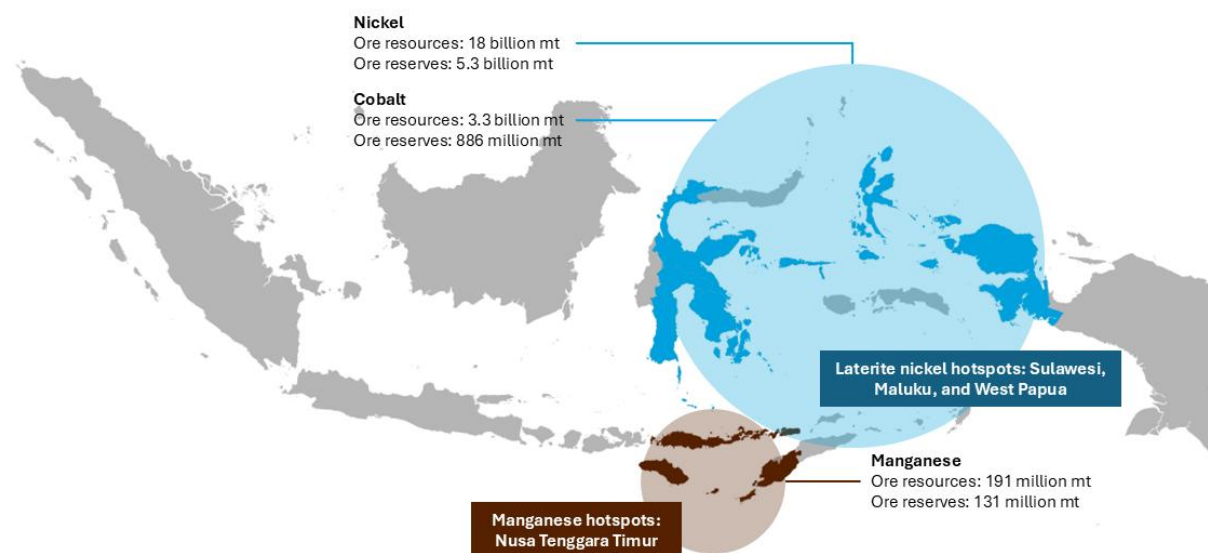
3.1 Ketersediaan sumber daya

Indonesia merupakan rumah bagi salah satu deposit nikel laterit terbesar di dunia⁷⁴, dengan sekitar 20% dari total cadangan nikel global⁷⁵. Berdasarkan data Kementerian ESDM⁷⁶, Indonesia memiliki 18 miliar metrik ton sumber daya nikel dan 5,3 miliar metrik ton cadangan nikel. Daerah dengan potensi nikel terbesar dilaporkan berada di Sulawesi, Maluku Utara, dan Papua. Melalui nikel laterit jenis limonit, Indonesia juga dapat mengekstraksi kobalt. Negara ini memiliki 3,3 miliar metrik ton sumber daya kobalt dan 886 juta metrik ton cadangan kobalt⁷⁶, yang mencakup sekitar 7,2% dari total cadangan kobalt global⁷⁷.

Untuk mangan, Indonesia menyimpan sekitar 3,8% dari cadangan global⁷⁸. Data terbaru dari Kementerian ESDM⁷⁶ menunjukkan bahwa terdapat 191 juta metrik ton sumber daya mangan dan 131 juta metrik ton cadangan mangan. Mangan dilaporkan paling banyak ditemukan di Nusa Tenggara Timur (NTT)⁷⁸.

Gambar 3.1 memberikan gambaran umum mengenai distribusi mineral ini di Indonesia.

Gambar 3.1 Pusat nikel laterit dan mangan di Indonesia



⁷⁴ Marsh, Erin & Anderson, Eric & Gray, Floyd. (2013). *Nickel-Cobalt Laterites—A Deposit Model*.

⁷⁵ Purwanto, N. P. (2024). *Government Policy to Maximize Nickel Potential in Indonesia. Info Singkat A Brief Study of Actual and Strategic Issues Vol. XVI No. 20/II/Pusaka/October/2024*

⁷⁶ [Keputusan Menteri ESDM No. 132.K/GL.01/MEM.G/2024 on Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral dan Batubara Nasional pada Tahun 2023](#)

⁷⁷ [Government of Canada. \(2023\). Cobalt facts.](#)

⁷⁸ [Kementerian ESDM. \(2021\). Peluang Investasi Mangan di Indonesia](#)

3.1.1 Nikel laterit

Bijih nikel Indonesia terdiri dari dua jenis utama: saprolit (kaya akan besi, mengandung 1,5 - 3,0% Ni) dan limonit (mengandung 0,8 - 1,5% Ni dan 0,1 - 0,2% Co)⁷⁹. Bijih saprolit yang kaya besi digunakan untuk memproduksi ferronikel (FeNi), nikel pig iron (NPI), dan nikel matte, yang sebagian besar memasok industri baja dan mencakup 70% dari permintaan nikel di Indonesia⁸⁰. Sementara itu, bijih limonit yang mengandung kobalt digunakan untuk memasok industri baterai melalui produk seperti mixed hydro precipitate (MHP), nikel sulfat (HS 28332400), dan kobalt sulfat (HS 28332990). Selain itu, nikel matte (HS 75011000) juga mulai digunakan untuk memasok sektor baterai⁸¹.

Menurut data Asosiasi Penambang Nikel Indonesia (APNI), permintaan bijih nikel di Indonesia mencapai 240,1 juta metrik ton per tahun untuk bijih saprolit dan 48,2 juta metrik ton untuk bijih limonit (Tabel 3.1). Saat ini, terdapat 49 smelter pirometalurgi dan 5 smelter hidrometalurgi yang beroperasi⁸². Jumlah ini diproyeksikan meningkat menjadi 120 smelter pirometalurgi dan 27 smelter hidrometalurgi pada tahun 2026, dengan estimasi kebutuhan bijih mencapai 584,9 juta metrik ton untuk saprolit dan 150,3 juta metrik ton untuk limonit⁸³.

Tabel 3.1 Status produksi nikel di Indonesia saat ini

Jenis Bijih Nikel	Kandungan nikel (%)	Cadangan (juta mt)*	Pemrosesan	Produk	Permintaan (juta mt/tahun)*		
					Operasional (saat ini)	Konstruksi	Rencana
Saprolit	1,5-3,0	3.688,6	Pirometalurgi	FeNi, NPI, nikel matte	240,1	150,3	194,5
Limonit	0,8-1,5	1.554,9	Hidrometalurgi	MHP	48,2	33,6	68,5

*data 2022

Sumber: Indonesia Nickel Miners Association, 2024^{Error! Bookmark not defined.}

Berdasarkan data ini, Asosiasi Penambang Nikel Indonesia (APNI) memproyeksikan bahwa cadangan bijih saprolit dan limonit akan habis dalam waktu masing-masing 6 dan 10 tahun⁸⁴. Kementerian ESDM serta Kemenperin telah mendiskusikan rencana moratorium untuk mengatasi masalah ini⁸⁵, namun hingga kini belum ada kebijakan yang diterapkan. Ada risiko bahwa Indonesia mungkin tidak dapat mengamankan sumber daya nikelnya di luar tahap pemrosesan. Proses percepatan pengolahan bijih yang tidak

⁷⁹ [Nikel 101: Perbedaan Produk Akhir NCKL, MBMA, INCO, dan ANTM \(stockbit.com 2023\)](#)

⁸⁰ [Dua Teknologi Smelter Nikel di Indonesia, Mana yang Ramah Lingkungan? \(Tempo 2024\)](#)

⁸¹ [Tsingshan starts producing EV battery raw material nickel matte in Indonesia \(Mining.com 2021\)](#)

⁸² [Dua Teknologi Smelter Nikel di Indonesia, Mana yang Ramah Lingkungan? \(Tempo 2024\)](#)

⁸³ Asosiasi Penambang Nikel Indonesia. (2024). *Unveiling Indonesia's Nickel Potency in Orchestrating Global Battery Manufacturing Excellence*. International Battery Summit 2024.

⁸⁴ Berdasarkan PE2 (12 Desember 2024), Direktur Pembinaan Usaha Mineral Kementerian ESDM menyatakan bahwa proyeksi ini didasarkan pada data eksplorasi saat ini yang hanya mencakup 30-40% dari konsesi yang telah diberikan izin, yang berarti lebih dari 50% masih belum tergali. Studi eksplorasi lebih lanjut diperlukan untuk memperbarui proyeksi ini.

⁸⁵ [Pemerintah Sepakat! Moratorium Smelter Nikel RKEF \(CNBC Indonesia 2024\)](#)

diimbangi dengan pengembangan manufaktur baterai dapat menyebabkan logam olahan diekspor ke luar negeri.

Indonesia menargetkan produksi 600.000 unit kendaraan listrik (EV) pada tahun 2030, yang akan membutuhkan sekitar 37.600 ton nikel, dengan asumsi semua EV menggunakan baterai NMC811. Menurut data Kementerian ESDM, Indonesia memiliki sumber daya nikel logam sebesar 184.606.736 ribu ton, termasuk sumber daya terinferensi, terindikasi, dan terukur (Tabel 3.2). Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki sumber daya nikel yang cukup untuk memenuhi target produksi nasional sekaligus mempertahankan pasokan besar untuk produksi EV bagi pasar internasional.

Tabel 3.2 Sumber daya dan cadangan nikel di Indonesia (dalam ribu mt)

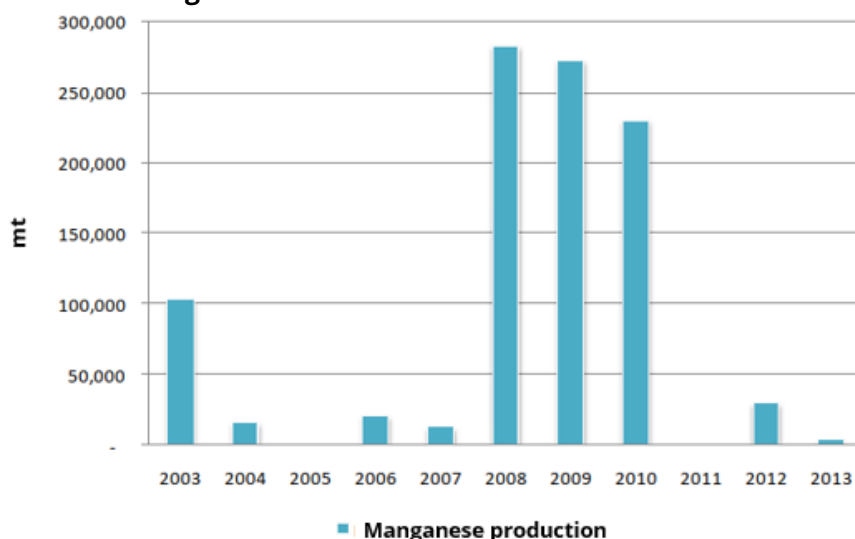
Sumber Daya						Cadangan			
Tereka		Terindikasi		Terukur		Terkira		Terbukti	
Bijih	Logam	Bijih	Logam	Bijih	Logam	Bijih	Logam	Bijih	Logam
8.677.763.011	92.232.207	6.108.117.892	55.585.949	3.764.477.225	36.785.580	3.423.289.094	35.910.615	1.902.501.747	20.206.573
TOTAL						TOTAL			
Bijih: 18.550.358.128						Bijih: 5.325.790.841			
Logam: 184.606.736						Logam: 56.117.187			

Sumber: MEMR, 2024⁸⁶

3.1.2 Mangan

Terdapat sangat sedikit informasi publik mengenai sektor mangan di Indonesia. Kapasitas produksi terbaru yang tercatat adalah 4.912,5 metrik ton pada tahun 2020⁷⁸. Laporan Kementerian ESDM tahun 2017 menunjukkan bahwa produksi mangan antara tahun 2003 dan 2013 mengalami fluktuasi (sebagaimana disajikan dalam Gambar 3.2), terutama terkait dengan penerapan larangan ekspor bijih mentah⁸⁷. Tidak ada produksi yang tercatat pada tahun 2023⁸⁸.

Gambar 3.2 Produksi mangan antara tahun 2003 dan 2013 di Indonesia



Sumber: MEMR, 2017⁸⁷

⁸⁶ Menurut PE2 (12 Desember 2024), sebagaimana disampaikan oleh Direktur Pengembangan Usaha Mineral Kementerian ESDM.

⁸⁷ Kementerian ESDM. (2017). *Kajian Dampak Hilirisasi Mineral Mangan Terhadap Perekonomian Regional*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energy dan Sumber Daya Mineral.

⁸⁸ [Gulf Manganese Corporation Limited. \(2015\). Gulf Manganese – Timor Smelter Update – Licensing.](#)

Pengolahan mangan dilaporkan telah ada di dalam negeri, tetapi hanya untuk produk ferromangan dan siliko-mangan⁸⁷. Produk terkait baterai, seperti mangan oksida dan mangan dioksida, dilaporkan sedang dalam tahap pengembangan smelter oleh PT Gulf Mangan Grup⁹⁴ di NTT. Berlokasi lebih dekat dengan daerah kaya mangan, pengembangan smelter ini diharapkan dapat mendorong ekstraksi mangan, namun perkembangannya telah mengalami kesulitan sejak 2015^{89, 90}.

Dalam Presentation Event 2 (PE2) pada 12 Desember 2024⁹⁰, Direktorat Pembinaan Usaha Mineral Kementerian ESDM menyampaikan bahwa tidak ada produksi mangan yang dilaporkan dalam laporan tahunan yang dikumpulkan dari pemegang konsesi. Informasi mengenai permintaan produk mangan saat ini, khususnya untuk industri baterai, masih terbatas.

3.2 Kapasitas produksi baterai

Secara umum, rantai pasok baterai di Indonesia diarahkan untuk produksi EV. Seperti yang disampaikan dalam PE2, fokus utama rantai pasok baterai di Indonesia adalah baterai lithium-ion berbasis nikel, khususnya NMC⁹¹. Baterai NMC mendukung penyerapan sumber daya domestik, terutama nikel, kobalt, dan mangan. Baterai LFP juga dirakit di Indonesia dengan menggunakan bahan baku impor untuk mengatasi keterbatasan sumber daya lithium di dalam negeri^{92,93} (lihat 3.2.2 Pengolahan untuk informasi lebih lanjut tentang fasilitas pengolahan lithium, serta Gambar 3.3 untuk alur rantai pasok secara keseluruhan).

Indonesia memiliki sektor pertambangan dan pengolahan yang kuat, khususnya dalam industri nikel. Menurut Kementerian Investasi, Indonesia memiliki potensi untuk menjadi salah satu dari lima produsen baterai terbesar di dunia pada tahun 2040, dengan total kapasitas produksi mencapai 650 GWh per tahun, yang mencakup 10% dari permintaan baterai global. Namun, tingkat produksi nikel dalam dua tahun terakhir⁹⁴ belum sepenuhnya terserap oleh industri manufaktur baterai domestik. Meskipun demikian, fasilitas manufaktur baterai baru (seperti katoda, anoda, sel baterai, dan perakitan) telah mulai beroperasi pada tahun 2024, memberikan harapan bahwa sumber daya dalam negeri dapat lebih dimanfaatkan. Pertumbuhan pesat dalam produksi baterai tahun ini mencerminkan dukungan besar dari berbagai pemangku kepentingan di industri ini.

3.2.1 Pertambangan

Indonesia memiliki industri pertambangan nikel yang sudah mapan dengan produksi tahunan mencapai 175.617.183 metrik ton. Beberapa konsesi tambang nikel terbesar berada di Sulawesi, Maluku Utara, dan Papua Barat⁸³.

⁸⁹ [Ayodhia Klarifikasi Lagi Investasi Smelter Mangan di Pulau Timor \(KatongNTT.com 2023\)](#)

⁹⁰ *Presentation Event 2 - Battery Value Chain for Energy Transition in Indonesia – sesi engagement yang dilaksanakan pada 12 Desember 2024 di Jakarta, Indonesia.*

⁹¹ Menurut PE2 (12 Desember 2024), materi presentasi yang disampaikan oleh Direktorat Hilirisasi Mineral dan Batubara, Kementerian Investasi.

⁹² Menurut PE2 (12 Desember 2024), dalam konsultasi dengan perwakilan dari Kemenperin.

⁹³ Berdasarkan konsultasi dengan perwakilan Kemenperin dalam PE2 (12 Desember 2024), baterai berbasis natrium tidak dianggap sebagai opsi untuk Indonesia.

⁹⁴ [Ekspor Nikel Indonesia Kian Tinggi pada 2023, Tembus Rekor Baru \(databox Katadata 2024\)](#)

Namun, kondisi yang sama tidak berlaku untuk mangan. Selain tidak mencatat produksi sama sekali pada tahun 2023, ekstraksi mangan juga tidak stabil sejak diberlakukannya larangan ekspor bijih mentah (lihat subbab 3.1.2 Mangan). Produksi terakhir yang tercatat adalah 4.912 metrik ton pada tahun 2020. Upaya untuk menarik investasi asing di sektor mangan, terutama terkait industri baterai, sempat dilakukan sebagaimana tercantum dalam dokumen Peluang Investasi Mangan⁷⁸ yang dirilis oleh Kementerian ESDM pada tahun 2021. Namun, hingga kini belum ada perkembangan lebih lanjut yang dilaporkan.

Untuk mendorong pengembangan industri baterai lebih lanjut, fokus pada mangan harus mencapai tingkat yang setidaknya setara dengan nikel guna memastikan ketersediaan modal dan sumber daya yang diperlukan.

3.2.2 Pengolahan

Industri pengolahan nikel di Indonesia sudah cukup mapan, terutama dalam bidang pirometalurgi. Dengan berkembangnya industri baterai, Indonesia mulai memproses produk nikel lainnya melalui proses hidrometalurgi. Produk kobalt, seperti kobalt sulfat (CoSO_4), juga diproduksi melalui pengolahan nikel. Hingga saat ini, produk olahan yang dilaporkan digunakan untuk memasok rantai pasok baterai meliputi mixed hydroprecipitate (MHP), nikel sulfat (NiSO_4), dan kobalt sulfat (CoSO_4). Nikel matte, yang diproses melalui pirometalurgi, digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan NiSO_4 .

Berdasarkan laporan ini, Indonesia memiliki 49 smelter pirometalurgi dan lima smelter hidrometalurgi yang sudah beroperasi (lihat **Tabel 3.1**). Produksi tahunan produk olahan adalah sebagai berikut: 670.857 mt mixed hydroprecipitate (MHP), 71.400 mt nikel matte⁹⁵, 719.114 mt NiSO_4 , dan 31.800 mt CoSO_4 (lihat **Tabel 3.3**). Tabel di bawah ini mencantumkan smelter HPAL yang beroperasi di Indonesia sesuai dengan laporan ini.

Tabel 3.3 Kapasitas produksi terpadu dan nilai investasi smelter HPAL yang beroperasi

Perusahaan	Produk	Kapasitas Produksi (mt/tahun)	Pemegang Saham Utama dan Negara Asal	Nilai Investasi (US\$)
PT Halmahera Persada Lygend	MHP	365.000	Trimegah Bangun Persada (45.1%) – Indonesia ⁹⁶	1,26 miliar
	NiSO_4	246.750		
	CoSO_4	31.800		
PT Huayue Nickel Cobalt	MHP	163.000	Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd. (57%) - Tiongkok ⁹⁷	1,28 miliar
PT QMB New Energy Materials	MHP	142.857	GEM Co., Ltd. (63%) - Tiongkok ⁹⁸	998,57 juta
	NiSO_4	136.364		
	CoSO_4	19.512		

⁹⁵ Kementerian ESDM. (2024). *Kinerja Subsektor Minerba Tahun 2023: PNPB dan Produksi Batubara Meroket, Atur Tegas Reklamasi dan Smelter*. Press Release.

⁹⁶ HPL Corporate Website. <https://hpalnickel.com/>

⁹⁷ Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd.. (2023). *2023 Semi-Annual Report of Zhejiang Huayou Cobalt Co., Ltd.*

⁹⁸ PT. QMB NEW ENERGY MATERIALS. (2023). *Due Diligence Management System ANNUAL REPORT*

Perusahaan	Produk	Kapasitas Produksi (mt/tahun)	Pemegang Saham Utama dan Negara Asal	Nilai Investasi (US\$)
PT Fajar Metal Industry	NiSO ₄	168.000	Excelsior International Investment Pte. Ltd. (99.9%) - Singapura ⁹⁹	1,26 miliar
PT Teluk Metal Industry	NiSO ₄	168.000	Tsingshan Holding Group Co.,Ltd. (99.9%) - Tiongkok	1,26 miliar

Sumber: Rosa-Luxemburg-Stiftung, 2023¹⁰⁰ and multiple Sumbers (shown as footnotes)

Beberapa produk hasil pengolahan diekspor. Pada tahun 2023, ekspor nikel matte mencapai rekor tertinggi (sekitar 7 kali lipat dari ekspor tahun 2021), dengan total 1,26 juta ton at 1.26 million tonnes in 2023¹⁰¹. ICT¹⁰² juga melaporkan ekspor NiSO₄ sebesar 66.400 mt pada tahun 2023, dengan Tiongkok mendominasi tujuan ekspor (100% dari total ekspor). Namun, beberapa produk mungkin belum mencapai target produksi, seperti MHP dan CoSO₄. ICT mencatat impor lebih tinggi dibandingkan ekspor pada tahun 2023 (2.414 mt untuk MHP dan 82 mt untuk CoSO₄, keduanya terutama berasal dari Tiongkok). Meskipun industri nikel di Indonesia telah lebih matang, terdapat ketidakseimbangan dalam ketersediaan komponen utama yang dapat menghambat rantai pasok secara keseluruhan dan mendorong peningkatan ekspor jika terus berlanjut.

Pengolahan mangan belum mencapai tingkat kematangan yang sama seperti nikel. Seorang perwakilan Kementerian ESDM dalam PE2 menyampaikan bahwa masih sedikit informasi mengenai permintaan mangan¹⁰³ yang dapat menjadi faktor mengapa proyek-proyek mangan belum berkembang lebih lanjut. Sebuah smelter mangan oleh PT Gulf Mangan Grup yang berbasis di NTT telah dalam tahap pengembangan sejak 2015⁸⁸, namun tampaknya menghadapi berbagai kendala⁸⁹.

Dalam jalur produksi LFP, terdapat upaya untuk membawa sumber daya litium lebih dekat ke produsen perakitan. Fasilitas pemrosesan litium dilaporkan sedang dikembangkan di Sulawesi. Produk yang akan dihasilkan mencakup litium hidroksida (LiOH) dan litium karbonat (Li₂CO₃). Target kapasitas produksi adalah 50.000 mt LiOH dan 10.000 mt Li₂CO₃¹⁰⁴. Karena Indonesia tidak memiliki cadangan litium, bahan baku dilaporkan diimpor dari Australia¹⁰⁵.

3.2.3 Manufaktur CAM

Fasilitas produksi katoda pertama di Indonesia baru saja diresmikan pada Oktober 2024—PT LBM Energi Baru Indonesia. Perusahaan ini memproduksi katoda LFP, yang merupakan komponen utama dalam rantai pasok LFP. PT LBM merupakan hasil kemitraan antara INA dan Changzhou Liyuan New Energy Technology Co., Ltd. Fase

⁹⁹ [Nickel Industries. \(2023\). Notice of Extraordinary General Meeting.](#)

¹⁰⁰ [Rosa-Luxemburg-Stiftung. \(2023\). Fast and Furious for Future: The dark side of electric battery vehicle components and their impacts in Indonesia. Publication. Southeast Asia - Socio-ecological Transformation - COP26 - Green New Deal.](#)

¹⁰¹ [Ekspor Nikel Indonesia Kian Tinggi pada 2023, Tembus Rekor Baru \(databox Katadata 2024\)](#)

¹⁰² International Trade Centre. Trade Map. <https://www.trademap.org/>

¹⁰³ Menurut PE2 (12 Desember 2024).

¹⁰⁴ [RI Lagi Bangun Pabrik Lithium, Ini Dia Pemiliknya \(CNBC Indonesia 2023\)](#)

¹⁰⁵ [Demi Jadi 'Raja', RI Impor 60 Ribu Ton Lithium dari Australia \(CNBC Indonesia 2023\)](#)

pertama, yang sudah beroperasi, memiliki kapasitas 30.000 mt¹⁰⁶. Fase kedua ditargetkan mencapai 90.000 mt pada tahun 2025¹⁰⁷.

Sebaliknya, rantai pasok NMC belum terhubung dengan produksi CAM. LG Energy Solutions merencanakan kapasitas produksi gabungan sebesar 160.000 mt katoda NMC dalam satu dekade mendatang (lihat Gambar 2.4), tetapi produksi pertamanya baru akan dimulai pada tahun 2025. Jika Indonesia tidak memenuhi target commissioning proyek ini, negara ini akan semakin tertinggal dalam mengamankan rantai pasok NMC.

3.2.4 Manufaktur Anoda

Produsen anoda PT Indonesia BTR New Energy, yang berlokasi di Jawa Tengah, diresmikan pada Agustus 2024. Fasilitas produksi ini memiliki kapasitas sebesar 50.000 mt anoda grafit alami dan 30.000 mt anoda grafit buatan^{108,109}. Dilaporkan bahwa anoda diproduksi dari grafit yang diimpor dari Afrika^{110,111}. Produk yang tidak terserap oleh pasar domestik ditargetkan untuk diekspor¹¹². Karena fasilitas ini masih baru, data perdagangan belum mencatat informasi ini.

3.2.5 Manufaktur sel LIB

Seperti yang disebutkan sebelumnya, dua jenis baterai yang diproduksi di Indonesia adalah NMC dan LFP.

Satu-satunya produsen baterai NMC yang saat ini beroperasi adalah PT HLI Green Power, sebuah usaha patungan antara Hyundai Motor Company, LG Energy Solution, dan IBC, dengan kapasitas produksi sebesar 10 GWh sel baterai NMC (nikel-mangan-kobalt)^{113,114}. Fase pertama produksi komersial dimulai pada April 2024, sementara fase kedua saat ini sedang dalam pengembangan dengan target produksi mencapai 20 GWh pada tahun 2025¹¹⁵.

Dalam jalur produksi LFP, produsen baterai saat ini adalah PT Gotion Green Energy Solutions Indonesia dan PT International Chemical Industry (Intercallin)^{116,117}. Kapasitas produksi yang dilaporkan mencapai setidaknya 100 MWh¹¹⁸. Komponen baterai tersebut dilaporkan masih diimpor dari Tiongkok¹¹⁹. Namun, dengan peresmian PT LBM Energi Baru Indonesia baru-baru ini, impor komponen diharapkan dapat diminimalkan dengan membawa rantai pasok lebih dekat ke dalam negeri.

¹⁰⁶ Angka kapasitas produksi. Informasi mengenai jumlah produksi aktual terbatas.

¹⁰⁷ [PT LBM Energi Baru Indonesia Resmi Beroperasi di KEK Kendal \(Pajak.com 2024\)](#)

¹⁰⁸ [Pabrik Anoda PT Indonesia BTR New Energy Beroperasi, Nilai Investasi Rp 7,8 T \(kumparanBISNIS 2024\)](#)

¹⁰⁹ Angka kapasitas produksi. Informasi mengenai jumlah produksi aktual terbatas.

¹¹⁰ [Jokowi: Ada Bahan Baku di Pabrik Anoda Baterai Lithium Kendal yang Diimpor \(Bisnis.com 2024\)](#)

¹¹¹ Data ini belum tercermin dalam data ICT terbaru (tahun 2023) karena pabrik produksi masih sangat baru..

¹¹² [MoF. \(2024\). Hadiri Undangan PT Indonesia BTR New Energy Material, Pabrik Bahan Anoda Baterai Litium Kapasitas 80.000 Ton per Tahun. News. Direktorat Jenderal Bea dan Cukai. Kementerian Keuangan.](#)

¹¹³ [Jokowi Resmikan PT HLI Green Power Karawang, Pabrik Baterai EV Terbesar di Asia Tenggara \(Tempo 2024\)](#)

¹¹⁴ [Race to produce high-nickel batteries accelerates \(The Korea Economic Daily 2021\)](#)

¹¹⁵ Angka kapasitas produksi. Informasi mengenai jumlah produksi aktual terbatas.

¹¹⁶ [NETA Resmi Jalin Kerjasama dengan PT Gotion Green Energy Solutions Indonesia \(Beritaplus.id 2024\)](#)

¹¹⁷ [ABC Tegaskan Jadi Produsen Cell Baterai Kendaraan Listrik Pertama \(Kompas.com 2022\)](#)

¹¹⁸ [Miliki Kapasitas Produksi Baterai 90.000 Pack, ABC Perluas Pasar ke Energi Terbarukan \(Tribunbisnis 2024\)](#)

¹¹⁹ [Pabrik Perakitan Baterai Gotion di Bogor, Fokus LFP \(Kompas.com 2024\)](#)

3.2.6 Perakitan paket baterai

Paket baterai biasanya dirakit di perusahaan yang sama dengan tempat produksi sel baterai.

Hingga saat ini, Indonesia memiliki kapasitas produksi sebesar 138.000 unit paket baterai LFP (90.000 unit dari Intercallin¹¹⁷ dan 48.000 unit dari Gotion¹²⁰) serta 50.000¹²¹ unit paket baterai NMC¹²². Kapasitas perakitan baterai NMC saat ini masih kurang dari 50% dibandingkan dengan kapasitas perakitan baterai LFP. Jika Indonesia ingin mendorong pemanfaatan sumber daya domestik, produksi dan perakitan sel baterai NMC perlu melampaui LFP dalam hal daya saing.

3.2.7 Penggunaan baterai

Produksi baterai di Indonesia sebagian besar ditujukan untuk produksi EV (**Tabel 3.4**). Berdasarkan studi ini, Indonesia belum banyak mengeksplorasi jalur lain dalam rantai pasok baterai. Belum ada kerangka kebijakan yang tersedia untuk penggunaan akhir baterai lainnya, seperti ESS.

Menurut data produksi antara Januari hingga November 2024 dari Gaikindo¹²³, Indonesia telah memproduksi 24.655 unit 4W BEV dan 65.026 unit 4W HEV. Tiga perusahaan yang paling banyak berkontribusi dalam produksi BEV adalah Wuling (55%), Chery (21%), dan Hyundai (15%), sedangkan Toyota (66%) dan Suzuki (32%) mendominasi produksi HEV. Selain itu, Indonesia juga memproduksi bus listrik (4W EV > 10 orang). Kapasitas produksinya masih kecil dibandingkan jenis EV lainnya, yaitu 1.980 unit¹²⁴. Produsen yang dilaporkan termasuk Mobil Anak Bangsa, INKA, VKTR, dan SAG¹²⁵.

Kemenperin telah menyampaikan dalam PE2 bahwa target produksi tahunan Indonesia adalah 600.000 unit pada tahun 2030¹²⁶. Dengan tingkat produksi saat ini, Indonesia mampu memenuhi 4,1% (tanpa HEV) atau 14,9% (dengan HEV) dari target tersebut.

Tabel 3.4 Produksi dan target EV di Indonesia

Jenis EV	Total Produksi	Target Produksi Tahunan pada 2030	Realisasi Target 2030
2W EV	100.000 unit ^a	13.000.000 unit	<1%
4W EV (<10 orang)	24.655 ^b unit (tanpa HEV) 89.681 ^b unit (dengan HEV)	600.000 ^c unit	4,4% (tanpa HEV) 15,3% (dengan HEV)
4W EV (>10 orang)	1.980 unit		

^aProduksi pada tahun 2023

^bProduksi antara Januari dan November 2024

^cProduksi bus listrik sebanyak 600.000 unit termasuk dalam target 4W EV 2030¹²⁷

Selain 4W EV, Indonesia juga memiliki target produksi 2W EV. Mantan Presiden Joko Widodo menyampaikan bahwa produksi 2W EV aktual pada tahun 2023 mencapai

¹²⁰ [Kapasitas Produksi Pabrik Baterai Gotion Tembus 48.000 Unit Per Tahun \(Kompas.com 2024\)](#)

¹²¹ [Fakta-fakta Pabrik Sel Baterai Mobil Listrik yang Baru Diresmikan di Indonesia \(kumparanOTO 2024\)](#)

¹²² Angka kapasitas produksi. Informasi mengenai jumlah produksi aktual terbatas.

¹²³ [Produksi Domestik Kendaraan BEV, PHEV, dan Hybrid, Januari – November 2024 \(Gaikindo 2024\)](#)

¹²⁴ [Investasi Perakitan Kendaraan Listrik RI Tembus Rp 4,49 T, Ini Rinciannya \(detikFinance 2024\)](#)

¹²⁵ [Empat Produsen Bus Listrik Ini Bakal Dapat Insentif dari Pemerintah, Salah Satunya Milik Moeldoko \(Tribunnews 2023\)](#)

¹²⁶ Berdasarkan PE2 (12 Desember 2024), sebagaimana disebutkan oleh Direktur Perencanaan Sumber Daya Alam Kementerian Investasi.

¹²⁷ [Ini Target Produksi Mobil dan Bus Listrik di 2030 \(Media Indonesia 2024\)](#)

100.000 unit, meskipun kapasitas produksi tahunan sebesar 1.600.000 unit¹²⁸. Angka ini masih kurang dari 1% dari target produksi tahunan pada tahun 2030 (13.000.000 unit¹¹⁹). Hal ini mungkin disebabkan oleh permintaan pasar yang rendah; penjualan domestik pada tahun 2023 hanya mencapai 11.532 unit¹²⁹, sedangkan ekspor dilaporkan sebanyak 101.790 unit¹⁰². Produsen 2W EV di Indonesia termasuk Alva, Gesits, Electrum, dan Swap¹³⁰.

Hingga tahun 2023, Indonesia merupakan pengeksport bersih 2W dan 4W EV. ICT¹⁰² pada tahun 2023 melaporkan bahwa ekspor Indonesia mencakup 2,9% dari ekspor global untuk 2W EV dan 0,6% untuk 4W EV. Sebagian besar ekspor ini dikirim ke Filipina (31% dari total ekspor untuk 2W dan 4W EV). Sebaliknya, Indonesia masih menjadi pengimpor bersih bus listrik dari Tiongkok (95,6% dari total impor). Meskipun produksi tahunan saat ini masih kurang dari 10% dari target tahun 2030, Indonesia telah menunjukkan potensinya sebagai pemain utama EV di kawasan regional.

3.2.8 Akhir masa pakai

Berdasarkan studi ini, satu-satunya perusahaan daur ulang baterai di Indonesia adalah PT Indonesia Puqing Recycling Technology. Perusahaan ini berlokasi di Morowali dan memiliki kapasitas untuk memproses hingga 18.144 mt/tahun baterai lithium bekas¹³¹.

Fasilitas ini memiliki kapasitas produksi 24.000 mt Ni-CoSO₄ kasar, 510 mt Li₂CO₃ kasar, dan 1.840 mt MnOH kasar. Namun, tidak ada produksi aktual yang dilaporkan pada tahun 2022¹³². Industri baterai di Indonesia yang masih dalam tahap awal belum mampu menyediakan bahan baku yang cukup untuk kegiatan daur ulang baterai. Saat ini, black mass yang diimpor dari Tiongkok dilaporkan menjadi bahan baku utama untuk pabrik daur ulang tersebut¹³³.

Tabel 3.5 Kondisi terkini rantai pasok baterai nasional beserta kode HS

Fase rantai pasok	Kondisi terkini	Produk/Kode HS	Produksi Tahunan
Keseluruhan	- Indonesia memproduksi dua jenis baterai: NMC dan LFP. - Baterai NMC mendukung pemanfaatan sumber daya domestik, sementara LFP menggunakan sumber daya impor.	-	-
Pertambangan	- Indonesia memiliki industri pertambangan nikel yang sudah mapan. - Tidak ada ekstraksi mangan sejak 2020.	Bijih nikel/ 260400	175.617.183 mt
		Manganese ore/ 260200	-
Pengolahan	Industri pemrosesan nikel mengalami pertumbuhan pesat. Banyak produk nikel diekspor ke luar negeri, seperti nikel matte dan NiSO₄.	MHP/ 294200	670.857 ^a mt
		Nikel matte/ 750110	71.400 mt
		NiSO ₄ / 283324	719.114 ^a mt
		CoSO ₄ / 810520	31.800 ^a mt

¹²⁸ [Jokowi Sebut Kapasitas Produksi Motor Listrik di RI 1,6 Juta Unit, Baru Tercapai 100 Ribu Unit \(Tempo 2024\)](#)

¹²⁹ [Subsidi Gagal? AISI Sebut Penjualan Motor Listrik di Indonesia Masih Jauh dari Harapan \(SindoNEWS 2024\)](#)

¹³⁰ AEML. (2023). *Indonesia's Electric Vehicle Outlook*. July 2023.

¹³¹ [Wajah Industri Nikel Kini \(Betahita 2022\)](#)

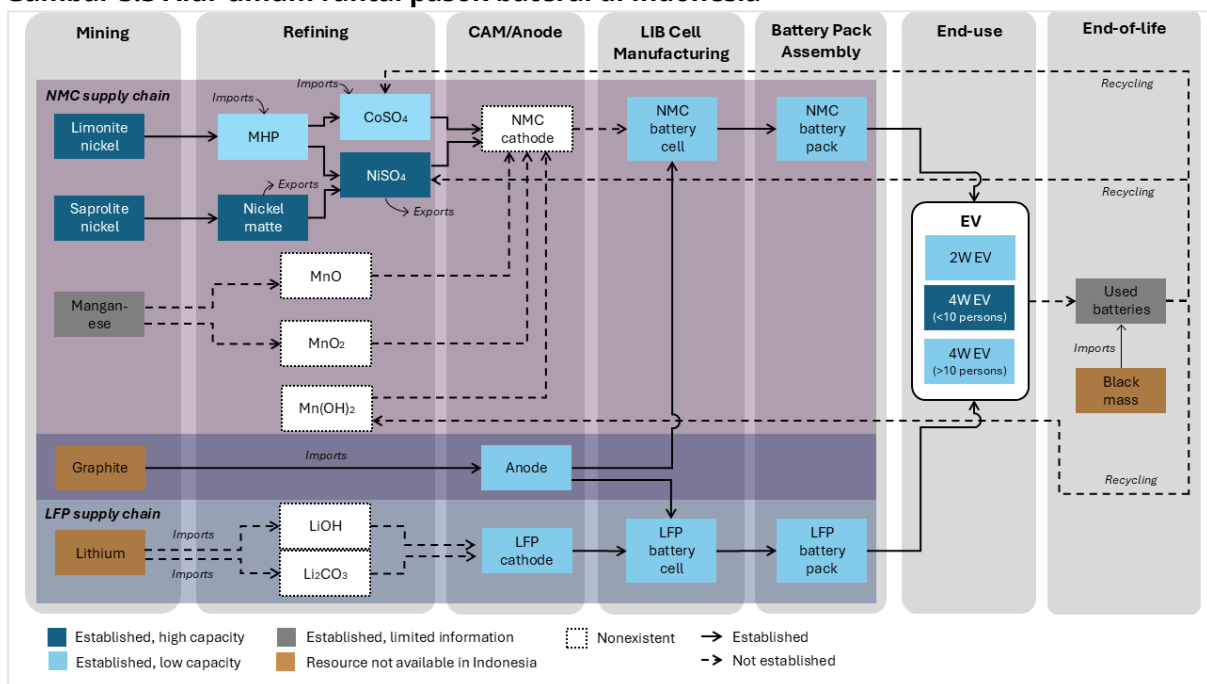
¹³² PT Indonesia Puqing Recycling Technology. (2022). *Profil Badan Usaha*.

¹³³ Berdasarkan PE2 (12 Desember 2024), sebagaimana diinformasikan oleh perwakilan dari PT CBL Indonesia Investment.

Fase rantai pasok	Kondisi terkini	Produk/Kode HS	Produksi Tahunan
	- Meskipun industri nikel lebih matang di dalam negeri, terdapat ketidakseimbangan dalam ketersediaan komponen utama, yang menghambat rantai pasok secara keseluruhan dan mendorong ekspor lebih lanjut jika terus berlanjut. - Pengolahan mineral lainnya belum mencapai tingkat kematangan yang sama seperti nikel.	MnO/ 282090	-
		MnO ₂ / 282010	-
		LiOH/ 282520	-
		Li ₂ CO ₃ / 283691	-
CAM	- Pabrik produksi LFP CAM baru dibuka pada tahun 2024. Namun, produksi NMC CAM belum tersedia di dalam negeri. - Jika Indonesia tidak segera memulai produksi NMC CAM, negara ini akan semakin tertinggal dalam mengamankan rantai pasok NMC.	Katoda LFP/ 850790	30.000 ^b mt
		Katoda NMC/ 850790	-
Anoda	Produksi anoda baru dimulai pada kuartal terakhir tahun 2024 dengan menggunakan grafit impor.	Anoda grafit alami/ 854519	50.000 ^a mt
		Anoda grafit buatan/ 380110	30.000 ^a mt
Manufaktur sel LIB	- Produksi NMC baru dimulai tahun ini melalui PT HLI Green Power. - Baterai LFP diproduksi oleh PT International Chemical Industry (Intercallin) dan PT Gotion Green Energy Solutions Indonesia.	Sel baterai LFP/ 850610	100 ^a MWh
		Sel baterai NMC/ 850610	10 ^a GWh
Perakitan Paket Baterai	- Kapasitas perakitan baterai NMC saat ini sekitar kurang dari 50% dari kapasitas perakitan baterai LFP. - Jika Indonesia ingin mendorong pemanfaatan sumber daya domestik, manufaktur dan perakitan sel baterai NMC harus bisa mengungguli LFP.	Paket baterai LFP/ 850760	138.000 ^a unit
		Paket baterai NMC/ 850760	50.000 ^a unit
Penggunaan baterai	- Produksi baterai di Indonesia sebagian besar ditujukan untuk industri EV. - Produksi 4W EV saat ini dapat memenuhi 4,1% dari target 2030 (tanpa HEV) atau 14,9% (dengan HEV). - Produksi 2W EV saat ini kurang dari 1% dari target tahunan 2030. Hal ini mungkin disebabkan oleh permintaan pasar domestik yang rendah, namun terdapat potensi dari ekspor.	2W EV/ 8711	100.000 unit
		4W EV (<10 orang)/ 8703	89.681 unit
		4W EV (>10 orang)/ 870240	1.980 unit
Akhir masa pakai	Industri baterai Indonesia yang masih baru belum mampu menyediakan bahan yang cukup untuk daur ulang baterai.	Ni-CoSO ₄ mentah	-
		Li ₂ CO ₃ mentah	-
		Mn(OH) ₂ mentah	-

^aKapasitas produksi; bukan produksi aktual

Gambar 3.3 Alur umum rantai pasok baterai di Indonesia



Sumber: Internal expertise elaboration based on the supply chain flow in Indonesia

3.3 Tantangan dan peluang saat ini

Industri pertambangan Indonesia menghadapi tantangan yang signifikan sekaligus peluang yang menjanjikan, terutama dalam transisi menuju aspek keberlanjutan. Bagian berikut akan menjelaskan beberapa isu terkait sumber daya yang bertanggung jawab, geopolitik, dan pengembangan mineral buatan.

3.3.1 Peluang eksplorasi

Indonesia memiliki potensi mineral yang signifikan. Seperti yang disampaikan oleh Badan Geologi di Kementerian ESDM¹³⁴, Indonesia memiliki 15 sabuk mineralisasi yang membentang sepanjang 15.000 km. Dari jumlah tersebut, 7.000 km telah dieksplorasi dan dieksploitasi secara luas. Namun, masih terdapat 8.000 km wilayah mineralisasi yang belum dieksplorasi dan dikembangkan, yang menawarkan peluang besar bagi Indonesia untuk mendorong eksplorasi lebih lanjut dan memaksimalkan potensi sumber daya mineralnya. Wilayah yang belum tergarap ini menunjukkan adanya peluang besar untuk penemuan dan eksploitasi mineral di masa depan, yang berpotensi mendorong pertumbuhan ekonomi dan pengembangan sektor pertambangan di Indonesia.

Pemerintah juga telah menerapkan kebijakan untuk mentransfer konsesi atau Izin Usaha Pertambangan (IUP), yang membuka peluang bagi Perusahaan Pertambangan Junior untuk secara aktif menemukan sumber daya mineral baru. Sumber daya ini kemudian dapat dikembangkan oleh entitas lain yang memiliki modal yang cukup. Melalui mekanisme transfer IUP ini, proses lelang IUP yang dilakukan pemerintah dapat menjadi lebih efisien, karena memberikan kesempatan bagi perusahaan dengan modal lebih besar untuk mengambil alih dan mengelola tambang yang telah dieksplorasi. Hal ini pada akhirnya meningkatkan kemungkinan keberhasilan proyek dalam sektor pertambangan.

¹³⁴ Geologi ESDM, 2021. Geomap. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
Link: <https://geologi.esdm.go.id/geomap>

3.3.2 Praktik tambang nikel bertanggung jawab

Secara prinsip, Indonesia telah memiliki standar untuk praktik pertambangan yang baik sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri ESDM No. 1827.K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik¹³⁵. Selain itu, prosedur perizinan lingkungan yang ketat terkait dengan Undang-Undang Cipta Kerja (UU No. 22/2020) diberlakukan pada industri berisiko tinggi, khususnya pertambangan. Penerapan praktik pertambangan yang baik memberikan akses pasar yang lebih luas bagi perusahaan serta meningkatkan kepercayaan investor. Praktik yang baik meliputi, namun tidak terbatas pada, penggantian bahan bakar fosil dengan energi terbarukan, efisiensi sumber daya, dan minimisasi limbah¹³⁶.

Namun demikian, permasalahan terkait dengan penambangan dan pengolahan nikel masih sering dilaporkan, yang membuat sektor ini sulit menarik investor asing. Pada tahun 2021, Tesla mengundurkan diri dari investasi di Indonesia karena kekhawatiran terhadap dampak lingkungan¹³⁷. Perusahaan berbasis di Uni Eropa seperti BASF dan Eramet juga menarik diri dari proyek "Sonic Bay" di Weda Bay karena dampaknya terhadap tanah adat¹³⁸.

Meskipun masih terdapat berbagai tantangan, beberapa perusahaan di Indonesia telah menunjukkan praktik pertambangan yang baik yang dapat dijadikan contoh bagi yang lain. Vale Indonesia berhasil menurunkan biaya produksi nikel hingga 30% dengan menggunakan tenaga air sebagai sumber energi utama¹²⁰. Ceria Group telah memperoleh sertifikasi global seperti Renewable Energy Certificate (REC) dan Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA)¹³⁹.

3.3.3 Akses ke pasar internasional

Potensi sumber daya alam Indonesia yang besar menempatkan negara ini sebagai pesaing kuat dalam industri rantai pasok baterai global. Namun, intervensi strategis sangat diperlukan agar Indonesia dapat bersaing secara efektif di pasar internasional. Kemitraan antara perusahaan Indonesia dan perusahaan Tiongkok cukup menonjol¹⁴⁰, menciptakan peluang sekaligus tantangan. Beberapa di antaranya berkaitan dengan isu-isu tingkat internasional seperti standar keberlanjutan dan ketidakpastian geopolitik global¹⁴¹.

Salah satu masalah utama adalah kesenjangan antara standar lingkungan domestik dan tolok ukur internasional yang telah mapan (lihat 3.3.2 Sumber nikel yang bertanggung jawab). Upaya menuju keberlanjutan sering kali belum mampu memenuhi standar internasional, sehingga menimbulkan kekhawatiran bagi Indonesia. Selain itu, ketergantungan yang kuat pada perusahaan Tiongkok menimbulkan komplikasi strategis, terutama dalam konteks meningkatnya ketegangan antara Amerika Serikat dan Tiongkok. Pemerintah AS, melalui kebijakan seperti Inflation Reduction Act (IRA),

¹³⁵ Seperti yang disampaikan oleh Direktur Pengembangan Usaha Mineral Kementerian ESDM dalam PE2.

¹³⁶ [Vale Lirik Bisnis Nikel Hijau, Biaya Produksi Bisa Lebih Hemat \(Bloomberg Technoz 2024\)](#)

¹³⁷ [Indonesia has a long way to go to produce nickel sustainably \(Dialogue Earth 2021\)](#)

¹³⁸ [EU faces green dilemma in Indonesian nickel \(DW 2024\)](#)

¹³⁹ [Produsen Green Nickel Product, Ceria Terus Dukung Hilirisasi Mineral di Indonesia \(Nikel.co.id 2024\)](#)

¹⁴⁰ Berdasarkan konsultasi dengan pemangku kepentingan selama PE2 (12 Desember 2024). Angka pasti tidak diberikan.

¹⁴¹ [US may block Indonesia nickel on forced labor issues \(Asia Times 2024\)](#)

berupaya mengurangi dominasi Tiongkok dalam industri strategis¹⁴². IRA memberikan subsidi yang oleh Tiongkok dianggap sebagai proteksionisme berlebihan, dengan mengecualikan mineral yang berasal dari negara tanpa Perjanjian Perdagangan Bebas (Free Trade Agreement/FTA) dengan AS dari insentif pajak seperti kredit¹⁴³.

Ketidakhadiran Indonesia dalam FTA dengan AS sangat membatasi kemampuannya untuk mendiversifikasi dan mengembangkan industri rantai pasok baterai. Kerangka kerja IRA semakin mempersempit peluang dengan mengecualikan mineral yang diproduksi oleh perusahaan dengan kepemilikan Tiongkok lebih dari 25%. Ketentuan ini menjadi hambatan besar bagi Indonesia untuk mengakses dan bersaing di pasar internasional, mengingat ketergantungannya pada kemitraan dengan Tiongkok¹⁴⁴.

Indonesia harus memprioritaskan diversifikasi mitra dagang dan investasinya untuk mengurangi ketergantungan pada satu aktor saja. Perluasan kolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan internasional tidak hanya akan meningkatkan daya saing Indonesia, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonominya di tengah ketidakpastian global.

Salah satu peluang yang menjanjikan adalah partisipasi dalam Mineral Security Partnership (MSP)¹⁴⁵, sebuah inisiatif multinasional yang melibatkan 14 negara dan Uni Eropa. MSP bertujuan untuk membangun rantai pasokan mineral yang berkelanjutan, yang sejalan dengan visi Indonesia dalam mengoptimalkan potensi sumber daya mineralnya. Keanggotaan dalam MSP akan memungkinkan Indonesia memperkuat jaringan mitra strategisnya, meningkatkan nilai produk mineralnya, serta mengamankan posisi yang lebih kuat dalam rantai pasok global.

3.3.4 Konversi batubara menjadi grafit buatan

Grafit secara umum digunakan sebagai material anoda dalam baterai lithium-ion. Mengingat keterbatasan sumber daya grafit di Indonesia, telah muncul diskusi mengenai potensi konversi batubara menjadi grafit buatan¹⁴⁶. Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan grafit sintetis dari batubara karena cadangan batubaranya yang melimpah. Sebagai salah satu produsen batubara terbesar di dunia, opsi ini dapat membantu perusahaan batubara domestik melakukan transisi sebelum penghentian total penggunaan batubara.

Peluang ini telah dieksplorasi oleh PT Bukit Asam Tbk (PTBA), anak perusahaan MIND ID. PTBA, bekerja sama dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), telah meluncurkan proyek percontohan untuk mengonversi batubara menjadi grafit buatan dan lembaran anoda¹⁴⁷. Berbeda dengan grafit alami, yang memiliki variasi dalam kemurnian dan ukuran kristal sehingga tidak selalu cocok untuk produksi anoda baterai, grafit sintetis menawarkan kualitas yang lebih konsisten dalam aspek-aspek tersebut¹⁴⁸.

¹⁴² [US-China trade talks break down over Inflation Reduction Act energy tax credits \(S&P Global, 2024\)](#)

¹⁴³ [The Inflation Reduction Act: Here's what's in it \(McKinsey & Company, 2024\)](#)

¹⁴⁴ [Can Indonesia's Nickel Industry Break Free From China's Grip? \(Foreign Policy, 2024\)](#)

¹⁴⁵ [US approaches Indonesia for multinational critical mineral partnership \(Reuters, 2024\)](#)

¹⁴⁶ Dalam *Presentation Event 1* (30 Agustus 2024), perwakilan dari Kemenperin membuka diskusi mengenai peluang pengembangan grafit sintetis dari batubara untuk memasok industri baterai.

¹⁴⁷ [Bukit Asam. \(2024\). Pertama di Dunia, Bukit Asam dan BRIN Mulai Kembangkan Batu Bara untuk Bahan Baku Baterai Li-ion. News.](#)

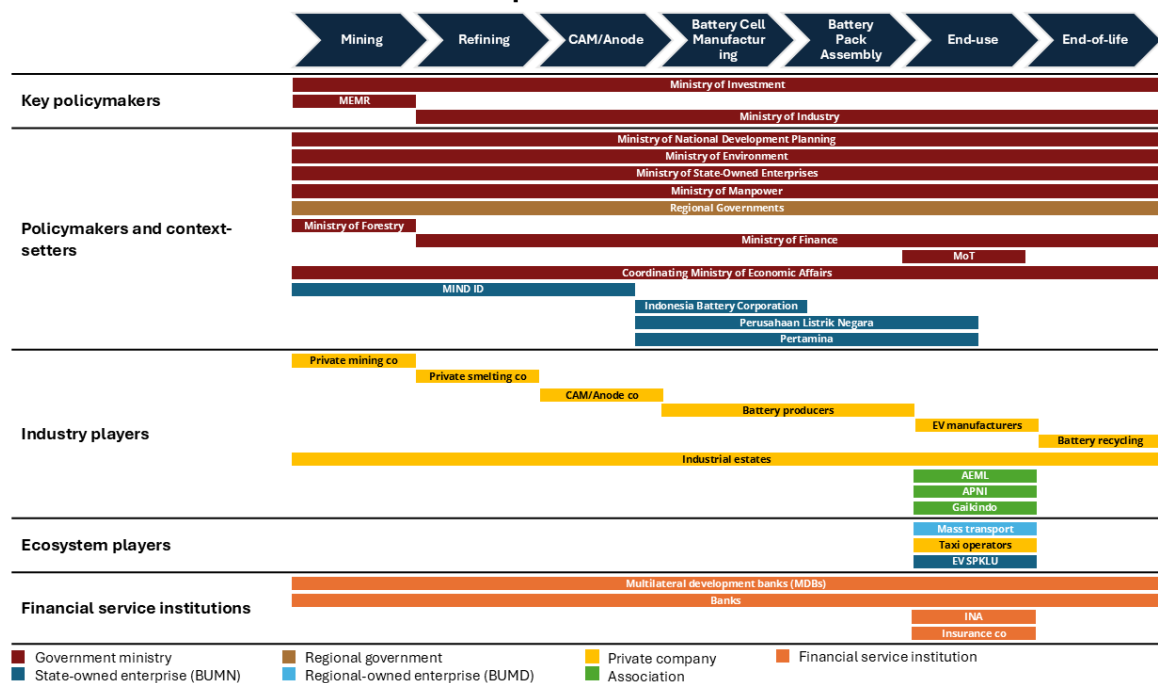
¹⁴⁸ [PTBA to Establish EV Battery Anode Factory \(katadata Insights 2023\)](#)

Namun demikian, opsi ini perlu dilakukan dengan hati-hati karena berpotensi memperpanjang ketergantungan Indonesia pada batubara. Mengandalkan bahan bakar fosil untuk menciptakan energi alternatif dapat menjadi kontraproduktif dalam jangka panjang, mengingat tujuan utama adalah mencapai net zero.

4 Industri dan organisasi yang beroperasi dalam rantai pasok baterai di Indonesia

Mengidentifikasi industri dan pemain kunci dalam rantai pasok baterai sangat penting untuk memahami ekosistemnya. Visualisasi ini memberikan gambaran tentang entitas yang terlibat serta peran mereka dalam rantai pasok. Grafik di bawah ini memberikan gambaran tentang entitas-entitas tersebut, yang dikategorikan berdasarkan peran, pengaruh, dan signifikansi mereka dalam ekosistem (Gambar 4.1). Perlu dicatat, sebagaimana ditunjukkan dalam gambar, bahwa operator pada tahap akhir masa pakai (EOL) dalam rantai pasok baterai Indonesia belum sepenuhnya terbentuk.

Gambar 4.1 Pemain kunci dalam rantai pasok baterai di Indonesia



Sumber: Internal expertise elaboration based on the supply chain flow in Indonesia

4.1 Pemain kunci nasional

4.1.1 Pembuat kebijakan utama

Banyak lembaga pemerintah yang berperan penting dalam membentuk rantai pasok baterai di Indonesia. Pembuat kebijakan utama yang diidentifikasi adalah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Kementerian ESDM), Kementerian Perindustrian (Kemenperin), dan Kementerian Investasi (Kemeninves). Ketiga kementerian ini memiliki peran dalam mengatur industri hulu dan hilir dalam rantai pasok baterai, menetapkan target industri untuk sektor EV, serta menarik investasi asing guna mendorong industrialisasi lebih lanjut (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Daftar pembuat kebijakan utama dalam rantai pasok baterai Indonesia

Pemangku kepentingan	Tahap rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Kementerian ESDM)	Pertambangan	Kementerian ESDM bertanggung jawab dalam mempercepat transisi energi Indonesia. Dalam konteks rantai pasok baterai, Kementerian ESDM mengatur industri pertambangan, termasuk regulasi praktik industri secara keseluruhan (misalnya kapasitas produksi, prosedur keselamatan, dll.). Rantai pasok baterai juga berada dalam lingkup regulasi sektor energi Kementerian ESDM, di mana transisi energi dapat memperoleh manfaat dari teknologi baterai.
Kementerian Perindustrian (Kemenperin)	Pengolahan, CAM/anoda, Manufaktur sel baterai, Perakitan paket baterai, Penggunaan baterai, Akhir masa pakai	Kemenperin memperkuat pertumbuhan industri nasional, mendukung serta mengatur anggota industri utama dalam rantai pasok baterai. Kemenperin bertanggung jawab dalam menerbitkan izin untuk kawasan industri dan manufaktur, serta kebijakan terkait lainnya. Sebagai respons terhadap minat Indonesia dalam mengembangkan rantai pasok baterai lebih lanjut, Kemenperin telah menerbitkan peta jalan pembangunan, khususnya untuk produksi BEV.
Kementerian Investasi (Kemeninves)	Semua	Kementerian ini memiliki peran penting dalam menarik investor nasional dan internasional untuk mengembangkan rantai pasok baterai serta mempromosikan Indonesia sebagai destinasi investasi yang menarik guna mendorong pertumbuhan ekonomi.

4.1.2 Pembuat kebijakan dan penentu konteks

Sementara pembuat kebijakan utama menetapkan konteks rantai pasok baterai di Indonesia, institusi pemerintah lainnya dan badan usaha milik negara (BUMN) melengkapi atau bertindak di bawah mandat langsung mereka, lebih lanjut membentuk landasan industri ini. Kelompok ini terdiri dari institusi pemerintah pusat, institusi pemerintah daerah, dan BUMN. Gambaran lengkap tentang bagaimana pihak-pihak ini memengaruhi rantai pasok baterai ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar pembuat kebijakan dan penentu konteks dalam rantai pasok baterai di Indonesia

Pemangku kepentingan	Tahap rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Pemerintah Pusat		
Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS)	Semua	BAPPENAS mengawasi pembangunan nasional di semua sektor, termasuk energi. Walaupun tidak langsung mempengaruhi rantai pasok baterai, perkembangannya dapat berdampak pada rencana pembangunan nasional, yang berada dalam yurisdiksi BAPPENAS.
Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK)	Semua	KLHK berperan penting dalam mengawasi undang-undang perlindungan lingkungan, pedoman, serta mendorong pengelolaan sumber daya alam Indonesia yang berkelanjutan, yang dapat terpengaruh oleh aktivitas terkait baterai. KLHK bertanggung jawab penuh dalam penerbitan izin lingkungan dan penegakan sanksi lingkungan. Dalam kaitannya dengan target net-zero Indonesia, kepatuhan rantai pasok baterai terhadap hukum dan regulasi menjadi prioritas KLHK.
Kementerian Kehutanan (Kemenhut)	Pertambangan	Kemenhut memiliki kewenangan atas seluruh kawasan hutan di Indonesia. Kemenhut menetapkan dan mengkategorikan kawasan hutan berdasarkan status dan penggunaannya, serta dapat menerbitkan izin pemanfaatan hutan untuk keperluan industri. Kemenhut juga memiliki wewenang dalam menerapkan moratorium hutan. Industri ekstraksi sering kali bersinggungan dengan batas hutan, sehingga memerlukan keterlibatan Kemenhut dalam aktivitas bisnisnya.
Kementerian Perhubungan (Kemenhub)	Penggunaan baterai	Kemenhub bertanggung jawab atas sektor transportasi di Indonesia. Karena rantai pasok baterai akan memengaruhi transportasi di masa depan, Kemenhub mungkin harus menyesuaikan kebijakan, terutama terkait EV atau transportasi umum berbasis listrik.

¹⁴⁹ Mengacu pada fase dalam rantai pasok baterai sebagaimana diuraikan dalam Gambar 3.2 dalam Laporan Awal

Pemangku kepentingan	Tahap rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Kementerian Keuangan (Kemenkeu)	Pengolahan CAM/anoda Manufaktur sel baterai Perakitan baterai Penggunaan baterai	Kemenkeu berperan penting dalam membangun mekanisme pembiayaan untuk mempercepat pengembangan industri baterai. Mekanisme pembiayaan yang diterbitkan mencakup insentif dan pembebasan pajak. Kemajuan industri baterai nasional yang dapat dimonetisasi juga menjadi kepentingan Kemenkeu.
Kementerian Badan Usaha Milik Negara (Kementerian BUMN)	Semua	Kementerian BUMN mengawasi seluruh BUMN yang aktivitas bisnisnya sejalan dengan tujuan nasional. Hampir semua perusahaan yang berperan signifikan dalam rantai pasok baterai merupakan BUMN. Kementerian BUMN dapat mempengaruhi kebijakan BUMN di rantai pasok baterai dan mempercepat pengembangan ekosistem baterai nasional.
Kementerian Ketenagakerjaan (Kemnaker)	Semua	Kemnaker mengawasi kebijakan dan regulasi ketenagakerjaan, seperti keselamatan kerja, serta perekrutan tenaga kerja lokal. Standar ketenagakerjaan nasional berlaku untuk industri berisiko tinggi dalam rantai pasok baterai. Praktik sumber daya manusia yang baik menjadi kunci bagi perusahaan yang ingin menarik investasi. Kemnaker dapat menerapkan sanksi terhadap perusahaan yang tidak mematuhi standar, misalnya dalam kasus kecelakaan kerja.
Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian (Kemenko Perekonomian)	Semua	Kemenko Perekonomian berperan dalam menentukan dan mempercepat proyek strategis nasional (PSN), yang dapat memberikan manfaat bagi rantai pasok baterai. Kehadiran rantai pasok baterai domestik dapat mempengaruhi peta jalan ekonomi nasional.
Pemerintah Daerah		
Gubernur	Semua	Gubernur, sebagai perwakilan pemerintah daerah, memiliki peran penting dalam rantai pasok baterai. Mereka menerima dampak langsung dari bisnis, seperti peningkatan pendapatan ekonomi daerah. Di sisi lain, mereka juga menghadapi keluhan masyarakat jika dampak negatif bisnis muncul. Dalam beberapa kasus, gubernur dapat mengeluarkan izin usaha dan menerapkan sanksi.
Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral	Semua	Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral bertugas mengatur urusan energi dan sumber daya mineral, termasuk transisi energi, dalam yurisdiksi gubernur.
Dinas Lingkungan Hidup	Semua	Dinas Lingkungan Hidup bertugas mengatur urusan lingkungan, termasuk penerapan praktik berkelanjutan dalam bisnis, di bawah yurisdiksi gubernur.
Dinas Tenaga Kerja	Semua	Dinas Tenaga Kerja bertugas mengatur urusan ketenagakerjaan dalam yurisdiksi gubernur, termasuk keselamatan dan kesehatan kerja, kesejahteraan tenaga kerja, dan sertifikasi.
Badan Usaha Milik Negara		
Mining Industry Indonesia (MIND ID)	Pertambangan Pengolahan	Holding industri pertambangan Indonesia, yang terdiri dari PT ANTAM Tbk, PT Bukit Asam, PT Freeport Indonesia, PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero), dan PT Timah Tbk., memainkan peran signifikan dalam rantai pasok baterai. Anak perusahaannya, terutama PT ANTAM Tbk, merupakan pemain utama di industri mineral.
Indonesia Battery Corporation (IBC)	CAM/anoda Manufaktur sel baterai Perakitan baterai	IBC adalah BUMN yang berfokus pada pengembangan baterai di Indonesia. Ini merupakan konsorsium dari empat BUMN: PT ANTAM Tbk, PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero), Pertamina, dan PLN ¹⁵⁰ . Posisi IBC sebagai BUMN bersifat strategis dalam sektor baterai karena bekerja di bawah mandat langsung pemerintah dan berkontribusi dalam inisiasi industri lainnya ¹⁵¹ .
Indonesia Battery Corporation (IBC)	CAM/anoda Manufaktur sel baterai	IBC adalah BUMN yang dikembangkan terutama untuk pengembangan baterai di Indonesia. Sebagai penggagas bisnis hilir, IBC berpotensi memiliki pengaruh besar terhadap ekosistem baterai di Indonesia.

¹⁵⁰ [Indonesia Battery Corporation corporate website](#)

¹⁵¹ [Indonesia Battery Corporation. \(2021\). Pabrik Baterai IBC-Konsorsium LG Rp140 Triliun Segera Groundbreaking. News.](#)

Pemangku kepentingan	Tahap rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
	Perakitan baterai	Selain itu, posisinya sebagai BUMN berarti IBC mendapat dukungan kuat dari pemerintah.
Perusahaan Listrik Negara (PLN)	CAM/anoda Manufaktur sel baterai Perakitan baterai Penggunaan baterai	PLN adalah satu-satunya perusahaan listrik di Indonesia yang memiliki otoritas mutlak atas transmisi, distribusi, dan pasokan energi. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN merupakan mandat langsung dari Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) yang dikelola oleh Kementerian ESDM. Sebagai perusahaan energi, PLN juga bagian dari konsorsium IBC dan memiliki banyak stasiun pengisian daya BEV di Indonesia (lihat Tabel 4.4).
Pertamina	CAM/anoda Manufaktur sel baterai Perakitan baterai Penggunaan baterai	Sebagai perusahaan minyak dan gas milik negara, Pertamina telah memperluas bisnis intinya ke transisi energi. Pertamina juga merupakan bagian dari konsorsium IBC ¹⁵² . Anak perusahaannya dilaporkan telah berkontribusi dalam memperkuat ekosistem baterai, misalnya dalam pengembangan fasilitas penukaran baterai ¹⁵³ dan penyediaan grafit untuk manufaktur anoda ¹⁵⁴ .

Peran Pemerintah Daerah dalam Rantai Pasok Baterai Indonesia

Pemerintah daerah memainkan peran penting dalam rantai pasok baterai Indonesia, terutama dalam proses perizinan dan regulasi. Meskipun sektor ini sebagian besar diawasi oleh pemerintah pusat karena signifikansinya yang strategis dan tingginya investasi asing, otoritas daerah memiliki pengaruh tertentu berdasarkan Undang-Undang Cipta Kerja. Seiring dengan berkembangnya industri, pemerintah daerah berpotensi memperoleh manfaat ekonomi, termasuk peningkatan PDB dan pengembangan lokal. Namun, pada saat yang sama, mereka berada di garis depan dalam menangani berbagai permasalahan masyarakat, seperti sengketa lahan, isu ketenagakerjaan, dampak lingkungan, dan polusi. Hal ini menjadikan pemerintah daerah sebagai pemangku kepentingan utama dalam menyeimbangkan pembangunan dengan kebutuhan masyarakat setempat.

4.1.3 Pemain industri

Pemain industri dalam industri baterai dikategorikan berdasarkan sumber investasinya: investasi domestik dan asing. Sudah menjadi hal yang umum bagi perusahaan domestik dan asing untuk membentuk kemitraan atau perusahaan patungan (JvCo) guna menjalankan satu atau lebih kegiatan bisnis dalam rantai pasok. Penjelasan rinci mengenai bagaimana entitas-entitas ini memengaruhi rantai pasok baterai dijelaskan dalam Tabel 4.3. Asosiasi industri, yang terdiri dari para pemain industri ini, juga turut dibahas.

Tabel 4.3 Daftar Pemain Industri dalam Rantai Pasok Baterai di Indonesia

Pemangku kepentingan	Fase dalam rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Perusahaan swasta		
Perusahaan pertambangan swasta	Pertambangan	Perusahaan swasta berperan besar dalam industri pertambangan di Indonesia. Pemain sektor swasta termasuk PT Vale Indonesia Tbk (anak

¹⁵² [Four SOEs unite to form EV battery producer – The Jakarta Post, 2021](#)

¹⁵³ [Elnusa Gandeng IBC Kembangkan Ekosistem EV – Pertamina, 2024](#)

¹⁵⁴ [Pabrik Anoda yang Diresmikan Jokowi di Kendal Pakai Limbah Pertamina – detik Finance, 2024](#)

Pemangku kepentingan	Fase dalam rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
		perusahaan Vale Base Metal), PT Ceria Indotama Nugraha, dan PT Merdeka Battery Materials Tbk ¹⁵⁵ .
Perusahaan peleburan swasta	Pengolahan	Pemain utama dalam industri peleburan di Indonesia umumnya juga merupakan pelaku dalam industri pertambangan, mengingat larangan ekspor bijih mentah yang mengharuskan perusahaan tambang hanya boleh mengekspor bijih yang telah diproses. Perusahaan peleburan umumnya beroperasi di bawah entitas yang berbeda (sebagai anak perusahaan atau JvCo) ¹⁵⁶ . Pemain besar potensial dalam tahap pemrosesan ini termasuk PT Huayue Nickel Cobalt (anak perusahaan Zhejiang Huayou Cobalt) dan PT Halmahera Persada Lygend (anak perusahaan Lygend Resources & Technology Co., Ltd).
Perusahaan produsen CAM/anoda	CAM/anoda	Beberapa produsen CAM/anoda telah masuk ke Indonesia pada tahun 2024, meningkatkan interkoneksi dalam rantai pasok. Perusahaan yang diketahui adalah produsen katoda LFP PT LBM Energi Baru Indonesia dan produsen anoda PT Indonesia BTR New Energy (lihat 3.2 Kapasitas Produksi Baterai).
Perusahaan manufaktur dan perakitan baterai	Manufaktur sel baterai Perakitan paket baterai	Industri manufaktur baterai di Indonesia masih dalam tahap awal, sehingga pemain potensial umumnya berasal dari sektor energi, baterai, dan otomotif dalam bentuk usaha patungan atau anak perusahaan. Contohnya adalah PT HLI Green Power (JvCo antara IBC, Hyundai, dan LG Chem) .
Perusahaan manufaktur EV	Penggunaan akhir	Perusahaan otomotif semakin berkembang seiring meningkatnya pasar kendaraan listrik. Beberapa merek otomotif telah memanfaatkan tren ini, dengan Wuling, BYD, dan Hyundai muncul sebagai produsen 4W EV terbesar ¹⁵⁷ . Produsen 2W EV seperti Gesits dan Smoot Elektrik, serta produsen truk tambang listrik seperti VKTR, juga turut hadir.
Perusahaan daur ulang baterai	Akhir masa pakai	Industri daur ulang baterai di Indonesia masih dalam tahap awal, namun kehadiran perusahaan daur ulang baterai berkontribusi dalam mempertahankan ketersediaan mineral-mineral kritis. PT Indonesia Puqing Recycling Technology adalah pabrik daur ulang baterai EV pertama di Indonesia ¹²² .
Kawasan industri	Semua	Beberapa kegiatan dalam rantai pasok dapat dilakukan di dalam kawasan industri ¹⁵⁸ . Perusahaan yang berlokasi di kawasan industri mengikuti regulasi dan izin yang berbeda serta memiliki akses terhadap fasilitas industri seperti pelabuhan dan logistik, pengelolaan limbah, dan penyediaan air bersih. Kawasan industri utama yang terkait dengan rantai pasok baterai adalah Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) dan Indonesia Weda Bay Industrial Park (IWIP).
Asosiasi industri/profesional		
Asosiasi Penambang Nikel Indonesia (APNI)	Pertambangan	APNI mewakili perusahaan-perusahaan nikel di Indonesia. Perusahaan nikel berperan krusial dalam pengembangan rantai pasok baterai, mengingat Indonesia sudah memiliki industri nikel hulu yang mapan. Perusahaan dalam APNI merupakan pemain potensial dalam rantai pasok ini.
Asosiasi Ekosistem Mobilitas Listrik (AEML)	Penggunaan akhir	AEML adalah asosiasi pelopor industri kendaraan listrik yang berkomitmen untuk mendorong pengembangan ekosistem mobilitas listrik kelas dunia di Indonesia.
Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia)	Penggunaan akhir	Gaikindo berperan aktif dalam mendorong pengembangan industri otomotif menuju produksi kendaraan ramah lingkungan, termasuk kendaraan listrik yang membutuhkan pasokan baterai yang efisien dan berkelanjutan. Gaikindo juga mengadakan pameran untuk mempromosikan teknologi kendaraan hijau serta memfasilitasi dialog antara pemerintah, pelaku industri, dan komunitas internasional.

¹⁵⁵ [Inilah 10 Perusahaan Tambang Nikel Terbesar di Indonesia, Apa Saja? – Media Nikel Indonesia, 2023](#)

¹⁵⁶ [Perluas Target Pasar Hilir Nikel, Akuisisi Saham MBMA Sudah Capai 60 Persen – Media Nikel Indonesia, 2023](#)

¹⁵⁷ [10 Mobil Listrik dengan Volume Penjualan Wholesale Tertinggi di Indonesia \(Semester I 2024\) – Katadata, 2024](#)

¹⁵⁸ [IWIP Kebut Pengembangan Kawasan Industri untuk Komponen Baterai Kendaraan Listrik – Kontan.co.id, 2022](#)

4.1.4 Pemain ekosistem

Pemain ekosistem sangat penting dalam mendorong adopsi kendaraan listrik (EV) oleh masyarakat. Berdasarkan peta jalan pengembangan BEV (Peraturan Kemenperin No. 28/2023), operator transportasi publik dan zona eksklusif EV berperan dalam menginisiasi perkembangan ekosistem EV. Kemunculan armada EV dalam transportasi publik, stasiun pengisian daya, serta fasilitas penukaran dan daur ulang baterai menjadi komponen penting dalam ekosistem EV. Penjelasan lengkap mengenai peran mereka terdapat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar pemain ekosistem dalam rantai pasok baterai di Indonesia

Pemangku kepentingan	Fase dalam rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Operator transportasi massal (misalnya, Transjakarta)	Penggunaan baterai	Beberapa operator transportasi publik telah memasukkan EV ke dalam armada mereka. Hal ini merupakan bagian dari peta jalan pengembangan EV Kemenperin, yang bertujuan menciptakan permintaan pasar domestik, mendorong industrialisasi EV, dan mengembangkan ekosistem baterai.
Operator taksi (misalnya, Blue Bird, Grab, Gojek)	Penggunaan baterai	Beberapa operator taksi telah memasukkan EV (4W dan 2W) ke dalam armada mereka. Hal ini juga merupakan bagian dari peta jalan pengembangan EV Kemenperin untuk menciptakan permintaan pasar domestik, mendorong industrialisasi EV, dan mengembangkan ekosistem baterai.
Penyedia stasiun pengisian daya EV (SPKLU)	Penggunaan baterai	Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) umumnya disediakan oleh PLN dalam kemitraan bisnis strategis dengan pihak eksternal seperti Electrum dan Volta ¹⁵⁹¹⁶⁰ . Jumlah SPKLU dilaporkan meningkat seiring dengan berkembangnya pasar EV.

4.1.5 Lembaga keuangan

Peran lembaga keuangan dalam rantai pasok baterai adalah menyediakan mekanisme pembiayaan untuk mendorong adopsi EV. Kelompok ini terdiri dari dana kekayaan negara (*sovereign wealth funds*) seperti Indonesia Investment Authority (INA), pemberi pinjaman seperti bank pembangunan multilateral (MDB), dan perusahaan asuransi. Dana kekayaan negara dan pemberi pinjaman memberikan investasi atau pinjaman kepada pelaku industri dan ekosistem, sedangkan bank dan perusahaan asuransi menyediakan mekanisme pembiayaan EV bagi konsumen ritel guna mendorong pembelian EV. Penjelasan rinci mengenai bagaimana lembaga-lembaga ini memengaruhi rantai pasok baterai terdapat dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Daftar lembaga keuangan dalam rantai pasok baterai di Indonesia

Nama	Fase dalam rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
Indonesia Investment Authority (INA)	Penggunaan baterai	INA adalah badan dana kekayaan negara yang menginvestasikan dana kekayaan negara Indonesia ke dalam infrastruktur dan aset yang memberikan manfaat bagi masyarakat. Portofolio investasi INA mencakup infrastruktur transisi energi. INA telah menyatakan niatnya untuk berinvestasi dalam ekosistem EV, di antara sektor lainnya.
Bank pembangunan multilateral (MDB)	Semua	MDB menyediakan mekanisme pembiayaan bagi rantai pasok baterai untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan transisi energi. MDB yang relevan meliputi World Bank (WB), Asian Development Bank (ADB), dan European Investment Bank. Selain memberikan pinjaman untuk proyek terkait EV, MDB juga memberikan panduan kebijakan nasional terkait penerapan EV. Contohnya, proyek "Electric Transportation and Charging Infrastructure Project" yang didanai ADB

¹⁵⁹ [Penyediaan SPKLU Hasil Kerja Sama PLN dan Mitra Swasta Terus Meningkat – Kontan.co.id, 2024](https://kontan.co.id/2024/01/24/penyediaan-spklul-hasil-kerja-sama-pln-dan-mitra-swasta-terus-meningkat/)

¹⁶⁰ [Indonesia's Electric Vehicle Outlook \(AC Ventures, 2023\)](https://www.acventures.com/indonesia-electric-vehicle-outlook-2023/)

Nama	Fase dalam rantai pasok ¹⁴⁹	Fungsi dalam rantai pasok
		di Indonesia ¹⁶¹ serta inisiatif "Climate-Smart Mining for Energy Transition" oleh WB ¹⁶² .
Bank	Semua	Bank dilaporkan terbuka untuk berinvestasi atau memberikan pinjaman ke berbagai tahap rantai pasok baterai. Banyak bank tertarik memberikan pinjaman untuk industri EV ¹⁶³ , namun ada pula yang menunjukkan minat terhadap industri pertambangan ¹⁶⁴ . Untuk konsumen ritel, bank juga menawarkan mekanisme pembiayaan pembelian EV ¹⁶⁰ .
Perusahaan asuransi	Penggunaan baterai	Perusahaan asuransi, khususnya yang bergerak dalam asuransi kendaraan bermotor, menyediakan mekanisme pembiayaan EV bagi konsumen ritel guna meningkatkan adopsi EV ¹⁶⁰ .

4.2 Pihak internasional

Beberapa pihak dalam komunitas internasional berpotensi mendorong rantai pasok baterai Indonesia. Kemitraan bisnis internasional dan aliansi tempat Indonesia menjadi penandatanganan atau memiliki kepentingan dapat menentukan iklim investasi dalam rantai pasok ini. Tabel 4.6 menjelaskan daftar pemangku kepentingan internasional serta bagaimana mereka berpengaruh terhadap rantai pasok baterai Indonesia.

Tabel 4.6 Daftar pemain internasional dalam rantai pasok baterai Indonesia

Pemangku kepentingan	Fase dalam Rantai Pasok ¹	Fungsi dalam Rantai Pasok
Investasi Asing		
Investor Asing	Semua	Investasi asing sangat penting bagi Indonesia karena diperlukan modal yang signifikan untuk mempercepat pengembangan rantai pasok baterai. Meskipun investasi asing berkembang pesat di Indonesia, beberapa investor juga telah menarik diri. Berbagai isu, seperti risiko lingkungan dan sosial, telah menjadi perhatian utama (lihat 3.3.1)
Pemerintah bilateral		
ASEAN Minerals Cooperation	Pertambangan	Tujuan umum dari kerja sama bilateral antar pemerintah ini adalah untuk memperkuat sektor ekstraktif di negara-negara anggota ASEAN. Kerja sama ini telah meningkatkan kapasitas negara-negara anggota ASEAN dalam industri ekstraktif, seperti survei geologi, penilaian dan pemetaan sumber daya, rehabilitasi tambang, serta peluang bisnis dan investasi di sektor pertambangan
Perjanjian dan kemitraan bisnis multilateral antar pemerintah		
Indonesia-Korea Comprehensive Economic Partnership Agreement (IK-CEPA)	Penggunaan baterai	Mendorong pelaksanaan dan perluasan kerja sama di sektor-sektor strategis seperti pengembangan ekosistem EV dan baterai EV di Indonesia serta transisi energi. Sejauh ini, telah ada Nota Kesepahaman (MoU) dan implementasi yang terkait dengan pengembangan baterai, teknologi penyimpanan baterai, dan pengemasan untuk kendaraan listrik (EV) ¹⁶⁵ .
Indonesia-Australia Comprehensive Economic Partnership Agreement (IA-CEPA)	Semua	Ini mencakup ketentuan untuk kemitraan dalam pengembangan industri manufaktur EV. Hal ini mencakup kemitraan komersial dalam pasokan dan pengolahan mineral, manufaktur baterai, produksi kendaraan, platform teknologi, dan infrastruktur pengisian daya ¹⁶⁶ .

¹⁶¹ [Asian Development Bank. \(2023\). Indonesia: Electric Transportation and Charging. ADB Completion Report.](#)

¹⁶² [World Bank. \(2019\). New World Bank Fund to Support Climate-Smart Mining for Energy Transition. Press Release.](#)

¹⁶³ [Perbankan Semakin Gencar Salurkan Kredit Kendaraan Listrik – Kontan.co.id, 2023](#)

¹⁶⁴ [Pertumbuhan Kredit Investasi Pertambangan Cetak Rekor – Bisnis.com, 2022](#)

¹⁶⁵ [Ministry of Foreign Affairs. \(2021\). Penandatanganan MoU Kerja Sama Investasi Industri Sel Baterai antara Konsorsium Korsel dengan Pemerintah Indonesia dan PT. Industri Baterai Indonesia \(IBI\). News.](#)

¹⁶⁶ [Kemitraan Baterai Listrik Indonesia-Australia \(Kompas 2023\)](#)

Pemangku kepentingan	Fase dalam Rantai Pasok ¹	Fungsi dalam Rantai Pasok
Belt Road Initiative (BRI)	Semua	Program pembangunan global China bertujuan untuk meningkatkan kerja sama dalam infrastruktur, investasi, dan perekonomian dalam industri baterai Indonesia. Salah satu proyek penting yang dihasilkan dari kolaborasi Belt and Road Initiative (BRI) antara Indonesia dan China adalah kawasan industri IMIP serta investasi dari produsen baterai ^{167,168} .
Regional Comprehensive Economic Partnership	Semua	Kemitraan ini membantu meningkatkan industri baterai Indonesia secara signifikan dengan memperbaiki akses pasar, memperkuat rantai pasok, serta mendorong investasi dan kolaborasi teknologi ¹⁶⁹ .
European Battery Alliance	Semua	Menyediakan transfer pengetahuan dan teknologi, memberikan akses ke teknik manufaktur baterai yang maju, praktik keberlanjutan, serta inovasi dalam pengelolaan sumber daya, yang membantu memodernisasi industri pertambangan dan pengolahan di Indonesia.
Global Battery Alliance	Semua	Melalui kolaborasi multi-pemangku kepentingan, GBA dapat mendukung Indonesia dalam meningkatkan produksi material baterai sambil menangani risiko lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG). Dengan bekerja sama dengan pelaku industri di Indonesia, GBA membantu mendorong sirkularitas dalam penggunaan sumber daya, memastikan perlindungan ekosistem, serta menciptakan praktik ketenagakerjaan yang adil di seluruh rantai nilai baterai.

¹⁶⁷ [China Belt and Road Initiative \(BRI\) Investment Report 2023. \(Green Finance & Development Center 2024\)](#)

¹⁶⁸ [CELIOS. \(2023\). Polemik Investasi China di Indonesia: Bagaimana Menghindari Kualitas Investasi yang Rendah dan Jebakan Utang?. Jakarta.](#)

¹⁶⁹ [Hadapi tantangan investasi dan akses pasar kendaraan listrik, Indonesia bisa memanfaatkan perjanjian bebas RCEP \(The Conservation 2023\)](#)

5 Geopolitik mineral transisi kunci

5.1 Indonesia dalam Geopolitik Mineral Kritis

Indonesia memainkan peran penting dalam geopolitik mineral utama, terutama karena cadangan nikel dan kobalt yang melimpah.

Kebijakan luar negeri Indonesia didasarkan pada prinsip kedaulatan, non-blok, diplomasi ekonomi, serta ekspansi peran Indonesia sebagai 'kekuatan menengah global'.¹⁷⁰ Indonesia memiliki beberapa keunggulan yang memperkuat posisinya dalam keseimbangan global. Pertama, Indonesia terletak di kawasan yang relatif stabil di jantung Indo-Pasifik, sebuah wilayah dengan kepentingan strategis yang terus meningkat. Kedua, Indonesia adalah anggota dari sebuah blok politik dan ekonomi Association of Southeast Asian Nations (ASEAN).¹⁷¹ Ketiga, konstitusi Indonesia melarang negara ini bergabung dalam aliansi militer mana pun.¹⁷² Prinsip ini mencerminkan komitmen Indonesia untuk menjaga sikap netral dalam kebijakan luar negerinya, yang memungkinkan Indonesia untuk menjalin kerja sama dengan berbagai negara dan organisasi internasional.¹⁷³ Terakhir, pertumbuhan ekonomi Indonesia termasuk yang tercepat di antara negara-negara berkembang. Dengan memanfaatkan lokasi strategisnya, kepercayaan yang terjalin di dalam ASEAN, komitmen konstitusional terhadap non-blok, dan pertumbuhan ekonomi yang signifikan, Indonesia dapat secara efektif berkontribusi terhadap stabilitas dan kerja sama.

Dalam beberapa tahun terakhir, Indonesia telah menerapkan kebijakan strategis untuk memperkuat posisinya dalam pasar mineral global. Sebagai contoh, pada Januari 2020, Indonesia menerapkan larangan ekspor bijih nikel guna meningkatkan industri pemrosesan dalam negeri serta menambah nilai dalam rantai pasokannya. Selain itu, Indonesia telah berupaya menjalin perjanjian perdagangan, termasuk usulan perjanjian perdagangan bebas terbatas dengan Amerika Serikat, untuk mendukung ambisinya dalam pasar mineral utama serta industri EV. AS, bersama dengan sekutunya, secara aktif berupaya mengurangi ketergantungan terhadap Tiongkok.

Mengingat bahwa AS dan sekutunya kekurangan cadangan nikel domestik, mereka memiliki kepentingan yang kuat untuk menjalin hubungan bilateral yang erat dengan Indonesia—produsen nikel terbesar di dunia. AS, Uni Eropa, dan negara-negara lainnya berupaya membangun rantai pasok baterai yang lebih tangguh guna mendukung transisi energi dan digital. Mereka memiliki kepentingan besar untuk meningkatkan impor mineral utama dari negara-negara selain Tiongkok, terutama karena kekhawatiran akan keberlanjutan pasokan bahan baku untuk produksi baterai EV dalam jangka panjang. Dengan sumber daya mineral yang melimpah serta keinginannya untuk mendiversifikasi

¹⁷⁰ Cabinet Secretariat of the Republic of Indonesia, 'Indonesia's Foreign Policy Priorities in 5 Years Ahead' (January 2015); I Ardhani, R W Nandyatama & R Alif Alvian, 'Middle power legitimization strategies: the case of Indonesia and the ASEAN Outlook on the Indo-Pacific' 77 (4) *Australian Journal of International Affairs* (2023); A Rizky Mardhatillah Umar, 'The rise of the Asian middle powers: Indonesia's conceptions of international order' 99 (4) *International Affairs* (2023), hal. 1459-1476.

¹⁷¹ <<https://asean.org/member-states/>>

¹⁷²

¹⁷³ C Khoe, 'How will the Prabowo Administration Shape Indonesia's Foreign Policy As a Middle Power?' (20 August 2024, *Asia Pacific Bulletin*).

sumber investasi, Indonesia muncul sebagai mitra alami dalam konteks ini. Indonesia ingin menarik investasi asing di sektor ini, tidak hanya untuk meningkatkan ekspor tetapi juga untuk mendiversifikasi sumber investasi agar tidak terlalu bergantung pada satu negara, yakni Tiongkok.

Larangan ekspor bijih nikel—yang bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah dalam negeri dengan memastikan bahwa nikel diproses di dalam negeri sebelum diekspor dalam bentuk produk bernilai lebih tinggi—diberlakukan dalam bentuk terbarunya pada tahun 2020. Kebijakan ini dirancang untuk (1) memperkuat industri pemrosesan dalam negeri; (2) meningkatkan nilai ekonomi dengan mengekspor produk nikel olahan bernilai lebih tinggi dibandingkan bijih mentah; (3) menciptakan lapangan kerja dan mendorong pertumbuhan ekonomi; serta (4) dalam jangka panjang, menempatkan Indonesia sebagai pemain utama di pasar EV global.¹⁷⁴

Larangan ekspor bijih nikel ini telah menghasilkan investasi besar di dalam negeri. Sejak kebijakan tersebut diterapkan, Indonesia telah mengalami lonjakan investasi yang signifikan dalam pembangunan smelter nikel dan kawasan industri. Mayoritas investasi ini berasal dari perusahaan-perusahaan Tiongkok, termasuk raksasa industri seperti Tsingshan Holding Group dan Jiangsu Delong Nickel Industry.

Upaya ini merupakan bagian dari tren global di mana negara-negara yang kaya akan mineral strategis memanfaatkan sumber daya mereka untuk mendapatkan keuntungan ekonomi dan strategis dalam transisi energi global. Berkat kekayaan sumber daya mineralnya, kebijakan luar negeri non-blok, serta institusi demokratis yang mengedepankan supremasi hukum, Indonesia menjadi mitra strategis yang menarik bagi semua kekuatan global utama.

5.2 Konsentrasi geografis dan kerentanan rantai pasok

Distribusi global mineral yang tidak merata, yang sangat penting bagi transisi energi, mengharuskan adanya perdagangan internasional. Negara-negara yang kaya akan sumber daya ini perlu mengekspor ke negara-negara yang kekurangan, sehingga mendorong peningkatan kerja sama dan ketergantungan global.¹⁷⁵ Nilai perdagangan global dalam mineral utama telah berkembang pesat, melampaui perdagangan barang secara keseluruhan.¹⁷⁶ Hal ini menyoroti peran krusial perdagangan internasional dan rantai pasok dalam memproses serta mendistribusikan bahan-bahan ini kepada pengguna akhir.

Konsentrasi geopolitik juga membuka rantai pasok terhadap berbagai kerentanan, seperti ketidakstabilan politik serta tantangan lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG). Karena meningkatnya permintaan secara masif terhadap mineral-mineral ini akibat transisi energi hijau, beberapa yurisdiksi secara aktif mengadopsi berbagai kebijakan untuk mengamankan rantai pasok mineral utama. Aspek geopolitik yang muncul dalam kaitannya dengan mineral utama mencakup pola perdagangan baru yang sedang

¹⁷⁴ IEA, 'Prohibition of the export of nickel ore' (pembaruan terakhir 19 Maret 2024), <<https://www.iea.org/policies/16084-prohibition-of-the-export-of-nickel-ore>>

¹⁷⁵ N Srivastava, 'Trade in critical minerals: Revisiting the legal regime in times of energy transition' 82 *Resources Policy* (2023), 103491;

¹⁷⁶ P Kowalski and C Legendre, *Raw Materials for the Green Transition: Production, International Trade and Export Restrictions*, OECD Trade Policy Papers, No 269 (Paris: OECD Publishing), hal. 5, 19.

berkembang serta potensi bagi pemain baru—yang berbeda dari bahan bakar fosil¹⁷⁷—untuk mendominasi pasar mineral utama.

Secara khusus, kebangkitan Tiongkok telah mengganggu kekuatan industri tradisional seperti AS dan Uni Eropa, sehingga mendorong terbentuknya aliansi geopolitik baru.¹⁷⁸ Seperti yang telah dibahas dalam Bagian 2, konsentrasi geologis sumber daya tidak hanya terbatas pada tahap ekstraksi; dominasi Tiongkok juga mencakup berbagai tahapan dalam rantai pasok. Pada awal 2000-an, Tiongkok menerapkan kebijakan *'going-out'* untuk mengakuisisi aset luar negeri, yang memungkinkan akses terhadap mineral yang tidak tersedia di dalam negeri. Sebagai contoh, pada tahun 2008, Tiongkok menandatangani perjanjian dengan Republik Demokratik Kongo yang dikenal sebagai Pakta Sicominex, sebuah kesepakatan besar terkait 'pertukaran mineral untuk infrastruktur'. Dalam perjanjian ini, Tiongkok memperoleh hak atas penambangan kobalt dan tembaga di Republik Demokratik Kongo. Sebagai imbalannya, Tiongkok berkomitmen untuk menginvestasikan sekitar 6 miliar dolar AS dalam berbagai proyek infrastruktur di Kongo. Pakta ini merupakan bagian dari strategi luas Tiongkok untuk mengamankan sumber daya mineral yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonominya yang pesat. Selain itu, Tiongkok telah membentuk kemitraan strategis dengan banyak negara yang terlibat dalam Inisiatif Sabuk dan Jalan untuk mengamankan akses terhadap mineral utama. Kemitraan ini sering kali melibatkan investasi dalam proyek pertambangan dan pembangunan infrastruktur sebagai imbalan atas hak eksploitasi mineral¹⁷⁹

Sebagai contoh, perusahaan-perusahaan Tiongkok telah membangun kehadiran dominan di sektor nikel Indonesia melalui investasi besar-besaran. Pada tahun 2023, Indonesia muncul sebagai penerima manfaat terbesar dari Inisiatif Sabuk dan Jalan Tiongkok. Lebih dari itu, perusahaan-perusahaan Tiongkok bertanggung jawab atas pembangunan lebih dari 90 persen smelter nikel di Indonesia.¹⁸⁰ Dalam industri hilir, perusahaan kendaraan listrik (EV) asal Tiongkok telah memperoleh keunggulan kompetitif dibandingkan dengan pesaing mereka dari AS dan Uni Eropa. Keunggulan ini didukung oleh keberhasilan prioritisasi industri yang dilakukan selama beberapa dekade, sebagaimana ditetapkan dalam rencana lima tahun pemerintah Tiongkok, serta kebijakan insentif yang diperkenalkan untuk mendukung tujuan tersebut. Insentif ini mencakup berbagai subsidi untuk meningkatkan produksi EV, memperluas akses pasar, serta kebijakan terkait seperti insentif untuk pembangunan stasiun pengisian daya EV. Faktor-faktor kunci yang berkontribusi terhadap dominasi Tiongkok dalam rantai pasok mineral utama dirangkum dalam Gambar 5.1.

¹⁷⁷ Lihat IRENA, *Geopolitics of the energy transition: Critical Materials* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2023), p. 13 yang merangkum perbedaan utama antara bahan bakar fosil dan material kritis.

¹⁷⁸ S Kalantzakos, 'The Race for Critical Minerals in an Era of Geopolitical Realignment' 55 *The International Spectator* (2020), p. 2; V Vivoda, R Matthews and N McGregor, 'A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs' 89 *Resources Policy* (2024), 104587.

¹⁷⁹ T Chen and W Chen, 'Understanding the Belt & Road Initiative and its impact in China' (11 May 2024, *Commercial Dispute Resolution Essential Intelligence*), <<https://www.cdr-news.com/cdr-essential-intelligence/belt-and-road-initiative/china/>>

¹⁸⁰ Lihat e.g., G Baskaran, 'Diversifying Investment in Indonesia's Mining Sector' (11 July 2024, *Center for Strategic & International Studies*), <<https://www.csis.org/analysis/diversifying-investment-indonesias-mining-sector>>

Gambar 5.1 Contoh faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap dominasi EV Tiongkok

181

Raw materials and refining	- China has significant control over the supply chain of raw materials needed for EV batteries, such as lithium, cobalt and nickel. - This control is bolstered by investments in mining operations both domestically and internationally, as well as refining.
Battery production	China is a global leader in battery manufacturing, particularly lithium-ion batteries
Research and development	China has invested significantly in research and development that has led to advancements in EV technology.
Charging infrastructure	The development of extensive charging networks is crucial for the adoption of EVs; China has been rapidly expanding its charging infrastructure, also ensuring the growth of domestic market and demand.
Strategic government policies	- Early government policy decision to go 'all-in' regarding EVs and staying consistent with this policy choice. - China has adopted a range of successful government policies to support both supply and demand of EVs. These include, but are not limited to, government subsidies, tax breaks and procurement contracts.

Sumber: Penyusunan sendiri

Dominasi ini membawa implikasi geopolitik yang signifikan—kontrol atas sumber daya mineral utama memberikan kekuatan ekonomi yang besar serta keuntungan strategis.¹⁸² Perkembangan ini tidak hanya mencakup rantai pasokan mineral baterai, tetapi juga bahan mineral utama yang menjadi fondasi bagi berbagai teknologi modern lainnya. Hal ini terjadi karena mineral utama dan bahan mentah lainnya merupakan input penting dalam produksi berbagai barang dan jasa, menjadikannya sebagai titik kritis dalam rantai pasokan domestik maupun internasional. Oleh karena itu, gangguan dalam pasokan mineral ini dapat berdampak luas dan signifikan terhadap seluruh sistem.¹⁸³ Tabel 5.1 mengilustrasikan berbagai faktor yang mengganggu stabilitas dan keandalan rantai pasokan global untuk mineral utama.

Tabel 5.1. Faktor-faktor yang mengganggu stabilitas dan keandalan rantai pasokan global

Kategori faktor	Contoh faktor pengganggu
Guncangan eksternal	Bencana alam, pandemi, perang, kecelakaan tambang
Pembatasan ekspor	Kuota ekspor, pajak ekspor, harga ekspor minimum wajib
Nasionalisme sumber daya	Sengketa pajak, nasionalisasi, penyaringan investasi asing
Kartel mineral	Koordinasi produksi, penetapan harga, alokasi pasar
Ketidakstabilan politik dan kerusuhan sosial	Pemogokan pekerja, kekerasan, korupsi
Manipulasi pasar	Short squeezing, market cornering, spoofing, insider trading

Sumber: IRENA, *Geopolitics of the energy transition: Critical Materials* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2023), p. 52.

¹⁸¹ Lihat Z Yang, 'How did China come to dominate the world of electric cars?' (21 February 2023), MIT Technology Review.

¹⁸² V Vivoda, R Matthews and N McGregor, 'A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs' 89 *Resources Policy* (2024), 104587.

¹⁸³ OECD, *Raw Materials Critical for the Green Transition: Production, International Trade and Export Restrictions* (April 2023, OECD Trade Policy Paper No 269), hal. 35.

5.3 Kompetisi strategis

5.3.1 Meningkatnya nasionalisme sumber daya

Mineral-mineral penting—meliputi proses ekstraksi dan pasokan, pemrosesan, hingga manufaktur—serta EV sebagai produk akhir, telah menjadi elemen baru dalam persaingan strategis dan ekonomi yang semakin luas. Persaingan strategis ini terwujud dalam berbagai bentuk.

Pertama, seperti yang dijelaskan dalam Bagian 2 tentang analisis kondisi rantai pasokan global saat ini, dominasi Tiongkok sangat kuat di setiap tahap rantai pasokan. Untuk menghadapi dominasi Tiongkok dan membangun rantai pasokan yang lebih tangguh, yurisdiksi dengan permintaan tinggi akan mineral penting dan EV—terutama AS dan Uni Eropa—telah menerapkan kebijakan yang memprioritaskan pengamanan berbagai titik dalam rantai pasokan. Langkah-langkah ini mencakup penimbunan mineral strategis, onshoring dan/atau friendshoring, serta mendorong penelitian dan pengembangan bahan alternatif atau sumber pasokan baru.¹⁸⁴ Kebijakan ini menunjukkan bahwa persaingan strategis atas mineral penting, baterai, dan EV telah diwujudkan dalam bentuk tindakan legislatif yang spesifik.

Kedua, dengan meningkatnya kebutuhan akan mineral penting untuk transisi energi hijau dan konsentrasi pasokan yang tinggi, perdagangan internasional akan menjadi faktor krusial dalam memenuhi permintaan yang semakin pesat. Kepentingan yang berbeda antara negara-negara kaya sumber daya dan negara-negara yang bergantung pada sumber daya telah menghasilkan kebijakan perdagangan yang bertentangan, yang membentuk tren global. Negara-negara kaya sumber daya menerapkan langkah-langkah pembatasan perdagangan untuk mendorong industrialisasi nasional, sementara negara-negara yang bergantung pada sumber daya menggunakan perjanjian perdagangan bebas atau mekanisme bilateral lainnya untuk memastikan akses pasar dan mencegah pembatasan perdagangan dengan sekutu yang memiliki pandangan serupa. Bentuk kerja sama ini sering disebut sebagai *strategic partnerships* atau *strategic partnership agreements*.¹⁸⁵ Perjanjian semacam ini beroperasi di luar kerangka hukum perdagangan multilateral, tidak bersifat mengikat secara hukum, dan menunjukkan beberapa tren, seperti memungkinkan negara-negara yang bergantung pada sumber daya untuk mengidentifikasi dan mensubsidi proyek-proyek di negara ketiga.¹⁸⁶ Sebagai contoh, Uni Eropa telah menandatangani beberapa perjanjian perdagangan bebas, misalnya dengan Argentina, Paraguay, Uruguay, dan Brasil—yang merupakan salah satu sumber utama mineral transisi—dengan tujuan menghapus tarif ekspor dan pajak atas mineral.¹⁸⁷

Geopolitik telah menjadi faktor utama dalam kebijakan ekonomi di banyak negara. Transisi energi bersih yang menyebabkan meningkatnya permintaan akan mineral penting telah mendorong adopsi langkah-langkah proteksionis dan nasionalisme sumber

¹⁸⁴ S L Penttinen and E Burlinghaus, 'The battery rush and global supply chains: Regulatory pathways towards resilient supply chains of critical minerals in the US and the EU', *McGill Journal of Sustainable Development Law* (forthcoming 2025).

¹⁸⁵ S Sasmal, 'A Stacked Deck That Keeps Getting Higher: The Relationship Between Critical Raw Materials, the WTO and 'Strategic Partnerships' (Briefing paper 79, April 2024, UK Trade Policy Observatory).

¹⁸⁶ *ibid.*

¹⁸⁷ European Commission Press Release, 'EU and Mercosur reach agreement on trade' (28 June 2019, Brussels) IP/19/3396.

daya.¹⁸⁸ Hal ini juga tercermin dalam penerapan berbagai pembatasan perdagangan, yang paling menonjol berupa pembatasan ekspor mineral-mineral tertentu. Mengingat mineral-mineral penting ini menjadi bahan baku untuk berbagai produk lainnya, gangguan pasokan atau kebijakan yang mempengaruhi pasokan dapat menimbulkan dampak sistemik yang signifikan, termasuk gangguan dalam rantai pasokan global. Kebijakan nasional sering kali menggunakan pembatasan perdagangan sebagai alat untuk mendukung sektor industri dalam negeri.¹⁸⁹ Selain itu, pembatasan perdagangan dalam bentuk persyaratan perizinan atau pajak ekspor juga dapat digunakan untuk mencapai tujuan nasional lainnya, seperti mengatasi dampak lingkungan dan sosial atau meningkatkan pendapatan negara.¹⁹⁰

Antara tahun 2009 dan 2022, pembatasan ekspor telah meningkat lima kali lipat.¹⁷⁶ Lebih lanjut, pembatasan ekspor sering kali memicu efek domino—pembatasan yang diterapkan di satu negara menciptakan insentif bagi negara penghasil lainnya untuk menerapkan kebijakan serupa. Hal ini kemudian memberikan tekanan pada harga komoditas internasional, yang dapat mendorong semakin banyaknya kebijakan pembatasan ekspor. Tabel 5.1 memberikan gambaran tentang jenis-jenis pembatasan perdagangan yang diterapkan serta tujuan yang dilaporkan oleh beberapa negara pada tahun 2022.

Tabel 5.1 Contoh jenis pembatasan perdagangan yang berlaku pada 2022 terkait mineral dalam ruang lingkup studi ini

Negara	Komoditas	Pembatasan perdagangan (2022)	Tujuan kebijakan
Indonesia	Bijih & konsentrat nikel, HS 260400; Oksida & hidroksida nikel, HS282540	Persyaratan lisensi; larangan ekspor	Pemantauan/kontrol aktivitas ekspor; Melindungi industri hilir dalam negeri
Zimbabwe	Oksida & hidroksida litium HS282520; Grafit alami dalam bentuk bubuk/serpihan, HS250410	Larangan ekspor; persyaratan lisensi	Mendorong pemrosesan lanjutan/nilai tambah; Mengendalikan aktivitas penambangan ilegal; Meningkatkan pendapatan; Pemantauan/kontrol aktivitas ekspor
Argentina	Oksida & hidroksida litium, HS282520	Pajak ekspor (4,5%)	Mendorong pemrosesan lanjutan/nilai tambah; Melindungi industri hilir dalam negeri
Tiongkok	Oksida & hidroksida kobalt, oksida kobalt komersial, HS282200;	Persyaratan lisensi	Tidak ada tujuan yang dilaporkan
Republik Demokratik Kongo (DRC)	Oksida & hidroksida kobalt, oksida kobalt komersial, HS282200	Pajak ekspor tambahan (1%), pajak ekspor (0,5%), pajak fiskal (USD 100)	Meningkatkan pendapatan, Pemantauan/kontrol aktivitas ekspor
Rusia	Bijih & konsentrat nikel, HS260400	Persyaratan lisensi	Tidak ada tujuan yang dilaporkan

Sumber: OECD, *Inventory of export restrictions on industrial raw materials*, tersedia di https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/export-restrictions-on-critical-raw-materials/oecd-industrial-raw-materials-complete-data_2023.xlsx

¹⁸⁸ Lihat misalnya, D Xu, S Dou, Y Zhu and J Cheng, 'Resource nationalism: the intersection of politics and economics' 11 *Humanit Soc Sci Commun* (2024); A Hurrel, 'Geopolitics and global economic governance' 40 (2) *Oxford Review of Economic Policy* (2024). hal. 220-233.

¹⁸⁹ P Kowalski and C Legendre, *Raw Materials for the Green Transition: Production, International Trade and Export Restrictions*, OECD Trade Policy Papers, No 269 (Paris: OECD Publishing), hal. 35.

¹⁹⁰ *ibid.*

Nasionalisme sumber daya dan gangguan dalam rantai pasokan menciptakan risiko besar bagi pasar global serta menandai pergeseran dalam geopolitik "tradisional". Untuk menekankan pentingnya ketahanan rantai pasokan mineral transisi utama, beberapa yurisdiksi pelopor telah mengembangkan kebijakan perdagangan dan industri, '(open) strategic autonomy'¹⁸ Uni Eropa, 'Made in China 2025'¹⁹¹ dan 'Made in America Supply Chain for Critical Minerals'¹⁹². Kekhawatiran mengenai keamanan nasional yang semakin terintegrasi dalam kebijakan untuk mengamankan rantai pasokan menegaskan pentingnya pengamanan mineral utama serta dampak geopolitik dari rantai pasokan ini. Langkah-langkah terbaru dalam kerangka kebijakan ini bertujuan untuk membangun rantai pasokan mineral transisi yang lebih beragam dan tangguh. Upaya ini telah menyebabkan diversifikasi sumber pasokan yang lebih luas, termasuk inisiatif dalam daur ulang dan penggunaan kembali, serta peningkatan kapasitas pemrosesan dan manufaktur global sebagaimana telah dijelaskan dalam Bagian 3.

5.3.2 Perang dagang tarif

Amerika Serikat dan sekutunya telah lama menyuarakan kekhawatiran mengenai kebijakan industri ambisius Tiongkok yang didukung oleh subsidi besar, khususnya di sektor-sektor strategis. Kebijakan dan subsidi ini telah berperan penting dalam keberhasilan industri EV Tiongkok selama dekade terakhir. Pada tahun 2023 dan 2024, berbagai pembatasan perdagangan sepihak terhadap kendaraan listrik Tiongkok diberlakukan oleh pasar ekspor utama. Pertama, AS mengumumkan penerapan tarif pada berbagai komoditas asal Tiongkok, termasuk kendaraan listrik, baterai, dan mineral utama, di bawah Bagian 301 dari US Trade Act Tahun 1974.¹⁹³ Pada tahun 2024, tarif kendaraan listrik yang diimpor dari Tiongkok meningkat dari 25% menjadi 100%. Kebijakan ini bertujuan untuk memastikan bahwa "*masa depan industri otomotif akan dibuat di Amerika oleh pekerja Amerika ... [k]enaikan tarif kendaraan listrik ini bertujuan untuk melindungi investasi dan pekerjaan [Amerika] dari impor Tiongkok yang dianggap tidak adil.*"¹⁹⁴ Tarif baterai lithium-ion EV dan suku cadangnya meningkat dari 7,5% menjadi 25% pada 2024. Tarif grafit alami, magnet permanen, dan mineral penting lainnya meningkat dari 0% menjadi 25% pada 2024.

Kedua, pada tahun 2023, impor kendaraan listrik dari Tiongkok ke Uni Eropa mencapai lebih dari 10 miliar dolar AS.¹⁹⁵ Mengingat masuknya panel surya, kendaraan listrik, dan baterai lithium-ion Tiongkok ke pasar Uni Eropa dengan harga yang jauh lebih rendah dibandingkan produk sejenis dari produsen Eropa, Komisi Uni Eropa meluncurkan investigasi anti-subsidi. Investigasi ini bertujuan untuk mengumpulkan bukti apakah produk-produk tersebut menerima subsidi yang menyebabkan atau mengancam akan menyebabkan kerugian bagi industri Uni Eropa yang memproduksi barang serupa tetapi

¹⁹¹ Notice of the State Council on the Publication of "Made in China 2025" (PRC State 8 May 2015); Terjemahan bahasa Inggris tersedia di https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/t0432_made_in_china_2025_EN.pdf

¹⁹² Fact Sheet: Securing a Made in America Supply Chain for Critical Minerals (22 February 2022, the White House), tersedia di <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/22/fact-sheet-securing-a-made-in-america-supply-chain-for-critical-minerals/>

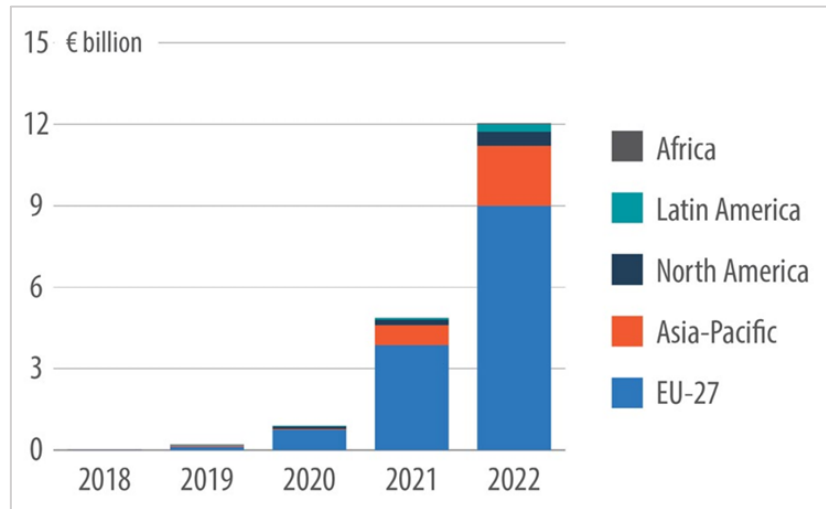
¹⁹³ The White House, 'Fact Sheet: President Biden Takes Action to Protect American Workers and Businesses from China's Unfair Trade Practices' (14 May 2024), <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/05/14/fact-sheet-president-biden-takes-action-to-protect-american-workers-and-businesses-from-chinas-unfair-trade-practices/>>

¹⁹⁴ *ibid.*

¹⁹⁵ Data dari UN Comtrade. BEV untuk kode HS 870380.

tidak menerima subsidi serupa. Investigasi ini didasarkan pada aturan bantuan negara Uni Eropa.¹⁹⁶

Gambar 5.2 Ekspor baterai kendaraan listrik dari Tiongkok berdasarkan wilayah, 2018-2022 dalam € miliar



Sumber: *European Parliament, tersedia di* [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/754553/EPRS_ATA\(2023\)754553_EN.pp](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/754553/EPRS_ATA(2023)754553_EN.pp). Data from UN Comtrade. Battery electric vehicles for HS code 870380. Data does not include values for Luxembourg owing to a lack of data.

Sebagai hasil dari penyelidikan, Komisi Uni Eropa menyimpulkan bahwa rantai nilai EV di Tiongkok didukung oleh subsidi yang tidak adil, yang menimbulkan risiko signifikan terhadap produsen EV di Uni Eropa.¹⁹⁷ Oleh karena itu, Komisi Uni Eropa memberlakukan bea imbalan hingga 45,3% atas impor kendaraan listrik baterai dari Tiongkok selama lima tahun. Tarif baru ini diterapkan di atas bea impor kendaraan Uni Eropa yang sudah ada sebesar 10%. Tarif yang dikenakan ditentukan berdasarkan tingkat keterlibatan masing-masing produsen EV dalam investigasi serta besarnya dukungan yang mereka terima. Dari tiga eksportir Tiongkok yang dijadikan sampel, BYD menghadapi tarif sebesar 17%, Geely 18,8%, dan SAIC 35,3%. Perusahaan lain yang bekerja sama dalam penyelidikan dikenakan bea sebesar 20,7%, dengan opsi untuk meminta tinjauan cepat guna menentukan tarif individu mereka. Sementara itu, perusahaan yang tidak bekerja sama dikenakan tarif sebesar 35,3%. Tarif ini akan berlaku selama lima tahun, kecuali jika Uni Eropa memutuskan untuk mencabutnya lebih awal.¹⁹⁸ Karena tarif EV yang diberlakukan tidak mencakup kendaraan hybrid, diperkirakan segmen kendaraan ini akan terus mengalami peningkatan signifikan di pasar Uni Eropa.¹⁹⁹

Ketiga, pajak impor tambahan terhadap produk impor dari Tiongkok juga diterapkan di Turki. Tujuan utama dari penerapan pajak ini adalah untuk melindungi industri EV domestik dan mengatasi ketidakseimbangan perdagangan. Terakhir, pada Oktober 2024,

¹⁹⁶ Langkah-langkah anti-subsidi bertujuan untuk mengurangi distorsi dalam perdagangan internasional dan merupakan salah satu dari tiga kategori instrumen pertahanan perdagangan Uni Eropa, bersama dengan tindakan anti-dumping dan tindakan pengamanan. Kerangka legislatif yang mengatur instrumen pertahanan perdagangan Uni Eropa didasarkan pada, dan selaras dengan, tiga perjanjian multilateral yang sesuai yang ditetapkan oleh WTO. Lihat Parlemen Uni Eropa, 'EU anti-subsidy probe into electric vehicle imports from China'.

¹⁹⁷ European Commission Press Release, 'EU imposes duties on unfairly subsidized electric vehicle from China while discussion on price undertakings continue' (29 October 2024), IP/24/5589.

¹⁹⁸ *ibid.*

¹⁹⁹ Reuters, 'China automakers pivot to hybrids for Europe to counter EV tariffs' (5 December 2024), <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/china-automakers-pivot-hybrids-europe-counter-ev-tariffs-2024-12-05/>

pajak tambahan sebesar 100% terhadap semua kendaraan listrik (EV) buatan Tiongkok mulai berlaku di Kanada, meningkat drastis dari tarif sebelumnya sebesar 6,1%. Pajak yang diberlakukan oleh Pemerintah Kanada ini mencakup semua kendaraan listrik buatan Tiongkok, termasuk mobil penumpang listrik dan hybrid tertentu, truk, bus, serta van pengiriman.²⁰⁰ Kanada juga merencanakan tarif tambahan lebih lanjut terhadap impor dari Tiongkok.²⁰¹

Tarif yang diberlakukan oleh Uni Eropa, AS, Kanada, dan Turki ini merupakan contoh langkah strategis yang diambil sebagai respons terhadap tekanan kompetitif dari Tiongkok. Semua yurisdiksi yang disebutkan di atas memiliki motivasi yang sama dalam menerapkan kebijakan ini: melindungi dan memajukan sektor EV domestik yang masih berkembang. Tiongkok tentu tidak tinggal diam terhadap langkah-langkah ini. Negara tersebut telah mengajukan keluhan ke WTO terhadap tarif yang diperkenalkan oleh Uni Eropa dan Kanada, dengan alasan bahwa kebijakan tersebut melanggar aturan perdagangan internasional. Penerapan tarif ini berlangsung di tengah meningkatnya kekhawatiran tentang semakin banyaknya hambatan perdagangan proteksionis dan menurunnya pengaruh WTO.

Aturan perdagangan yang ada, khususnya di bawah Organisasi Perdagangan Dunia (WTO), secara tradisional menghambat negara-negara kaya sumber daya untuk menerapkan kebijakan perdagangan tertentu. Pembatasan impor dan ekspor secara kuantitatif umumnya dilarang berdasarkan Pasal XI Perjanjian Umum tentang Tarif dan Perdagangan (GATT) WTO. Namun, GATT memberikan pengecualian terhadap aturan utama ini. Dasar pengecualian tersebut, yang sering digunakan oleh anggota WTO dalam sektor mineral dan logam, berkaitan dengan kebijakan publik non-ekonomi, seperti perlindungan kehidupan dan kesehatan manusia, hewan, serta tumbuhan, konservasi sumber daya alam yang terbatas, dan jaminan pasokan domestik yang memadai dalam kondisi tertentu.²⁰²

Perselisihan terbaru dalam hal ini adalah sengketa antara Indonesia dan Uni Eropa terkait larangan ekspor nikel Indonesia. Indonesia memberlakukan larangan ekspor bijih nikel, yang mengharuskan bijih tersebut diproses di dalam negeri sebelum diekspor.²⁰³ Kebijakan ini diadopsi dengan tujuan untuk mendorong industri pengolahan domestik. Uni Eropa mengajukan keluhan ke panel WTO, dengan alasan bahwa pembatasan tersebut secara tidak adil membatasi akses terhadap bahan baku yang dibutuhkan, terutama untuk produksi baja tahan karat. Panel WTO memutuskan mendukung Uni Eropa, menyatakan bahwa langkah-langkah Indonesia tidak sesuai dengan kewajiban di bawah GATT dan tidak dapat dibenarkan oleh pengecualian apa pun.²⁰⁴ Indonesia kini telah mengajukan banding atas putusan tersebut ke Badan Banding WTO, yang saat ini tidak berfungsi²⁰⁵, sehingga secara efektif menghambat penyelesaian akhir sengketa ini.

²⁰⁰ Department of Finance Canada, 'Surtax on Chinese-made Electric Vehicles' (Government of Canada), <<https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2024/08/surtax-on-chinese-made-electric-vehicles.html>>

²⁰¹ 'Canada to impose more tariffs on Chinese imports in new year' (17 December 2024, Mining.com) <<https://www.mining.com/web/canada-to-impose-more-tariffs-on-chinese-imports-in-new-year/>>

²⁰² Lihat I Espá, 'GATT general exceptions relevant and applicable to WTO-inconsistent export restrictions' in *Export Restrictions on Critical Minerals and Metals: Testing the Adequacy of WTO Disciplines* (Cambridge International Trade and Economic Law, Cambridge University Press 2015), hal.193-228.

²⁰³ Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral 11/2019.

²⁰⁴ World Trade Organization, "Indonesia – Measures Relating to Raw Materials" WT/DS592R (2022).

²⁰⁵ Untuk gambaran umum mengenai Krisis Badan Banding WTO, lihat misalnya, P Van den Bossche, *Can the WTO Dispute Settlement System Be Revived? Options for Addressing a Major Governance Failure of the World Trade*

Uni Eropa sedang mempertimbangkan untuk menggunakan Regulasi Penegakan (*Enforcement Regulation*)²⁰⁶ guna memberlakukan tindakan balasan jika sengketa ini tetap tidak terselesaikan.²⁰⁷ Selain itu, perlu dicatat bahwa pada tahun 2020, sekelompok 20 anggota WTO, termasuk Uni Eropa, menandatangani Multi-Party Interim Appeal Arbitration Arrangement (MPIA) berdasarkan Pasal 25 dari WTO Dispute Settlement Understanding. Mekanisme ini memungkinkan para anggotanya untuk menggunakan arbitrase sebagai alternatif dari proses penyelesaian sengketa WTO yang tradisional.

Sementara AS membenarkan tarif EV-nya dengan mengacu pada praktik perdagangan tidak adil oleh Tiongkok, menuduhnya membanjiri pasar global dengan ekspor berharga rendah secara artifisial yang berpotensi menjadi dasar untuk pengaduan WTO, AS tidak mengajukan keluhan tetapi malah memutuskan untuk melanjutkan penerapan tarif tersebut. Menariknya, Tiongkok tidak mengajukan keluhan terhadap tarif AS. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh disfungsi saat ini dalam proses penyelesaian sengketa WTO. AS bukan merupakan pihak dalam MPIA, dan mengingat keadaan sistem WTO saat ini, Tiongkok kemungkinan mempertimbangkan bahwa mengajukan keluhan terhadap AS tidak akan efektif.²⁰⁸

Uni Eropa menerapkan tarif dengan menggunakan bahasa yang sesuai dengan WTO, menyoroti bahwa rantai nilai EV Tiongkok mendapat manfaat dari subsidi yang tidak adil, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi bagi industri dalam negeri. Komisi Eropa menekankan upayanya untuk mencari solusi yang sesuai dengan aturan WTO. Sesuai dengan Perjanjian WTO tentang Subsidi dan Tindakan Pengimbangan (SCM), anggota dapat mengenakan bea imbalan pada impor yang disubsidi yang merugikan industri domestik, asalkan bea tersebut tidak melebihi jumlah subsidi yang diberikan. Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, investigasi yang dilakukan UE menghasilkan tarif yang bervariasi untuk berbagai produsen Tiongkok. Sebagai tanggapan, Tiongkok mengajukan keluhan ke WTO terhadap tarif tersebut dan mengumumkan penyelidikan terhadap produk susu tertentu dari UE, dengan dugaan bahwa produk tersebut menerima subsidi. Sebagai balasan, UE kembali mengajukan keluhan ke WTO, mengklaim bahwa penyelidikan yang dilakukan Tiongkok bersifat retaliatif dan tidak berdasar.²⁰⁹ Selain itu, Tiongkok juga telah memperkenalkan tarif balasan, misalnya pada minuman keras dari Eropa, yang secara khusus berdampak besar pada merek brandy Prancis²¹⁰ sebagai tambahan ke langkah-langkah *anti-dumping* terhadap impor daging babi dari UE yang telah dijalankan, yang menambah tekanan terhadap industri peternakan di Spanyol.²¹¹

Organization (WTI Working paper no. 03/2023), tersedia di https://www.wti.org/media/filer_public/dc/68/dc6816ae-6d34-4f95-8d8d-837597ce54f3/wti_wp_03_2023.pdf

²⁰⁶ Regulation (EU) 2021/167 of the European Parliament and of the Council of 10 February 2021 amending Regulation (EU) No 654/2014 concerning the exercise of the Union's rights for the application and enforcement of international trade rules, OJ L 49, 12.2.2021, hal. 1—5.

²⁰⁷ European Commission, 'EU launches consultation on use of Enforcement Regulation on Indonesian nickel export restrictions' Brussels (7 July 2023).

²⁰⁸ G Lan, 'Electric Vehicle Tariffs by the US, EU, and Canada: Different Approaches and Implications for the WTO' 28 (12) American Society of International Law (13 December 2024).

²⁰⁹ *ibid.*

²¹⁰ T Espiner, 'China hits back at EU with brandy tax' (8 October 2024, BBC), <<https://www.bbc.com/news/articles/cn8jz39x119o>>

²¹¹ A Ford, S Lau and A Zimmermann, 'Political pork: China probes, Spain scrambles' (17 June 2024, Politico), <<https://www.politico.eu/article/china-spain-anti-subsidy-probe-eu-pork-imports-trade-war/>>

Berbeda dengan Uni Eropa, Kanada tidak mendasarkan tingkat tarifnya pada investigasi subsidi yang sesuai dengan perjanjian WTO dan SCM. Sebagai tanggapan, Tiongkok mengajukan keluhan ke WTO terhadap tarif Kanada pada tahun 2024 dan memulai investigasi anti-dumping terhadap produk kanola dan bahan kimia dari Kanada, selain investigasi terpisah terkait dugaan diskriminasi.²¹² Tidak seperti Uni Eropa, Kanada belum mengajukan keluhan terhadap investigasi anti-dumping yang dilakukan oleh Tiongkok.²¹³

Seiring dengan berlangsungnya perang dagang dalam kerangka WTO, Uni Eropa dan Tiongkok juga menjajaki saluran diplomatik untuk mencapai pemahaman bersama. Keterlibatan diplomatik ini dapat lebih menguntungkan, mengingat proses penyelesaian sengketa WTO yang berkepanjangan dan berpotensi tidak terbatas—terutama dalam kondisi kerangka WTO saat ini. Negosiasi diplomatik dapat memfasilitasi solusi yang lebih fleksibel dan tepat waktu, serta menangani masalah mendasar secara lebih efektif dibandingkan mekanisme formal WTO, yang sering kali lambat dan rumit.²¹⁴

Kemungkinan besar, akibat kebijakan tarif yang baru-baru ini diterapkan oleh negara tujuan ekspor utama EV Tiongkok, perusahaan-perusahaan Tiongkok akan dipaksa untuk mendiversifikasi ekspor mereka ke pasar baru. Karena perusahaan-perusahaan berbasis domestik di Tiongkok menghadapi hambatan perdagangan yang semakin besar di pasar internasional, mereka terdorong untuk mempertimbangkan relokasi produksi.²¹⁵ Hal ini cenderung mengarah pada situasi di mana produsen Tiongkok mencari peluang investasi di negara ketiga seperti Indonesia dan Thailand. Saat ini, BYD dan GAC Aion dari Tiongkok sudah mulai membangun gigafactory di Indonesia, juga memanfaatkan insentif pajak yang ditawarkan oleh Pemerintah Indonesia.²¹⁶ Selain perusahaan-perusahaan Tiongkok, perusahaan Prancis seperti Citroën juga mendapatkan keuntungan dari kebijakan fiskal yang sama. Lingkungan investasi yang menguntungkan, didukung oleh segmen hulu rantai pasok yang berbasis lokal, menjadikan Indonesia sebagai alternatif logis bagi relokasi produksi untuk menghindari tarif yang dikenakan terhadap EV Tiongkok. Untuk sepenuhnya memanfaatkan dampak limpahan (spillover effects) yang dipicu oleh perang tarif perdagangan ini, sangat penting bagi Indonesia untuk merancang kebijakan fiskal yang menarik investasi asing dengan cara yang benar-benar menguntungkan industri secara keseluruhan, contohnya dengan mengintegrasikan persyaratan kandungan lokal dalam kerangka kebijakan dan regulasi.

Namun, relokasi produksi dapat memicu klaim mengenai penghindaran tarif anti dumping dan anti subsidi yang telah ada.²¹⁷ Dalam skenario terburuk bagi Indonesia, tindakan perlindungan perdagangan semacam itu dapat diperluas untuk menargetkan fasilitas produksi hilir di luar negeri. Akibatnya, bea proteksi perdagangan yang

²¹² 'Major economies are taking aim at China's EV industry. Here's what to know.' (16 September 2024, World Economic Forum), <<https://www.weforum.org/stories/2024/09/major-economies-are-taking-aim-at-china-s-ev-industry-here-s-what-to-know/>>

²¹³ G Lan, 'Electric Vehicle Tariffs by the US, EU, and Canada: Different Approaches and Implications for the WTO' 28 (12) American Society of International Law (13 December 2024).

²¹⁴ Lihat misalnya 'EU, China agree to more talks on potential alternatives to EV tariffs' (25 October 2024, Reuters), <<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/eu-china-agree-further-technical-negotiations-evs-2024-10-25/>>

²¹⁵ S Brinley, 'A Breakdown on Europe's Chinese EV Tariffs' (11 July 2024, UtilityDive), <<https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/a-breakdown-on-europe-chinese-ev-tariffs.html>>

²¹⁶ The companies are benefitting from an exemption on import taxes, a release from the luxury goods tax and a 1 % value-added tax rate.

²¹⁷ 'Major economies are taking aim at China's EV industry. Here's what to know.' (16 September 2024, World Economic Forum), <<https://www.weforum.org/stories/2024/09/major-economies-are-taking-aim-at-china-s-ev-industry-here-s-what-to-know/>>

dikenakan pada perusahaan induk dapat diperluas ke anak perusahaan mereka di luar negeri. Hal ini berpotensi menghambat perkembangan negara-negara seperti Indonesia yang membutuhkan investasi asing untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan mendorong industrialisasi lebih lanjut.²¹⁸ Oleh karena itu, meskipun perang tarif perdagangan dapat memberikan peluang bagi Indonesia untuk menarik lebih banyak investasi dalam segmen hilir rantai pasok, tetap diperlukan tingkat kehati-hatian tertentu.

Terakhir, perlu dicatat bahwa sektor kendaraan listrik (EV) sangat dinamis. Sebagai contoh, tarif yang dikenakan oleh Uni Eropa saat ini berlaku selama lima tahun. Dampak keseluruhan dari tarif ini, termasuk terhadap Uni Eropa sendiri, masih harus ditinjau lebih lanjut. Mengingat target ambisius Uni Eropa dalam dekarbonisasi, produksi domestik maupun produksi dari negara ketiga mungkin tidak cukup untuk mengisi kekosongan yang ditinggalkan oleh perusahaan Tiongkok. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian kebijakan yang lebih baik.

5.4 Perkembangan teknologi, inovasi, dan sumber pasokan yang terdiversifikasi

Badan Energi Terbarukan Internasional (IRENA) mengkategorikan tiga tahap dinamis yang berubah secara bertahap dan sebagian tumpang tindih dalam evolusi teknis mineral transisi utama.²¹⁹ Tahap pertama ditandai dengan kendala fisik, seperti hambatan dalam proses manufaktur dan kesulitan dalam mencocokkan pasokan dengan meningkatnya permintaan terhadap mineral-mineral kunci tertentu. Pada tahap ini, diperlukan langkah-langkah yang tidak hanya meningkatkan aktivitas pertambangan dan pemrosesan mineral utama, tetapi juga mendorong pemulihan material dari limbah tambang (*tailings*) serta pengembangan teknologi daur ulang.²²⁰

Peran pemerintah dalam hal ini adalah berinvestasi dalam infrastruktur, merancang kerangka kebijakan yang mendukung, serta mendorong penelitian dan inovasi dalam teknologi daur ulang. Peningkatan permintaan terhadap mineral transisi utama telah memicu berbagai ketegangan geopolitik, terutama akibat kondisi rantai pasokan global saat ini. Selain itu, eksplorasi terhadap deposit mineral baru terus dilakukan untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat, termasuk di dasar laut dalam, wilayah Arktik, dan bahkan luar angkasa. Beberapa penemuan signifikan telah ditemukan, misalnya cadangan *rare earth* di Swedia²²¹ dan cadangan litium di Arkansas, Amerika Serikat²²².

Mengingat ketegangan geopolitik yang sedang berlangsung di sekitar Lingkaran Arktik serta konflik terkait wilayah maritim, potensi kawasan ini untuk berkontribusi terhadap pasokan mineral global sebagai sumber baru cukup signifikan, tetapi juga sarat dengan persaingan geopolitik. Penemuan baru di wilayah ini menjanjikan peluang untuk

²¹⁸ V Crochet and W Zhou, 'Preventing the Anti-Circumvention Instrument from Undermining Development through Investment' 72 (3) *International & Comparative Law Quarterly* (2023), hal. 601.

²¹⁹ IRENA, *Geopolitics of the energy transition: Critical Materials* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2023), hal.27.

²²⁰ *Ibid.*

²²¹ Phelan Chatterjee, 'Huge rare earth metals discovery in Arctic Sweden' (12 January 2023, BBC), tersedia di <https://www.bbc.com/news/world-europe-64253708>

²²² The U.S. Geological Survey (USGS), 'Unlocking Arkansas' Hidden Treasure: USGS Uses Machine Learning to Show Large Lithium Potential in the Smackover Formation' (21 October 2024, National News Release), tersedia di <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/unlocking-arkansas-hidden-treasure-usgs-uses-machine-learning-show-large>

pengembangan komersial di masa depan serta diversifikasi pasokan bahan baku. Namun, agar dapat sepenuhnya memanfaatkan sumber daya baru ini, penting untuk mengatasi hambatan dalam pemrosesan dan manufaktur dengan memperkuat kapasitas hilir dan kemampuan produksi industri.

Partisipasi Indonesia dalam perdebatan yang sedang berlangsung mengenai perumusan aturan untuk penambangan mineral di laut dalam menjadi sangat penting. Otoritas Dasar Laut Internasional (International Seabed Authority/ISA), yang beroperasi di bawah Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS), bertindak sebagai badan otoritatif yang bertanggung jawab untuk melindungi dasar laut di wilayah di luar yurisdiksi nasional. ISA mengawasi eksplorasi dan eksploitasi sumber daya di kawasan ini, memastikan bahwa kegiatan dilakukan sesuai dengan hukum internasional serta standar lingkungan. Hal ini mencakup penetapan standar lingkungan dan memastikan bahwa praktik penambangan tidak merusak ekosistem laut yang sensitif.²²³ Pemerintah Indonesia telah mengembangkan kerangka regulasi untuk mengelola dan mengawasi aktivitas penambangan laut dalam.²²⁴ Meskipun penambangan laut dalam di masa depan berpotensi menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi lebih lanjut bagi Indonesia, terdapat kekhawatiran lingkungan yang signifikan terhadap penambangan laut dalam yang harus ditangani terlebih dahulu.

Tahap kedua, yang saat ini sudah berlangsung dalam skala besar, akan mendorong inovasi disruptif melalui ide-ide baru dan eksperimen yang dirancang untuk mengurangi konsumsi material. Hal ini pada akhirnya akan mengarah ke tahap ketiga, di mana ekonomi sirkular memainkan peran utama.²²⁵ Seperti yang telah diilustrasikan dalam Bagian 1 tentang Teknologi Baterai, baterai lithium-ion konvensional telah mendominasi pasar, dengan NMC/NCA dan LFP sebagai kimia yang paling umum digunakan. Meskipun baterai NMC dan LFP diperkirakan akan tetap mendominasi pasar di masa depan, belum dapat dipastikan teknologi mana yang pada akhirnya akan menjadi yang terdepan.²²⁶ Selain itu, perlu dicatat bahwa komposisi kimia baterai telah mengalami perubahan yang cepat, sehingga dinamika dan tren saat ini harus terus dipantau agar kebijakan nasional dapat disesuaikan secara tepat. Perubahan dalam kimia baterai dapat mengubah lanskap geopolitik dengan menggeser permintaan terhadap mineral tertentu. Negara-negara yang merupakan produsen utama mineral tersebut dapat memperoleh atau kehilangan kepentingan strategis berdasarkan pergeseran ini.

Dalam hal ini, penting untuk dicatat bahwa kimia baterai berbasis nikel saat ini diproyeksikan menjadi arus utama di Amerika Serikat dan Uni Eropa, sementara LFP diperkirakan akan terus mendominasi pasar Asia. Baterai LFP, yang tidak bergantung pada nikel dan kobalt, telah bertransisi dari produk khusus menjadi pemasok utama di pasar EV.²²⁷ Dominasi Tiongkok di pasar Indonesia saat ini mengarah pada pengembangan lebih lanjut industri LFP, dengan produk yang sebagian besar ditujukan untuk pasar Asia. Namun, untuk sepenuhnya memanfaatkan sumber daya nikel dan kobalt Indonesia, rantai nilai untuk kimia baterai berbasis nikel juga harus diperkuat.

²²³ Untuk gambaran umum mengenai perkembangan terkini, lihat misalnya, C Pickens, H Lily, E Harrould-Kolieb, C Blanchard and A Chakraborty, 'From what-if to what-now: Status of the deep-sea mining regulations and underlying drivers for outstanding issues' 169 *Marine Policy* (2023), 105967.

²²⁴

²²⁵ IRENA, *Geopolitics of the energy transition: Critical Materials* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2023), hal. 27-32.

²²⁶ *ibid.*, hal. 30.

²²⁷ J Rachman, 'Indonesia Bets Big on Electric Vehicles' May 8, 2024, *Foreign Policy*.

Hal ini memerlukan keseimbangan yang cermat dalam ketegangan geopolitik saat ini, dengan meningkatnya kebijakan anti-Tiongkok yang ditandai oleh Amerika Serikat, serta langkah-langkah proteksionis yang diadopsi oleh Uni Eropa dan AS, serta terbentuknya blok-blok baru di sekitar mineral-mineral penting. Selain itu, jika Indonesia ingin memperkuat kredibilitas keberlanjutan rantai nilai baterainya—dengan tujuan juga mengembangkan jalur pasokan sekunder di masa depan dari bahan daur ulang—baterai yang menggunakan kimia NMC mengandung bahan baku yang lebih bernilai dibandingkan dengan baterai berbasis besi seperti LFP. Oleh karena itu, menyeimbangkan ketegangan geopolitik global juga berarti menyeimbangkan pilihan teknologi yang diadopsi. Kebijakan dan regulasi yang menerapkan persyaratan proteksionis serta standar lingkungan dan keberlanjutan akan dibahas lebih lanjut dalam bagian berikut.

5.5 Kebijakan dan regulasi: kecenderungan proteksionis serta standar keberlanjutan lingkungan dan sosial

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai kebijakan industri proteksionis telah diadopsi, seperti Inflation Reduction Act dan CHIPS and Science Act di Amerika Serikat, Critical Raw Materials Act dan Net Zero Industry Act di Uni Eropa, serta Critical Minerals Strategy dan Investment Canada Act di Kanada. Kebijakan proteksionis ini mencerminkan tren yang lebih luas menuju nasionalisme sumber daya, di mana negara-negara berupaya untuk mengendalikan sumber daya alam mereka guna melindungi kepentingan ekonomi dan strategis mereka.²²⁸ Beberapa faktor utama yang mendorong penerapan kebijakan dan regulasi ini meliputi:

1. **Keamanan nasional:** Amerika Serikat dan Uni Eropa memandang mineral penting sebagai komponen krusial bagi keamanan nasional. Penggunaannya tidak terbatas hanya pada teknologi hijau, tetapi juga mencakup berbagai teknologi canggih, termasuk peralatan militer, elektronik berteknologi tinggi, serta energi bersih. Oleh karena itu, memastikan pasokan mineral ini tetap stabil, tidak terputus, dan aman menjadi prioritas strategis.
2. **Ketahanan rantai pasokan:** Meskipun evaluasi risiko rantai pasokan merupakan bagian dari operasi bisnis sehari-hari, pandemi COVID-19 serta berbagai krisis global lainnya telah menyoroti kerentanan dalam rantai pasokan global. Dengan menerapkan kebijakan proteksionis, AS dan UE bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber luar negeri, terutama dari Tiongkok.
3. **Daya saing ekonomi:** Peningkatan kapasitas produksi dalam negeri dan pengamanan akses terhadap mineral strategis dianggap sebagai cara untuk meningkatkan daya saing ekonomi. Di AS, kebijakan ini dikemas dalam slogan “Buy American” atau “America First”. Langkah-langkah yang diadopsi bertujuan untuk mendukung industri lokal dan mengurangi ketergantungan pada impor mineral strategis serta produk yang bergantung pada bahan-bahan tersebut, seperti EV.
4. **Standar keberlanjutan lingkungan dan sosial:** Uni Eropa dan AS juga berusaha memastikan bahwa proses ekstraksi dan pemrosesan mineral penting memenuhi standar lingkungan dan sosial yang tinggi. Dengan mengendalikan lebih banyak rantai

²²⁸ Lihat C Jamasmie, ‘Global scramble for critical minerals fuelling protectionism’ (12 December 2024, Mining.com) <<https://www.mining.com/global-scramble-for-critical-minerals-fuelling-protectionism/>> analysing recent study by a global risk intelligence company Verisk Maplecroft. Their study reveals a spiking ‘Resource Nationalism Index’ in protectionist policies adopted in the EU and North America.

pasokan secara domestik atau melalui mitra terpercaya, 'sekutu', regulasi yang lebih ketat dapat diterapkan untuk mendorong praktik bisnis yang lebih berkelanjutan.

Ketidakpastian dalam kebutuhan material kritis di masa depan dipengaruhi oleh kebijakan yang bertujuan mencapai jalur 1,5 derajat Celsius sesuai dengan Perjanjian Paris. Perkembangan politik dapat berdampak signifikan pada proyeksi permintaan dan kepastian investasi. Salah satu perkembangan terbaru yang berpotensi besar mengguncang pasar kendaraan listrik global adalah terpilihnya kembali Donald Trump dalam pemilu presiden AS 2024. Presiden terpilih Trump telah mengindikasikan keinginannya untuk menghapus kredit pajak EV dalam IRA.²²⁹ Jika rencana ini dilaksanakan, dampaknya akan sangat besar, tidak hanya terhadap permintaan kendaraan listrik tetapi juga pada kepastian investasi, yang berpotensi mengalihkan investasi ke wilayah yang lebih menguntungkan. Di sisi lain, beberapa negara bagian di AS telah menerapkan standar emisi kendaraan di tingkat negara bagian, termasuk persyaratan penjualan kendaraan listrik penuh. Kebijakan ini dapat mengurangi dampak dari kemungkinan penghapusan insentif IRA.²³⁰ Selain itu, kemampuan untuk menggunakan bahan alternatif dan memilih berbagai teknologi dengan inovasi yang terus berkembang juga dapat memengaruhi proyeksi permintaan, bersamaan dengan potensi lokasi ekstraksi baru. Namun, pilihan ini sering kali melibatkan kompromi, seperti biaya ekonomi atau penurunan kinerja.

Di sisi lain, kerangka legislatif terbaru yang diadopsi dalam kerangka EU Green Deal²³¹ telah berdampak pada investasi perusahaan-perusahaan Uni Eropa. EU Corporate Sustainability Due Diligence Directive²³² mewajibkan perusahaan-perusahaan Uni Eropa untuk mengambil langkah-langkah guna memastikan bahwa atribut keberlanjutan lingkungan dan sosial, termasuk hak asasi manusia, dilindungi di seluruh rantai pasokan mereka. Akibat persyaratan yang diberlakukan oleh undang-undang Uni Eropa ini, perusahaan Jerman BASF serta perusahaan Prancis Eramet menarik diri dari proyek kilang nikel dan kobalt Sonic Bay, yang berlokasi di Weda Bay Industrial Park. Meskipun kedua perusahaan tersebut secara resmi menyebut perubahan dalam pasar nikel global sebagai alasan mundurnya mereka²³³, kritik yang semakin meningkat terkait dampak lingkungan dan sosial dari proyek tersebut—terutama dalam konteks penerapan Corporate Sustainability Due Diligence Directive—diperkirakan memiliki peran besar dalam pengambilan keputusan mereka.²³⁴

²²⁹ Lihat, misalnya, M Wayland, 'What Trump's election to the White House could mean for EVs' (6 November 2024, CNBC).

²³⁰ Untuk ringkasan standar kendaraan bersih, lihat misalnya, US Department of Energy, Alternative Fuels Data Center, "Adoption of California's Clean Vehicle Standards by State", tersedia di <https://afdc.energy.gov/laws/california-standards>

²³¹ European Commission, *The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people's health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind*. December 11, 2019. October 9, 2023, <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_6691>

²³² Directive (EU) 2024/1760 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on corporate sustainability due diligence and amending Directive (EU) 2019/1937 and Regulation (EU) 2023/2859, OJ L 2024/1760, 5.7.2024.

²³³ 'BASF decides against investment in nickel-cobalt refining complex in Indonesia' (25 June 2024), <<https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2024/06/p-24-224>>;

²³⁴ D Hutt, 'EU faces green dilemma in Indonesian Nickel' (16 July 2024, Deutsche Welle), <<https://www.dw.com/en/eu-faces-green-dilemma-in-sourcing-nickel-from-indonesia/a-69681557>>

Demikian pula, Sustainable Batteries Regulation Uni Eropa²³⁵ tidak hanya berdampak di dalam wilayah Uni Eropa saja. Semua baterai yang akan dijual di pasar Uni Eropa harus mematuhi standar lingkungan dan keberlanjutan yang ketat sebagaimana diatur dalam regulasi tersebut. Selain itu, Uni Eropa menjadi yurisdiksi pertama yang menerapkan Global Battery Passport, yang awalnya diperkenalkan oleh Global Battery Alliance.²³⁶ Mengingat Uni Eropa merupakan pasar utama untuk baterai karena kebijakan dekarbonisasi yang ambisius, serta aturan yang diterapkan juga berlaku bagi produk yang diproduksi di negara ketiga, Uni Eropa telah mengambil peran sebagai "*global regulator*". Regulasi yang diterapkan oleh Uni Eropa dapat menjadi tolok ukur bagi standar global, yang berpotensi mendorong wilayah lain untuk mengadopsi regulasi serupa. Hal ini dapat mengarah pada pendekatan yang lebih seragam dalam aspek keberlanjutan di industri baterai.

Bagi para investor, kebijakan yang sedang berkembang menunjukkan lingkungan yang kompleks dengan berbagai potensi risiko di seluruh rantai pasok global. Investor dari Amerika Utara dan Uni Eropa harus mempertimbangkan risiko kepatuhan regulasi yang terkait dengan investasi mereka di Indonesia. Perusahaan yang gagal memenuhi standar baru dapat menghadapi konsekuensi seperti denda dan tantangan hukum. Jika industri baterai dan EV hulu dan hilir di Indonesia tidak memenuhi standar keberlanjutan, investor cenderung beralih ke destinasi lain. Sebaliknya, jika kriteria keberlanjutan terpenuhi, fokus pada keberlanjutan akan menciptakan peluang investasi baru. Selain itu, investasi pada perusahaan yang memprioritaskan keberlanjutan kemungkinan besar lebih terlindungi dari perubahan regulasi, sehingga memberikan nilai jangka panjang.

Bagi negara-negara, langkah-langkah proteksionis terkait mineral kritis memiliki beberapa implikasi, termasuk:

- 1) **Penyesuaian rantai pasok:** Negara-negara yang mengekspor mineral penting atau produk yang bergantung pada mineral tersebut, seperti baterai lithium-ion dan EV, harus menyesuaikan rantai pasok mereka agar memenuhi persyaratan dan standar baru yang ditetapkan oleh Amerika Utara dan Uni Eropa jika ingin tetap memiliki akses ke pasar mereka. Hal ini dapat mencakup perubahan dalam praktik produksi, proses sertifikasi, serta kepatuhan terhadap standar keberlanjutan lingkungan dan sosial, yang pada akhirnya juga dapat meningkatkan praktik keberlanjutan secara keseluruhan.
- 2) **Peningkatan praktik keberlanjutan:** Regulasi ketat seperti Sustainable Batteries Regulation dari Uni Eropa berpotensi mempengaruhi proses industri secara global. Dengan menuntut standar keberlanjutan lingkungan dan sosial yang tinggi bagi baterai yang dijual di pasar Uni Eropa, regulasi ini dapat mendorong berbagai perubahan positif dan mendukung komitmen Indonesia untuk membuat rantai nilai EV lebih ramah lingkungan. Standar ketat yang diterapkan oleh Amerika Utara dan Uni Eropa juga dapat mendorong inovasi teknologi dan peningkatan praktik pertambangan secara global.
- 3) **Peluang baru:** Negara-negara dengan cadangan mineral utama yang signifikan dapat menemukan peluang baru untuk memasuki atau memperluas kehadiran mereka di pasar Amerika Utara dan Uni Eropa. Negara-negara ini dapat memperoleh manfaat

²³⁵ Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC, OJ L 191, 28.7.2023, hal. 1-117.

²³⁶ <<https://www.globalbattery.org/battery-passport/>>

dari peningkatan permintaan, asalkan mereka dapat memenuhi standar ketat yang diberlakukan oleh kawasan tersebut.

- 4) **Perubahan geopolitik dan diversifikasi:** Fokus pada ketahanan rantai pasok cenderung memicu pergeseran aliansi dan kemitraan geopolitik. Negara-negara yang kaya akan sumber daya ini dapat memperoleh kepentingan strategis, seperti peran Indonesia sebagai aktor penyeimbang antara Barat dan Timur. Hubungan perdagangan baru sedang dijajaki untuk mengurangi risiko yang terkait dengan ketegangan geopolitik. Mekanisme tata kelola baru dan kemitraan strategis yang sedang berkembang akan dibahas lebih lanjut dalam bagian selanjutnya.

5.6 Tata kelola dan kemitraan strategis internasional

5.6.1 Inisiatif dan kemitraan tata kelola internasional

Seperti yang telah disaksikan selama ini dalam konteks bahan bakar fosil, dominasi suatu negara menghadirkan tantangan terhadap keamanan pasokan, keamanan sumber daya, dan dinamika geopolitik. Peningkatan permintaan yang signifikan terhadap mineral transisi utama telah sangat memengaruhi geopolitik di tengah transisi energi rendah karbon.²³⁷ Perkembangan global dalam bidang ini sudah menunjukkan meningkatnya fokus pada geopolitik mineral kritis selain geopolitik tradisional yang berkaitan dengan pasokan dan permintaan bahan bakar fosil.

Peningkatan fokus pada mineral kritis telah mendorong pembentukan inisiatif baru di tingkat internasional dan transnasional. Situasi ini muncul akibat implikasi geopolitik dari dominasi Tiongkok dalam rantai pasokan baterai, yang menyebabkan peningkatan kerja sama dengan sekutu yang memiliki pandangan serupa. Selain itu, sanksi yang dikenakan terhadap Rusia setelah invasinya ke Ukraina telah mengalihkan perdagangan mineral utama, khususnya nikel, ke negara-negara Asia, bukan ke Uni Eropa dan Amerika Serikat.²³⁸ Bagi Indonesia, menjaga sikap netral di tengah pembentukan kemitraan strategis ini sangat penting.

Mungkin yang paling menonjol adalah pembentukan Minerals Security Partnership pada tahun 2022, dengan Australia, Kanada, Finlandia, Prancis, Jerman, Jepang, Korea Selatan, Swedia, Inggris, Amerika Serikat, dan Uni Eropa sebagai anggota pendiri.²³⁹ Sesuai dengan namanya, fokus utama kemitraan ini adalah memastikan pasokan bahan baku kritis yang stabil bagi perekonomian anggotanya serta meningkatkan keberlanjutan rantai pasokan. Minerals Security Partnership bertujuan untuk mengatasi tantangan utama dalam mineral kritis, yaitu: (1) mendiversifikasi dan menstabilkan rantai pasokan global; (2) meningkatkan investasi dalam rantai pasokan tersebut; (3) mempromosikan standar lingkungan, sosial, dan tata kelola yang tinggi dalam sektor pertambangan, pemrosesan, dan daur ulang; serta (4) meningkatkan daur ulang mineral kritis.²⁴⁰

Minerals Security Partnership, sebagaimana telah dibahas sebelumnya, mencerminkan pergeseran menuju strategi yang lebih terukur dan terkoordinasi dengan sekutu-sekutu yang memiliki pemikiran serupa dalam perdagangan global mineral esensial. Selain bertujuan untuk mendiversifikasi rantai pasokan global, Minerals Security Partnership

²³⁷ IRENA, *Geopolitics of the energy transition: Critical Materials* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2023), hal. 41.

²³⁸ D Guberman, 'Impact of the Russian Invasion of Ukraine on Global Nickel Trade' (U.S. International Trade Commission, Executive Briefings on Trade, April 2024)

²³⁹ <<https://www.state.gov/minerals-security-partnership/>>

²⁴⁰ *ibid.*

juga menunjukkan konvergensi kepentingan dan nilai-nilai yang berfokus pada produksi, pemrosesan, dan daur ulang mineral kritis yang bertanggung jawab, sehingga meningkatkan kredensial keberlanjutan industri ini.²⁴¹ Lebih lanjut, karena mineral-mineral utama memiliki peran penting dalam keamanan nasional dan pertahanan, Minerals Security Partnership bukan hanya tentang keamanan sumber daya, tetapi juga merupakan inisiatif terpadu untuk menata ulang rantai pasokan global agar lebih sesuai dengan kepentingan Barat. Selain itu, inisiatif ini juga dianggap sebagai strategi geopolitik untuk membatasi pengaruh ekonomi non-pasar, terutama Tiongkok dan Rusia, serta mencegah mereka menggunakan sumber daya dan dominasinya dalam segmen rantai pasokan sebagai alat pengaruh politik dan ekonomi.²⁴²

BRICS+, meskipun memiliki cakupan yang lebih luas dan tidak hanya berfokus pada mineral utama, dianggap sebagai penyeimbang signifikan terhadap blok Barat dan aliansi perdagangan seperti Minerals Security Partnership.²⁴³ BRICS+ merujuk pada organisasi internasional yang awalnya dikenal sebagai BRICS (Brasil, Rusia, India, Tiongkok, Afrika Selatan) dan pada Januari 2024 menerima enam anggota baru dalam aliansi ini: Argentina, Iran, Mesir, Ethiopia, Arab Saudi, dan Uni Emirat Arab. Selain itu, sekelompok negara diberikan status mitra (partner status), termasuk Indonesia, Malaysia, Vietnam, Thailand, Aljazair, Belarus, Bolivia, Kuba, Kazakhstan, Nigeria, Türkiye, Uganda, dan Uzbekistan. Keberlimpahan sumber daya alam dalam blok ini menempatkan BRICS+ sebagai pemain utama dalam rantai pasokan global. Namun, Tiongkok memegang porsi besar dalam rantai pasokan mineral kritis di dalam aliansi ini, yang dapat memengaruhi dinamika internal BRICS+. Seiring perkembangannya, BRICS+ semakin muncul sebagai aktor penting dalam perdagangan global dengan potensi untuk mengubah lanskap ekonomi dan geopolitik dunia.

Perlu dicatat bahwa Indonesia telah didekati oleh Amerika Serikat untuk bergabung dengan Minerals Security Partnership Forum guna mendukung pengembangan standar keberlanjutan lingkungan dan sosial di tengah pembahasan mengenai perjanjian perdagangan bebas.²⁴⁴ Perlu dicatat bahwa Indonesia telah didekati oleh Amerika Serikat untuk bergabung dengan Minerals Security Partnership Forum guna mendukung pengembangan standar keberlanjutan lingkungan dan sosial di tengah pembahasan mengenai perjanjian perdagangan bebas. Salah satu alat utama yang digunakan oleh Minerals Security Partnership untuk mencapai tujuannya adalah melalui mekanisme pembiayaan. Hal ini dapat memberikan peluang besar bagi Indonesia untuk memperluas sektor mineral, menarik investasi, dan mendiversifikasi portofolio investasi di luar Tiongkok. Keanggotaan dalam kemitraan ini secara khusus akan memperkuat industri yang berfokus pada kimia berbasis nikel. Namun, keputusan untuk bergabung juga akan mengharuskan Indonesia untuk menyesuaikan diri dengan standar tata kelola dan lingkungan yang ketat sebagaimana yang disyaratkan oleh kemitraan ini, yang dianggap sebagai alasan utama mengapa Indonesia masih ragu untuk bergabung saat ini.²⁴⁵

²⁴¹ V Vivoda, R Matthews and N McGregor, 'A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs' 89 *Resources Policy* (2024), 104587.

²⁴² *ibid.*

²⁴³ *ibid.*

²⁴⁴ 'US approaches Indonesia for multinational critical mineral partnership' (16 July 2024, Reuters), <<https://www.reuters.com/markets/commodities/us-approaches-indonesia-multinational-critical-mineral-partnership-2024-07-15/>>

²⁴⁵ R Walker and H Palaon, 'Why Indonesia should join the Minerals Security Partnership' (18 October 2024, the Jakarta Post), <<https://www.thejakartapost.com/opinion/2024/10/18/why-indonesia-should-join-the-minerals>>

Selain Minerals Security Partnership dan BRICS+, inisiatif tata kelola internasional lainnya yang berkaitan dengan mineral penting mencakup, antara lain, Energy Resource Governance Initiative²⁴⁶, Critical Minerals Mapping Initiative²⁴⁷, European Raw Materials Alliance²⁴⁸, Supply Chain Resilience Initiative²⁴⁹ serta Sustainable Critical Materials Alliance²⁵⁰, selain inisiatif yang berfokus pada baterai seperti Global Battery Alliance²⁵¹ dan European Battery Alliance²⁵².

5.6.2 Indonesia di tengah perebutan kekuasaan global

Indonesia saat ini menikmati posisi strategis yang unik dengan menyeimbangkan hubungan antara Tiongkok dan Amerika Serikat, Eropa, serta sekutu lainnya, sejalan dengan kebijakan luar negerinya. Sementara AS, UE, dan anggota blok Barat lainnya secara aktif menerapkan langkah-langkah untuk meningkatkan ketahanan rantai pasok dan mendiversifikasi sumber pasokan, Indonesia memperoleh manfaat dari diversifikasi investasi asingnya. Secara khusus, Indonesia diuntungkan dengan mengurangi dominasi investasi Tiongkok di dalam negeri, sehingga dapat memperluas portofolio investasinya dan menciptakan lanskap ekonomi yang lebih seimbang.

Indonesia saat ini sedang merundingkan Perjanjian Perdagangan Bebas (FTA) dengan Amerika Serikat, dengan tujuan utama agar nikel olahan Indonesia dapat memperoleh manfaat dari insentif pajak preferensial yang ditetapkan dalam IRA. Jika FTA ini ditandatangani, diharapkan dapat memperluas akses Indonesia ke pasar AS, memperkuat peran Indonesia sebagai pemasok utama dalam rantai pasok teknologi bersih, sekaligus memberikan AS akses ke sumber nikel terbesar di dunia.

Namun, peraturan dalam IRA juga mencakup ketentuan mengenai proyek yang tidak dikendalikan oleh "entitas asing yang menjadi perhatian". Hal ini mencakup entitas asing yang "dimiliki, dikendalikan, atau tunduk pada yurisdiksi atau arahan pemerintah dari negara yang tercakup". Negara-negara yang saat ini tercakup dalam peraturan tersebut adalah Tiongkok, Rusia, Korea Utara, dan Iran. Secara praktis, ini berarti bahwa mineral penting yang diproduksi oleh tambang atau pabrik pengolahan dengan kepemilikan atau kendali 25% atau lebih oleh perusahaan Tiongkok tidak akan memenuhi syarat untuk mendapatkan kredit IRA, meskipun telah ada FTA yang ditandatangani. Aturan mengenai entitas asing yang menjadi perhatian ini juga berlaku untuk komponen baterai.²⁵³ Saat ini, mayoritas proyek nikel di Indonesia memiliki kepemilikan Tiongkok lebih dari 25%, sehingga nikel Indonesia berada di luar cakupan manfaat IRA yang menguntungkan. Pada

security-partnership.html#:~:text=The%20MSP%20members%20need%20to,the%20world%2C%20must%20be%20included.>

²⁴⁶ <https://ergi.tools/>

²⁴⁷ <https://portal.ga.gov.au/persona/cmmi>

²⁴⁸ <https://erma.eu/>

²⁴⁹ <https://www.dfat.gov.au/trade/for-australian-business/boosting-supply-chain-resilience>

²⁵⁰ <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/our-critical-minerals-strategic-partnerships.html#scma>

²⁵¹ <https://www.globalbattery.org/>

²⁵² <https://www.eba250.com/>

²⁵³ Department of Treasury, Internal Revenue Service, Clean Vehicle Credits Under Sections 25E and 30D; Transfer of Credits; Critical Minerals and Battery Components; Foreign Entities of Concern, 26 DFR Parts 1 and 301.

saat yang sama, AS semakin mempererat hubungan dengan negara-negara lain yang memiliki cadangan nikel besar, seperti Australia, Kanada, dan Brasil.²⁵⁴

Uni Eropa telah menjalankan proses negosiasi FTA dengan Indonesia sejak 2016. Putaran negosiasi ke-19 diadakan pada Juli 2024.²⁵⁵ FTA ini bertujuan untuk memperdalam hubungan antara Uni Eropa dan Indonesia, yang sejauh ini telah diatur dalam Perjanjian Kemitraan dan Kerja Sama yang mulai berlaku pada 2014.²⁵⁶ Mengamankan kemitraan baru menjadi sangat penting bagi Uni Eropa, terutama mengingat risiko yang terkait dengan ketergantungan pada satu pemasok untuk komoditas strategis, seperti yang terungkap dalam invasi Rusia ke Ukraina dan dampaknya terhadap keamanan energi Uni Eropa.

Di luar perkembangan tersebut, Indonesia telah menandatangani beberapa perjanjian perdagangan bebas baik sebagai pasar independen maupun sebagai anggota ASEAN.²⁵⁷ Selain FTA yang telah dibahas sebelumnya, Indonesia baru-baru ini menandatangani perjanjian bilateral dengan negara-negara yang kaya akan bahan baku serta dengan negara-negara yang menghadapi peningkatan permintaan, termasuk:

- 1) **Australia:** Berdasarkan perjanjian dengan Australia, Indonesia dan Australia akan berkolaborasi dalam pemetaan rantai pasokan EV, melakukan studi ilmiah dan penelitian bersama, serta mendorong koneksi bisnis-ke-bisnis baru.²⁵⁸ Indonesia juga telah menjalin kesepakatan dengan Australia terkait litium, yang merupakan sumber daya penting untuk baterai dan EV, tetapi tidak dapat diperoleh secara domestik. Perjanjian ini mencakup pengolahan litium di Indonesia dengan keterlibatan keahlian dan teknologi dari Australia. Kemitraan ini juga melibatkan usaha patungan dalam sektor produksi baterai. Kolaborasi ini bertujuan untuk memanfaatkan cadangan nikel Indonesia dan sumber daya litium Australia guna menciptakan rantai pasokan baterai EV yang kuat.
- 2) **Britania Raya:** Indonesia dan Britania Raya menandatangani Nota Kesepahaman (MoU) untuk membangun kemitraan strategis dalam bidang mineral penting. Perjanjian ini berfokus pada dialog kebijakan, berbagi pengetahuan teknis, dan pengolahan mineral yang berkelanjutan.²⁵⁹
- 3) **Jepang:** Perusahaan-perusahaan Jepang terlibat dalam segmen EV di Indonesia, meskipun kehadiran mereka masih berkembang dibandingkan dengan beberapa

²⁵⁴ A Hotter, 'FEOC Definition leaves most Indonesian nickel outside IRA tax credit' (5 December 2023, Fastmarkets), <<https://www.fastmarkets.com/insights/feoc-definition-leaves-indonesian-nickel-outside-ira-tax-credits-andrea-hotter/>>

²⁵⁵ European Commission, 'EU-Indonesia Free Trade Agreement', <https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-regions/indonesia/eu-indonesia-agreement_en>

²⁵⁶ Untuk ringkasan perjanjian antara Uni Eropa dan Indonesia, lihat <<https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/eu-indonesia-framework-agreement-on-comprehensive-partnership-and-cooperation.html>>; Framework Agreement on comprehensive partnership and cooperation between the European Community and its Member States, of the one part, and the Republic of Indonesia, of the other part, OJ L 125, 26.4.2014, p. 17-43.

²⁵⁷ Daftar lengkap FTA Indonesia, baik sebagai pasar independen maupun sebagai bagian dari ASEAN, dapat diakses di <<https://www.aseanbriefing.com/doing-business-guide/indonesia/why-indonesia/indonesia-s-international-free-trade-and-tax-agreements>>

²⁵⁸ 'Indonesia and Australia cooperation on electric vehicles' (24 November 2024, Australian Ministry for Industry and Science), <<https://www.minister.industry.gov.au/ministers/husic/media-releases/indonesia-and-australia-cooperation-electric-vehicles>>

²⁵⁹ C Jenns, 'UK and Indonesia sign agreement on critical minerals' (19 September 2024, Mining Technology) <<https://www.mining-technology.com/news/uk-and-indonesia-sign-agreement-on-critical-minerals/>>

pemain internasional lainnya. Diskusi untuk memperdalam kerja sama dalam sektor mineral dan EV telah dimulai.²⁶⁰

- 4) **Chili:** Indonesia memiliki Perjanjian Perdagangan Bebas dengan Chili yang mulai berlaku sejak 2019. Perjanjian ini mencakup, antara lain, tembaga serta hampir 8.000 produk dengan tarif yang dikurangi atau dihapuskan. Indonesia telah menyatakan minatnya untuk memperdalam hubungan perdagangan, khususnya dengan fokus pada litium²⁶¹.

Geopolitik mineral utama adalah bidang yang dinamis dan kompleks yang memerlukan pemantauan dan adaptasi secara terus-menerus. Faktor utama yang memengaruhi dinamika geopolitik dalam rantai pasokan baterai meliputi (1) konsentrasi geografis mineral utama yang diperlukan untuk baterai; (2) kerentanan rantai pasokan; (3) perkembangan teknologi dan inovasi, termasuk material alternatif dan sumber pasokan baru; (4) persaingan strategis; (5) isu lingkungan dan sosial; serta (6) kebijakan dan regulasi.

Kebijakan nasional harus mempertimbangkan dinamika geopolitik yang saling terhubung serta pentingnya mineral strategis bagi berbagai industri dan transisi energi global, karena perubahan dalam faktor-faktor yang disebutkan di atas dapat secara signifikan memengaruhi ketersediaan dan stabilitas rantai pasokan mineral utama serta dampaknya terhadap geopolitik.

Dalam merancang kebijakan nasional, sangat penting untuk terus memantau perkembangan global di bidang yang sangat dinamis ini. Ini adalah peran pemerintah. Mengingat dinamika geopolitik dalam sektor ini dan bagaimana geopolitik membentuk perkembangan rantai nilai material utama, banyak negara telah mendirikan lembaga pemerintah yang didedikasikan untuk mengevaluasi pasokan material kritis. Lembaga-lembaga ini bertugas memantau perkembangan internasional dan transnasional yang memiliki implikasi geopolitik terhadap mineral utama. Mereka mengevaluasi dampak dari perkembangan tersebut terhadap keamanan nasional, kebijakan perdagangan, dan kebijakan industri serta menyusun langkah-langkah kebijakan. Selain itu, selain memantau perkembangan global, diperlukan penyesuaian kebijakan nasional yang sesuai. Ini mencakup tetap mendapatkan informasi tentang kemajuan teknologi dan pergeseran geopolitik, serta mendorong dialog dan kerja sama dengan para pemangku kepentingan utama dalam pasar mineral.

Untuk secara efektif mengatasi dan menavigasi geopolitik yang kompleks terkait mineral utama, sangat penting untuk memperkuat kerja sama internasional melalui pembentukan kemitraan strategis dan peningkatan perjanjian perdagangan. Dari perspektif Indonesia dan tren yang berkembang dalam kimia baterai, diversifikasi investasi asing menjadi suatu keharusan dengan menarik investasi dari berbagai negara guna menghindari ketergantungan berlebihan pada satu negara tertentu, khususnya Tiongkok. Perjanjian kemitraan sebaiknya mencakup ketentuan mengenai standar tata kelola lingkungan dan sosial untuk mendorong praktik pertambangan yang bertanggung jawab, sehingga mendukung perkembangan industri domestik Indonesia. Selain itu, perlu untuk mengamankan akses yang stabil dan adil terhadap sumber daya yang tidak tersedia secara domestik atau yang pasokannya bergantung pada sejumlah pemasok

²⁶⁰ J Isaacs, 'Indonesia-Japan committed to energy transition, EV investments' (27 March 2024, Indonesia Business Post), <<https://indonesiabusinesspost.com/risks-opportunities/indonesia-japan-committed-to-energy-transition-ev-investments/>>

²⁶¹ With its sights on lithium, Indonesia wants to deepen trade with Chile' (9 May 2024, América Economía) <<https://www.americaeconomia.com/en/economy-markets/its-sights-lithium-indonesia-wants-deepen-trade-chile/>>

terbatas. Strategi ini akan memperkuat posisi Indonesia sebagai pemasok utama mineral kritis dan mitra dagang yang terpercaya. Terakhir, Indonesia harus berpartisipasi secara aktif dalam kerangka tata kelola global untuk mempengaruhi pengembangan standar dan kebijakan internasional.

Gambar 5.3 Rekomendasi untuk Indonesia dalam memperkuat posisinya dalam geopolitik mineral transisi utama sekaligus mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan berdasarkan tren global saat ini

Geopolitical dynamics	• Understand the geopolitical implications of mineral resource control and the strategic importance of maintaining a neutral stance. • Recognise the impact of global power shifts and align national policies to navigate these changes effectively.
Economic diplomacy	• Continue to leverage Indonesia's strategic location and economic growth to enhance its role as a global middle power. • Use economic diplomacy to build strong bilateral and multilateral relationships that support national interests.
Environmental and social standards	• Prioritise environmental and social governance to ensure sustainable development and maintain international interest. • Address environmental and social sustainability issues to align with emerging global standards and attract responsible investments. • Participate actively in the development of global governance frameworks.
Strategic competition	• Monitor developments closely and position Indonesia to benefit from global demand. • Balance relationships with major economies to maximise economic and strategic advantages.
Regulatory adaptation	• Continuously monitor global regulatory developments and adapt national policies to stay competitive. • Ensure that national regulations support both domestic growth, international market access and a high level of sustainability standards.

Sumber: Penyusunan sendiri

6 Analisis ekonomi adopsi baterai dan EV di Indonesia

6.1 Insentif fiskal dan non-fiskal untuk pengembangan EV

Seperti yang dijelaskan dalam bagian 1.5, laporan ini berfokus pada EV sebagai penggunaan utama baterai, mengingat dominasinya di pasar. Oleh karena itu, bagian ini merangkum semua insentif fiskal dan non-fiskal yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia hingga saat ini untuk meningkatkan adopsi baterai dan EV sebagai bagian dari upaya negara dalam mengembangkan rantai pasok baterai. Tidak ditemukan insentif signifikan dari pemerintah yang secara khusus ditujukan untuk pengembangan sistem penyimpanan energi baterai (BESS) atau elektronik portabel.

Pemerintah telah menerapkan berbagai insentif investasi bagi bisnis hilir seperti²⁶²:

- **Libur pajak penghasilan badan:** Pengurangan pajak hingga 100% selama lima hingga dua puluh tahun, berlaku untuk nilai investasi antara USD \$7,2 juta hingga USD \$2,1 miliar
- **Pengurangan pajak penghasilan bruto:** Hingga 300% dari biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan R&D, inovasi teknologi, serta pelatihan untuk meningkatkan kapasitas industri EV
- **Pembebasan Pajak Pertambahan Nilai (PPN):** Pembebasan PPN untuk impor mesin, barang modal, dan bahan baku yang digunakan dalam manufaktur EV dan baterai
- **Pembebasan bea masuk:** Pembebasan pajak impor hingga 2025 untuk bahan baku atau peralatan yang digunakan dalam produksi baterai EV. Dan Tarif bea masuk 0% untuk kendaraan listrik yang diimpor dalam bentuk Completely Built Up (CBU) dan Completely Knock Down (CKD) dengan nilai kandungan lokal 20-40%. Hingga saat ini, produsen EV seperti BYD, Vinfast, Aion, Volkswagen, dan Maxus telah memanfaatkan insentif ini.
- **Insentif pajak penjualan atas barang mewah:** Berlaku bagi perusahaan yang mengimpor EV roda empat dalam bentuk CBU tertentu. Impor ini memenuhi syarat untuk pembebasan Pajak Penjualan atas Barang Mewah (PPnBM) serta pembebasan bea masuk hingga Desember 2024.

Berbagai regulasi dan insentif di sisi permintaan juga telah ditetapkan guna mendorong adopsi EV sekaligus menangani tantangan lingkungan dan energi. Beberapa kebijakan utama meliputi²⁶³:

- **Kebijakan pelat nomor ganjil-genap:** Di kota-kota besar seperti Jakarta, kebijakan ini membatasi penggunaan kendaraan berdasarkan nomor pelat pada hari-hari tertentu guna mengurangi kemacetan dan polusi udara, secara tidak langsung mendorong penggunaan EV.

²⁶² Hirotaka Uchida (2023) *Unleashing Indonesia's electric mobility potential*. Arthur D. Little. Tersedia di: <https://www.adlittle.com/en/insights/report/unleashing-indonesias-electric-mobility-potential#:~:text=The%20government%2C%20as%20per%20Ministry,incentives%20offered%20by%20the%20government>.

²⁶³ Tampubolon, J.V.; Dalimi, R. *Simulating EV Growth Scenarios in Jawa-Madura-Bali from 2024 to 2029: Balancing the Power Grid's Supply and Demand*. *World Electr. Veh. J.* 2024, 15, 341. <https://doi.org/10.3390/wevj15080341>

- **Pengurangan pajak:** Pemerintah memberikan berbagai insentif pajak bagi kendaraan listrik, termasuk pengurangan bea masuk dan pembebasan pajak barang mewah. Manfaat pajak utama bagi EV meliputi Pajak Pertambahan Nilai (PPN) yang lebih rendah, yakni 1% untuk EV, dibandingkan dengan 11% untuk kendaraan konvensional, dan juga pembebasan dari pajak barang mewah (PPnBM) dan bea impor. Selain itu, pengurangan pajak daerah bagi EV juga tersedia.
- **Keuntungan parkir:** Beberapa kota menawarkan parkir gratis atau tarif parkir yang lebih rendah bagi EV, sehingga menurunkan biaya kepemilikan EV dan membuatnya lebih menarik bagi konsumen.
- **Pengembangan infrastruktur pengisian daya:** Pemerintah sedang berinvestasi dalam memperluas infrastruktur pengisian daya EV, termasuk pemasangan stasiun pengisian di area publik dan sepanjang jalan tol. Namun, rasio kendaraan listrik terhadap stasiun pengisian daya yang rendah dapat menghambat kelayakan ekonomi.²⁶⁴ Oleh karena itu, keseimbangan yang tepat sangat penting untuk memastikan pemanfaatan optimal dan kepuasan pengguna EV. Pemerintah Indonesia menargetkan pembangunan sekitar 32.000 stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) pada tahun 2030 untuk memenuhi meningkatnya permintaan²⁶⁵.

Untuk mempercepat transisi ke EV, pemerintah telah memperkenalkan program subsidi tambahan. Program-program ini mencakup diskon 10% PPN untuk kendaraan listrik roda empat (4WEV) Potongan sebesar IDR 7.000.000 untuk kendaraan listrik roda dua (2WEV), seperti yang disebutkan di peraturan yang terbaru. Terlebih lagi, Peraturan Presiden No. 55/2019 mewajibkan penggunaan minimal 40% komponen lokal dalam produksi EV agar memenuhi syarat untuk pengurangan PPN mulai tahun 2023 yang bertujuan untuk mendorong pengembangan industri manufaktur dalam negeri.

Selain itu, Kementerian Perhubungan telah memperkenalkan kebijakan insentif finansial yang menghapus biaya untuk berbagai proses pengujian dan sertifikasi kendaraan. Secara khusus, biaya untuk Sertifikat Uji Tipe KBLBB dan Registrasi Uji Tipe telah dikurangi menjadi IDR 0, sehingga mengurangi hambatan bagi produsen. Tabel berikut merangkum kebijakan terkait penjualan baterai dan pengembangan EV di Indonesia:

Tabel 6.1 Ringkasan kebijakan terkait penjualan baterai

Kebijakan/Peraturan	Deskripsi	Fiskal	Non-Fiskal
Peraturan Presiden 55/2019 tentang Percepatan Program BEV untuk Transportasi Jalan	Mandat presiden untuk mengembangkan industri kendaraan listrik domestik sebagai prioritas nasional guna meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi ²⁶⁶ . Menetapkan persyaratan teknis dan standar untuk kendaraan listrik, termasuk pengisian daya dan infrastruktur terkait.		✓
Peraturan Pemerintah No. 74/2021	Kendaraan listrik berbasis baterai (BEV) dibebaskan dari pajak penjualan barang mewah (PPnBM)	✓	
Permendagri No. 1/2021:	Pajak tahunan BEV (PKB) dan biaya balik nama kendaraan bermotor (BBNKB) hanya 10% dari perhitungan tarif normal.	✓	

²⁶⁴ *Electric Vehicle Supply Equipment, juga diketahui sebagai EV charger.*

²⁶⁵ Kementerian ESDM. Government's Target for the Electric Vehicle sector in 2030. Press release. May 22, 2024. Tersedia di: [Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia - Media Center - News Archive - This is the Government's Target for the Electric Vehicle Population in 2030 \(esdm.go.id\)](https://www.esdm.go.id/en/newsroom/news-archives/this-is-the-government-s-target-for-the-electric-vehicle-population-in-2030)

²⁶⁶ [CSIS \(2022\). Indonesia's Battery Industrial Strategy.](#)

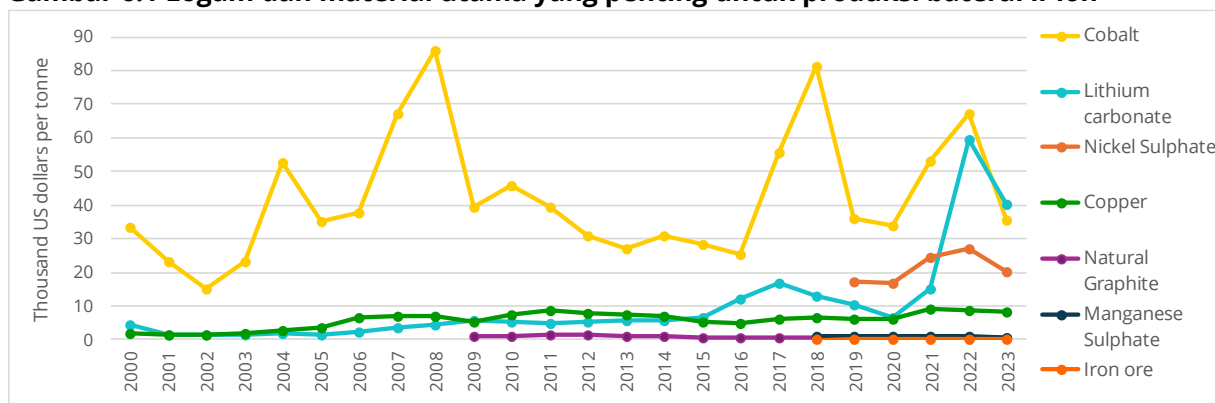
Kebijakan/Peraturan	Deskripsi	Fiskal	Non-Fiskal
Peraturan Presiden 79/2023 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden 55/2019 tentang Percepatan Program BEV untuk Transportasi Jalan	Mewajibkan peningkatan penggunaan EV dalam transportasi sehari-hari. Mengatur persyaratan teknis, standar keselamatan, infrastruktur pengisian daya, serta insentif untuk mendukung produksi, distribusi, dan adopsi kendaraan listrik di Indonesia.	✓	✓
Permenperin 6/2022 tentang Spesifikasi BEV, Peta Jalan, dan Perhitungan TKDN	Menyediakan peta jalan 2020-2030 untuk pengembangan spesifikasi BEV, kebijakan rantai pasokan, serta target dan perhitungan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN).		✓
Permenperin 28/2023 tentang Perubahan atas Permenperin 6/2022 tentang Spesifikasi BEV, Peta Jalan, dan Perhitungan TKDN	Memperbarui regulasi sebelumnya dengan menambahkan lebih banyak kategori EV (2W dan truk), memperbarui kapasitas baterai yang memenuhi syarat untuk insentif, serta merevisi komponen TKDN dan variabel perakitan EV.	✓	
Permeninvest 6/2023 tentang Pedoman dan Tata Kelola Pemberian Insentif untuk Impor dan/atau Pengiriman Kendaraan Listrik Berbasis Baterai Roda Empat dalam Rangka Percepatan Investasi	Peraturan ini mengatur pedoman dan tata kelola pemberian insentif untuk impor dan/atau pengiriman 4W BEV guna mempercepat investasi di sektor EV Indonesia.	✓	
Keputusan Menteri Perhubungan No. KM 8/2023 tentang Penetapan Tindakan Mitigasi Perubahan Iklim dalam Sektor Transportasi untuk Mencapai Target NDC.	Dokumen ini mencakup berbagai kebijakan tindakan mitigasi, seperti pengembangan transportasi umum perkotaan berbasis jalan, pemanfaatan ATCS (Area Traffic Control System), pengembangan TOD (Transit Oriented Development), pengembangan NMT (Non-Motorized Transport), promosi kendaraan bermotor listrik (yang dikenal sebagai KBLBB di Indonesia) dan fasilitas pengisian daya, serta penerapan Electronic Road Pricing (ERP), dan lain-lain.		✓
Surat Edaran Otoritas Jasa Keuangan (OJK)	Aset Tertimbang Menurut Risiko (ATMR) untuk pembiayaan kendaraan listrik (produksi dan pembelian) dikurangi dari 75% menjadi 50%. Pembelian kendaraan listrik melalui kredit dapat dikenakan biaya 0% (tanpa uang muka).	✓	
Permen ESDM No. 13/2020	Standardisasi colokan pengisian daya dan kebijakan tarif listrik untuk stasiun pengisian kendaraan listrik umum serta penggantian baterai kendaraan listrik umum.		✓
Permen ESDM No 1 Tahun 2023 Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai	Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1 Tahun 2023 mencakup ketentuan mengenai penyediaan infrastruktur pengisian daya listrik untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai, termasuk definisi teknologi dan cakupan infrastruktur itu sendiri; fasilitas pengisian daya yang mencakup instalasi listrik pribadi dan stasiun pengisian daya untuk transportasi umum; fasilitas penukaran baterai; serta penugasan kepada PT Perusahaan Listrik Negara. Regulasi ini juga membahas tarif listrik untuk kendaraan listrik berbasis baterai; keamanan listrik pada infrastruktur pengisian daya kendaraan listrik berbasis baterai; pedoman dan pengawasan; pelaporan dan evaluasi; sanksi administratif; serta ketentuan peralihan. Regulasi ini mulai berlaku sejak 13 Januari 2023.		✓

6.2 Tren harga

6.2.1 Tren harga bahan baku

Bahan baku merupakan bagian yang signifikan dari biaya baterai kendaraan listrik (EV), mencakup sekitar 70% hingga 80% dari total pengeluaran. Gambar berikut menunjukkan harga logam dan material utama yang diperlukan untuk produksi baterai lithium-ion (Gambar 6.1). Meskipun harga mencapai puncaknya pada tahun 2022, harga lithium telah mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir. Tren ini dapat mempengaruhi biaya produksi baterai secara keseluruhan serta dinamika pasar.

Gambar 6.1 Logam dan material utama yang penting untuk produksi baterai li-ion



Sumber: For all materials except Mn: Energy Institute. 2024. Statistical Review of World Energy. For Mn: SC Insights

Data dapat dirangkum sebagai berikut:

- **Lithium karbonat (HS 28369100):** Harga lithium karbonat mengalami perubahan signifikan dalam dekade terakhir. Antara 2015 dan 2017, harga hampir tiga kali lipat, mencapai puncaknya pada tahun 2020 dengan harga USD \$17.040 per ton. Setelah itu, harga turun secara bertahap hingga 2020, kembali ke level 2015. Namun, tren ini tidak bertahan lama, karena harga melonjak tajam dan mencapai puncaknya pada tahun 2022 di USD \$59.430 akibat defisit pasokan pasca pandemi COVID-19. Kenaikan harga terbaru ini sebagian besar disebabkan oleh meningkatnya permintaan untuk EV. Pada tahun 2022, sekitar 60% dari permintaan lithium digunakan untuk produksi baterai EV²⁶⁷.
- **Kobalt tidak dimurnikan (HS 26050000):** Secara historis, harga kobalt sangat fluktuatif dengan dua lonjakan besar dalam 20 tahun terakhir, mencapai USD \$86.000 per ton pada 2008 dan USD \$81.700 per ton pada 2018. Angka ini hampir dua kali lipat dari rata-rata harga 20 tahun terakhir, yaitu USD \$44.400 per ton. Perubahan harga kobalt sangat dipengaruhi oleh konsentrasi pasokan, di mana Republik Demokratik Kongo (DRC) menyumbang lebih dari 70% produksi global. Hal ini membuat pasar kobalt rentan terhadap tantangan regional dalam memenuhi permintaan, terutama untuk EV. Pada 2017, hanya 10% dari permintaan kobalt digunakan untuk baterai EV, tetapi angka ini meningkat tiga kali lipat hanya dalam lima tahun. Konsentrasi pasokan yang tinggi dapat menghambat pemenuhan permintaan pasar yang berkembang, seperti baterai, menyebabkan fluktuasi harga seperti yang terjadi dalam dekade terakhir.
- **Nikel sulfat (HS 28332400):** Dalam lima tahun terakhir, harga nikel sulfat umumnya meningkat, didorong oleh peningkatan permintaan yang pesat untuk baterai EV

²⁶⁷ IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, Licence: CC BY 4.0

dengan katoda kaya nikel seperti NMC dan NCA. Harga naik sekitar USD \$10.000 per ton antara 2019 dan 2022. Namun, harga turun pada 2023, terutama karena surplus pasar nikel global dan meningkatnya permintaan untuk baterai non-nikel, seperti LFP, khususnya dari produsen EV Tiongkok.

Untuk mencapai stabilitas dan prediktabilitas harga, pembuat kebijakan semakin sering menerapkan harga referensi untuk bahan-bahan esensial ini. Pendekatan ini meningkatkan transparansi pasar, memungkinkan para pemangku kepentingan untuk membuat keputusan yang lebih baik di tengah volatilitas pasar.

Sebagai langkah menuju kerangka penetapan harga yang stabil, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengeluarkan keputusan yang menetapkan Harga Mineral Acuan (HMA) bulanan untuk berbagai mineral logam dan batu bara. HMA mencakup komoditas utama seperti: nikel, kobalt, timbal, seng, aluminium, tembaga, emas, perak, timah, mangan, bijih besi, bijih krom, konsentrat ilmenit, dan konsentrat titanium. Tabel 6.2 menunjukkan rata-rata tahunan harga HMA untuk komponen utama MNC dalam empat tahun terakhir. Harga HMA mempertimbangkan rata-rata harga mineral dari Beijing, Jakarta, dan London Metal Exchange (LME), sehingga terdapat kesamaan harga yang ditampilkan dalam Tabel 6.2 dan Gambar 6.1.

Tabel 6.2 Rata-rata tahunan harga referensi mineral logam yang diterbitkan oleh Pemerintah Indonesia (USD \$/dmt)²⁶⁸

Tahun	Nikel	Mangan	Kobalt
2021	\$ 18.049,17	\$ 3,96	\$ 47.218,28
2022	\$ 25.386,88	\$ 4,15	\$ 65.755,57
2023	\$ 22.823,75	\$ 3,91	\$ 36.676,88
2024 (YTD)	\$ 17.105,03	\$ 3,66	\$ 27.701,09

Sebagai produsen dan eksportir nikel terbesar, Indonesia memiliki keterkaitan yang signifikan dengan rantai pasok nikel global. Oleh karena itu, negosiasi harga dengan pembeli masih mengacu pada harga pasar internasional. Penetapan HMA bertujuan untuk memberikan kepastian harga guna menarik lebih banyak investasi baru di sektor ini.

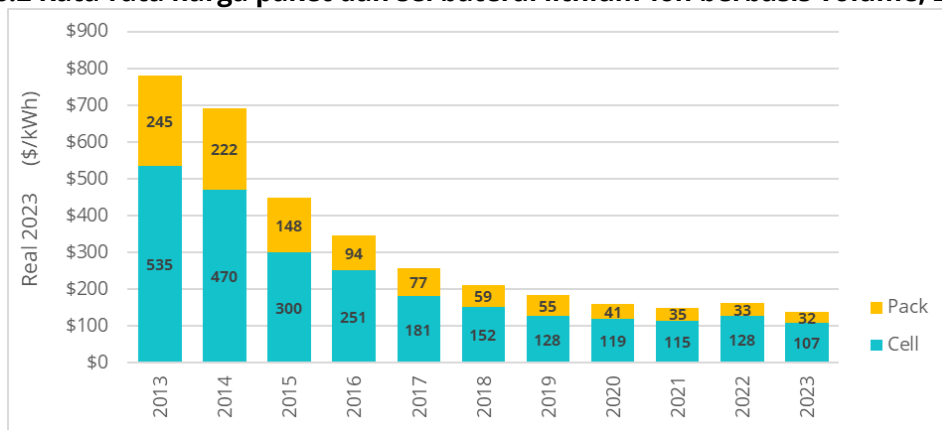
Asosiasi Penambang Nikel Indonesia (APNI) sedang bekerja sama dengan Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Kemenkomarves) untuk mempersiapkan pembentukan Indeks Nikel Indonesia. Saat ini, Harga Patokan Mineral (HPM) masih mengacu pada harga yang ditetapkan oleh London Metal Exchange (LME) dan dihitung berdasarkan Harga Mineral Acuan (HMA). Pengembangan indeks lokal ini akan meningkatkan pemantauan terhadap kondisi pasar domestik serta memungkinkan pembuat kebijakan untuk menyesuaikan regulasi sesuai kebutuhan. Penerapan harga referensi untuk bahan baku merupakan langkah penting dalam menstabilkan pasar baterai kendaraan listrik (EV). Dengan meningkatkan transparansi dan prediktabilitas harga, inisiatif ini akan mendukung para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang lebih tepat, sehingga berkontribusi pada pertumbuhan dan keberlanjutan sektor kendaraan listrik di Indonesia.

²⁶⁸ Direktorat Jeneal Mineral dan Batubara (2024) Harga Acuan. Tersedia di: <https://www.minerba.esdm.go.id/harga-acuan>

6.2.2 Tren harga baterai

Ukuran pasar LIB global diperkirakan akan tumbuh dari USD \$56,8 miliar pada 2023 menjadi USD \$187,1 miliar pada 2032, dengan CAGR sebesar 14,2% dari 2023 hingga 2032²⁶⁹. Pertumbuhan ukuran pasar LIB ini sejalan dengan penurunan harga sebesar 82% pada paket baterai lithium-ion dalam satu dekade terakhir (Gambar 6.2).²⁷⁰ Penurunan ini sebagian besar disebabkan oleh turunnya harga bahan baku²⁷¹ dan komponen—di mana bahan baku sendiri menyumbang 70-80% dari total biaya baterai EV²⁷²—serta peningkatan kapasitas produksi.²⁷³

Gambar 6.2 Rata-rata harga paket dan sel baterai lithium-ion berbasis volume, 2013-2023



Sumber: BloombergNEF. Data harga historis telah diperbarui untuk mencerminkan nilai riil dolar 2023. Nilai rata-rata yang tertimbang mencakup 303 titik data dari mobil penumpang, bus, kendaraan komersial, dan penyimpanan energi stasioner.

Tren ini juga dapat dianalisis berdasarkan wilayah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3, yang menyajikan indeks harga baterai per wilayah untuk periode 2020-2023, dengan Tiongkok dikecualikan dari wilayah Asia Pasifik. Metodologi IEA menetapkan bahwa harga baterai di setiap wilayah diindeks terhadap harga di Tiongkok, yang ditetapkan pada 100. Harga baterai ini mencerminkan rata-rata biaya di setiap wilayah, mencakup baterai yang diproduksi secara lokal maupun yang diimpor.

²⁶⁹ MarketsandMarkets, 2023. *Lithium-ion Battery Market by Type (NMC, LFP, LCO, LTO, LMO, NCA), Capacity (Below 3,000 mAh, 3,001 mAh–10,000 mAh, 10,001 mAh–60,000 mAh, Above 60,000 mAh), Voltage (Below 12V, 12V–36V, Above 36V), Application and Region - Global Forecast to 2032*. Tersedia di: [Lithium-ion Battery Market by Type \(NMC, LFP, LCO, LTO, LMO, NCA\), Capacity \(Below 3,000 mAh, 3,001 mAh–10,000 mAh, 10,001 mAh–60,000 mAh, Above 60,000 mAh\), Voltage \(Below 12V, 12V–36V, Above 36V\), Application and Region - Global Forecast to 2032 \(marketresearch.com\)](https://www.marketresearch.com/Lithium-ion-Battery-Market-by-Type-NMC-LFP-LCO-LTO-LMO-NCA-Capacity-Below-3000-mAh-3001-mAh-10000-mAh-10001-mAh-60000-mAh-Above-60000-mAh-Voltage-Below-12V-12V-36V-Above-36V-Application-and-Region-Global-Forecast-to-2032)

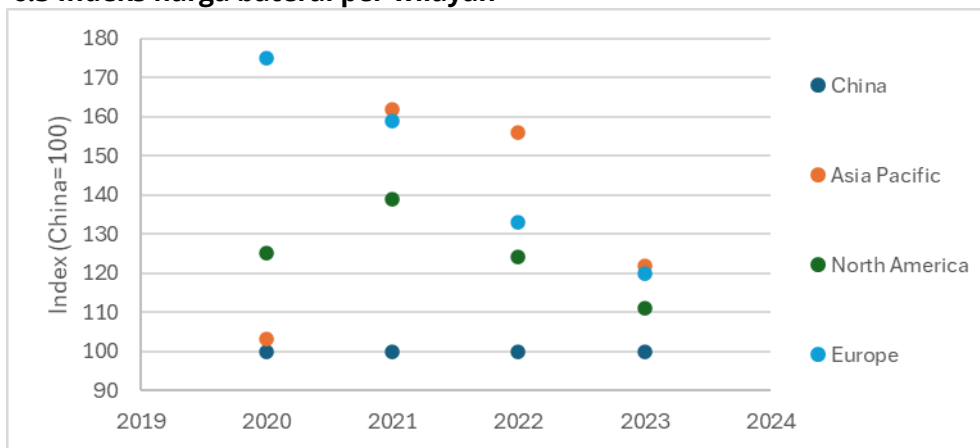
²⁷⁰ Pada tahun 2023, sektor logam mengalami penurunan harga akibat kelebihan pasokan di pasar global. Secara khusus, logam seperti kobalt, tembaga, litium, paladium, unsur tanah jarang, dan seng mengalami penurunan signifikan dalam nilai produksi. Penurunan harga ini menyebabkan penundaan atau penghentian operasi pada beberapa proyek pertambangan. Lihat U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries 2024* (U.S. Geological Survey 2024), hal. 5.

²⁷¹ Untuk biaya litium dan nikel secara khusus, lihat E Silva, 'Decline in battery metal costs drives down electric vehicle prices' March 4, 2024, SPGlobal, tersedia di <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/decline-in-battery-metal-costs-drives-down-electric-vehicle-prices-80664889>

²⁷² S&P Global, 2023. *Asian Battery Makers are shifting strategies to hold onto global lead*. Tersedia di: [Asian Battery Makers Are Shifting Strategies To Hold Onto Global Lead | S&P Global Ratings \(spglobal.com\)](https://www.spglobal.com/ratings/en/news-insights/latest-news-headlines/asian-battery-makers-are-shifting-strategies-to-hold-onto-global-lead-80664889)

²⁷³ 'Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh' November 26, 2023, BloombergNEF, tersedia di [Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \\$139/kWh | BloombergNEF \(bnef.com\)](https://www.bnef.com/Lithium-Ion-Battery-Pack-Prices-Hit-Record-Low-of-139-kWh)

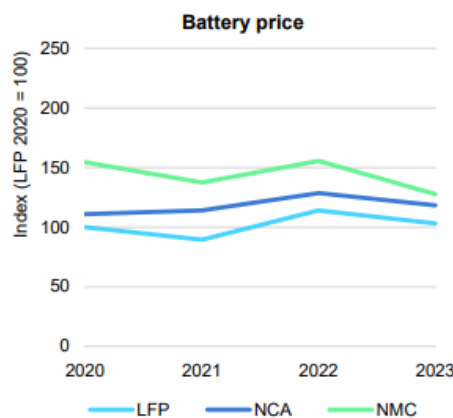
Gambar 6.3 Indeks harga baterai per wilayah



Sumber: IEA, *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications), p. 85.

Terkait dengan jenis kimia baterai lithium-ion, trennya juga serupa. Gambar 6.4 menyajikan rata-rata harga baterai yang diindeks terhadap harga LFP di Tiongkok untuk periode 2020-2023.

Gambar 6.4 Harga baterai berdasarkan jenis kimia tertentu

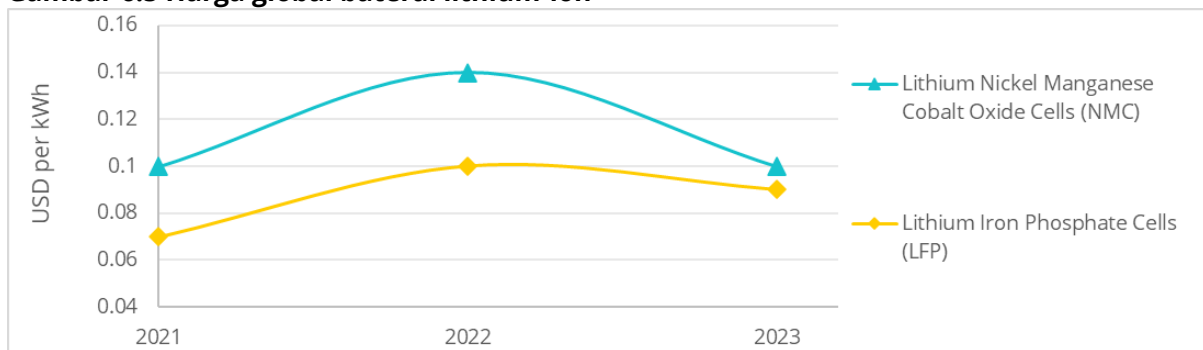


Sumber: IEA, *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications), p. 85.

Pada tahun 2023, harga sel baterai LFP dan NCM mengalami penurunan dibandingkan tahun 2022 (Gambar 6.5). Dampak kenaikan harga bahan baku baterai berbeda di setiap jenis baterai pada tahun 2022, dengan kenaikan terbesar terjadi pada baterai LFP (lebih dari 25%), sementara baterai NMC mengalami kenaikan kurang dari 15%²⁷⁴. Namun, secara keseluruhan, harga sel LFP tetap lebih rendah dibandingkan sel NMC, karena LFP tidak mengandung nikel atau kobalt, yang memiliki biaya lebih tinggi dibandingkan besi dan fosfor. Selain itu, karena harga lithium meningkat lebih cepat dibandingkan harga nikel dan kobalt, baterai LFP mengalami kenaikan harga lebih tinggi dibandingkan NMC.

²⁷⁴ IEA (2024), *Global EV Outlook 2024*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>, Licence: CC BY 4.0

Gambar 6.5 Harga global baterai lithium-ion



Sumber: Penyusunan sendiri

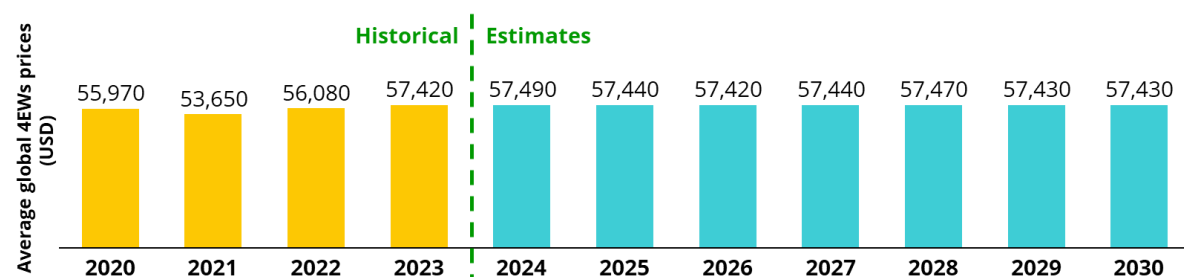
6.2.3 Tren harga EV

Dalam satu dekade terakhir, terutama dalam lima tahun terakhir, adopsi EV meningkat secara signifikan, didorong oleh tren penurunan harga. Namun, biaya kepemilikan EV masih berada di atas rata-rata biaya kepemilikan kendaraan secara keseluruhan. Produsen EV utama seperti BYD dan Tesla telah menurunkan harga mereka melalui strategi reduksi biaya, yang memaksa perusahaan lain untuk mengikuti langkah serupa agar tetap kompetitif di pasar. Salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan harga ini adalah penurunan biaya baterai, yang menyumbang sekitar 40% dari total harga EV²⁷⁵.

Menurut proyeksi harga rata-rata EV global dari Statista, harga EV diperkirakan akan tetap relatif stabil hingga 2030. Hal ini karena kemajuan teknologi yang berpotensi menurunkan harga EV memerlukan waktu lebih lama untuk benar-benar tercermin dalam harga rata-rata global. Berdasarkan proyeksi ini, harga rata-rata global EV pada tahun 2030 diperkirakan sekitar USD \$57,4 ribu²⁷⁶.

Gambar 6.6 Perkembangan historis dan proyeksi harga rata-rata global kendaraan listrik

277



Sumber: Penyusunan sendiri

Di Indonesia, dan kemungkinan besar sebagai hasil dari insentif pengurangan PPN, harga awal EV paling terjangkau, Hyundai Ioniq 5, telah mengalami penurunan dari USD \$51.000 menjadi di bawah USD \$45.000 sejak insentif tersebut diberlakukan.

²⁷⁵ N. Rivero. (2024) *It's never been cheaper to buy an EV. Here's why.* The Washington Post. Tersedia di: <https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2024/03/18/electric-vehicle-price-drop/>

²⁷⁶ Statista (2024) *Average electric vehicles price worldwide from 2019 to 2029(in thousand U.S. dollars).* Tersedia di: <https://www.statista.com/forecasts/1309622/worldwide-e-vehicles-average-price>

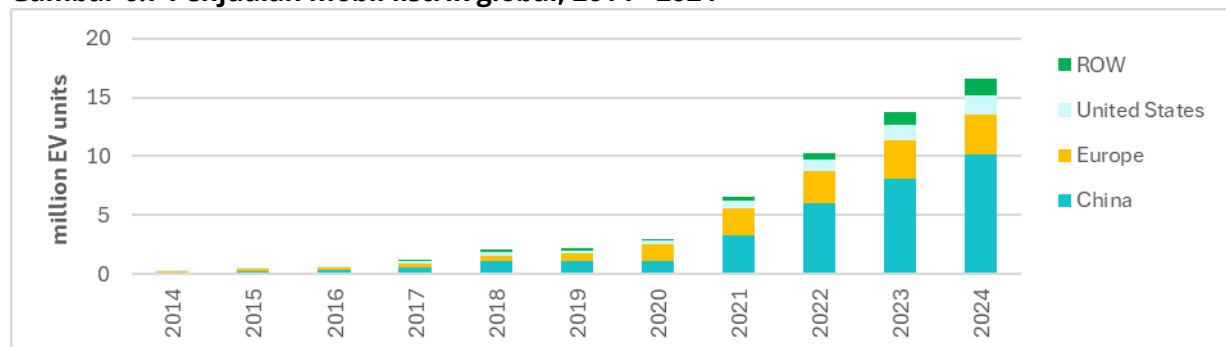
²⁷⁷ Statista (2024) *Average electric vehicles price worldwide from 2019 to 2029(in thousand U.S. dollars).* Tersedia di: <https://www.statista.com/forecasts/1309622/worldwide-e-vehicles-average-price>

Meskipun insentif ini sangat menarik dan telah mulai menunjukkan dampak positif terhadap perkembangan elektromobilitas nasional, perbedaan harga kendaraan bermesin pembakaran internal (ICEV) masih cukup signifikan. Sebagai perbandingan, kendaraan bensin termurah di Indonesia, Daihatsu Ayla, memiliki harga di bawah USD \$9.000²⁷⁸.

6.3 Potensi pasar elektromobilitas di Indonesia

Dalam satu dekade terakhir, penjualan kendaraan listrik (EV) mengalami peningkatan di Tiongkok, Eropa, Amerika Serikat, dan berbagai negara lainnya di dunia (lihat Gambar 6.7). Akibatnya, permintaan baterai EV juga diperkirakan akan meningkat secara signifikan.

Gambar 6.7 Penjualan mobil listrik global, 2014 - 2024



Sumber: IEA (2024), *Electric car sales, 2012-2024*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-sales-2012-2024>, Licence: CC BY 4.0

Dalam pasar EV global, kendaraan listrik penumpang diproyeksikan akan mendominasi konsumsi baterai lithium-ion, dengan pangsa pasar mencapai 67%, menurut BNEF. Selain itu, pangsa pasar bus listrik dan kendaraan komersial listrik diperkirakan akan meningkat hingga 24%. Sebaliknya, pasar terkait baterai lainnya, seperti sistem penyimpanan energi, menunjukkan bahwa stasioner storage hanya akan menyumbang 9% dari total pasar baterai lithium-ion. Karena EV merupakan penggunaan utama baterai, proyek ini akan berfokus pada pengembangan rantai pasok baterai untuk kendaraan listrik guna mendukung transisi energi dan industri otomotif di Indonesia.

6.3.1 Situasi nasional terkini

Sistem transportasi tradisional di Indonesia masih mengandalkan teknologi mesin diesel dan bensin. Sepeda motor merupakan moda transportasi utama, dengan tingkat kepemilikan 325 unit per 1.000 penduduk, jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata global yang hanya 93 unit per 1.000 penduduk. Sebaliknya, kepemilikan mobil di Indonesia hanya sekitar 40 unit per 1.000 penduduk, yang hanya seperempat dari rata-rata global. Perbedaan ini tercermin dari data terbaru tentang jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Selain itu, kurang dari 10% kendaraan di jalan raya Indonesia dirakit secara lokal, dengan mobil penumpang sebagai kategori kendaraan yang paling banyak diproduksi dalam negeri. Negara asal kendaraan impor di Indonesia antara lain Jepang, Tiongkok, India, dan Thailand²⁷⁹.

²⁷⁸ ASEAN Briefing (2023) *Indonesia Market Prospects for EV Sales and Manufacturing*. Tersedia di: <https://www.aseanbriefing.com/news/indonesia-market-prospects-for-electric-vehicles-sales-manufacturing-investments/>

²⁷⁹ Ministry of Finance (Directorate General of Customs and Excise). *Exports and imports declaration document*.

Sektor transportasi menyumbang sekitar 20% dari total emisi karbon nasional. Namun, inventarisasi emisi transportasi jalan raya dan baseline emisi di Indonesia belum pernah ditetapkan secara resmi²⁸⁰. Sebagai bagian dari ini, Peta Jalan Net-Zero Emission (NZE)²⁸¹ Sektor Energi 2060 Indonesia menetapkan bahwa emisi sektor transportasi pada tahun 2060 tidak boleh melebihi 52 juta ton CO₂.

Langkah mitigasi emisi transportasi telah diatur dalam Keputusan Menteri Perhubungan No. KM 8/2023 tentang Penentuan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim di Sektor Transportasi untuk mencapai target NDC (Nationally Determined Contribution) Indonesia. Dokumen ini mencakup berbagai kebijakan mitigasi, termasuk Transit Oriented Development (TOD), Pengembangan transportasi non-bermotor (NMT), Promosi kendaraan listrik (KBLBB), Pembangunan infrastruktur pengisian daya EV, Penerapan Electronic Road Pricing (ERP), dan lain-lain.

Saat ini, EV baru mencakup sekitar 2% dari total pasar otomotif di Indonesia. Namun, angka ini diproyeksikan akan mencapai dua digit pada tahun 2030. Dalam upaya mempercepat transisi ke kendaraan listrik, Peraturan Presiden No. 55/2019 menetapkan bahwa pengembangan industri EV domestik menjadi prioritas nasional untuk meningkatkan efisiensi energi di sektor transportasi. Sebagai bagian dari strategi rantai pasok baterai EV, Indonesia menargetkan 2.200.000 unit EV roda empat (4W) beroperasi di jalan raya pada 2030 dan 13.000.000 unit EV roda dua (2W) beroperasi pada 2030²⁸², dan produksi 600.000 unit EV pada 2030²⁸³.

Pasar EV di Indonesia memiliki peluang yang menjanjikan, di mana faktor pendorong lebih dominan dibandingkan hambatan. Kolaborasi antara sektor publik dan swasta dapat lebih meningkatkan potensi ini (lihat Tabel 6.3)

Tabel 6.3 Faktor pendorong dan hambatan adopsi EV di Indonesia

Faktor Pendorong	Insentif pajak
	Subsidi
	Pengembangan infrastruktur strategis
	Preferensi konsumen terhadap kendaraan ramah lingkungan
	Pertumbuhan kelas menengah dengan daya beli meningkat
	Kemajuan signifikan dalam teknologi baterai dengan fokus pada peningkatan kepadatan energi, daya tahan, dan daur ulang
	Alternatif material baterai yang lebih ramah lingkungan
	Biaya perawatan lebih rendah
	Standar efisiensi bahan bakar dan regulasi emisi CO ₂ mendorong peningkatan adopsi EV
Hambatan	Keterbatasan infrastruktur pengisian daya

²⁸⁰ WRI (2024). *Indonesia's Path to Net-Zero Emission: Measuring Road Transport Emissions as the Foundation for a Sustainable Transport Policy*. Tersedia di: <https://wri-indonesia.org/en/insights/indonesias-path-net-zero-emission-measuring-road-transport-emissions-foundation>

²⁸¹ IEA (2022) IEA (2022), *An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emissions in Indonesia*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-net-zero-emissions-in-indonesia>, Licence: CC BY 4.0. Tersedia di: <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-net-zero-emissions-in-indonesia>

²⁸² *Ini Target Pemerintah untuk Populasi Kendaraan Listrik di Tahun 2030 -- MEMR Press Release, 2024*

²⁸³ ASEAN Energy Database System (AEDS). 2024. Tersedia di: <https://aseanenergy.org/news-clipping/indonesia-targets-production-of-600000-ev-units-by-2030/>

	Keterbatasan teknologi baterai
	Kekhawatiran konsumen terkait jarak tempuh dan harga EV
	Ekstraksi bahan baku baterai terkait dengan masalah sosial dan lingkungan

Sumber: AEML, 2023 & IEA 2022.

Pada tahun 2022, permintaan baterai di Indonesia mencapai 329 MWh, dengan baterai LFP mendominasi 57,7% dari total permintaan, diikuti oleh baterai NCM pada 42,2%, dan baterai timbal-asam pada 0,1%. Sayangnya, kapasitas produksi baterai domestik masih jauh dari mencukupi permintaan, menunjukkan adanya kesenjangan besar dalam pasokan.

Meskipun tren global terhadap kendaraan listrik (EV) terus berkembang, tingkat adopsi di Indonesia masih rendah. Hingga tahun 2019, penjualan tahunan mobil listrik di negara ini secara konsisten berada di bawah 100 unit. Namun, angka ini mengalami peningkatan signifikan antara tahun 2020 dan 2021. Pada tahun 2023, produsen Tiongkok mendominasi pasar, menyumbang 45% dari total penjualan mobil. Sebagian besar kendaraan impor ini menggunakan baterai LFP. Model lokal terlaris yang menonjol termasuk Toyota Kijang dan Hyundai Ioniq. Secara khusus, Hyundai melaporkan penjualan sebanyak 7.176 unit Ioniq 5, sementara Wuling menjual 5.575 unit Air EV²⁸⁴. Preferensi pasar yang beragam ini diperkirakan akan mendorong produsen untuk menawarkan berbagai model EV guna memenuhi permintaan konsumen yang bervariasi.

Saat ini, kapasitas produksi kendaraan listrik (EV) di Indonesia masih jauh dari target yang ditetapkan. Dengan mempertimbangkan jumlah kendaraan yang dirakit secara domestik, tingkat konversi ke EV, serta jumlah pabrik baterai yang beroperasi, volume produksi yang diharapkan belum sejalan dengan tingginya produksi nikel di negara ini (Lihat Tabel 6.4). Potensi kapasitas produksi nasional, beserta kesenjangan antara kondisi saat ini dan target NDC negara, menunjukkan peluang besar bagi pasar EV yang dapat dimanfaatkan jika rantai pasokan baterai dikembangkan.

Tabel 6.4 Status pengembangan rantai pasok baterai di Indonesia

Strategi	Deskripsi	Kemajuan signifikan	Dalam proses	Belum dimulai/data tidak tersedia
Pertambangan	Regulasi & investasi untuk pengembangan rantai pasok.		✓	
	Penyediaan bahan baku utama.	✓		
Pengolahan bahan baku	Formulasi insentif fiskal dan non-fiskal.		✓	
Perakitan sel baterai dan paket baterai	Pengembangan sel baterai & paket baterai dengan insentif produsen.		✓	
Penggunaan akhir	Formulasi insentif fiskal dan non-fiskal.		✓	
	Pengembangan infrastruktur pengisian daya EV.		✓	
	Penerapan wajib penggunaan EV dalam skala besar.			✓
	Penetapan zona eksklusif EV di Indonesia.			✓
	Menjalin FTA dengan negara pembeli potensial.		✓	
	Produksi 4W EV.		✓	
	Produksi 2W EV.		✓	

²⁸⁴ The Association of Indonesia Automotive Industries. *Indonesian Automotive Industry Data 2023*; GAIKINDO: Jakarta, Indonesia, 2024.

Strategi	Deskripsi	Kemajuan signifikan	Dalam proses	Belum dimulai/data tidak tersedia
	Produksi stasiun pengisian daya.		✓	
Recycling / second life use	Pengembangan sistem manajemen baterai.			✓
	Penyediaan bahan baterai daur ulang.			✓
	Pengembangan skema end-of-life baterai.			✓

Sumber: Penyusunan sendiri based on the MOI Roadmap - Regulation 28/2023

6.3.2 Tren permintaan masa depan

Menurut analisis yang dirilis oleh Asosiasi Ekosistem Mobilitas Listrik Indonesia (AEMLI) pada tahun 2023, sektor kendaraan listrik (EV) diproyeksikan mengalami tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (CAGR) sebesar 58,5% dari 2023 hingga 2030. Peningkatan terbesar dalam permintaan listrik secara absolut diperkirakan berasal dari elektromobilitas, dengan sektor transportasi diproyeksikan menjadi komponen terbesar kedua dalam permintaan listrik pada tahun 2060, dengan kebutuhan sekitar 350 TWh.

Karena harga nikel yang terus tinggi, banyak produsen otomotif mulai beralih dari baterai berbasis nikel ke alternatif yang lebih hemat biaya dan bebas nikel, seperti baterai LFP. Secara khusus, perusahaan seperti BYD dari Tiongkok berencana untuk mendirikan operasi manufaktur di Indonesia, yang dapat memberikan dampak signifikan terhadap lanskap pasar baterai lokal.

Menghadap ke depan, pengembangan baterai solid-state muncul sebagai tren utama di masa depan, dengan potensi kepadatan energi yang lebih tinggi, waktu pengisian daya yang lebih cepat, serta fitur keselamatan yang lebih baik. Namun, terdapat tantangan yang perlu diperhatikan, seperti kenaikan suku bunga dan ketidakpastian ekonomi, yang dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan penjualan kendaraan listrik global pada tahun 2024.

Terkait dengan sistem penyimpanan energi berbasis baterai (BESS), kapasitas global BESS skala jaringan pada tahun 2023 telah mencapai 56 GW, dengan hampir 50% dari kapasitas tersebut dipasang di Tiongkok. Negara-negara lain yang memimpin dalam pengembangan BESS adalah Australia, Korea Selatan, dan Jepang. Sebaliknya, kapasitas gabungan negara-negara Asia-Pasifik lainnya, termasuk Indonesia, hanya mencapai 0,4 GW²⁸⁵ (lihat Tabel 9.4 untuk data lebih rinci).

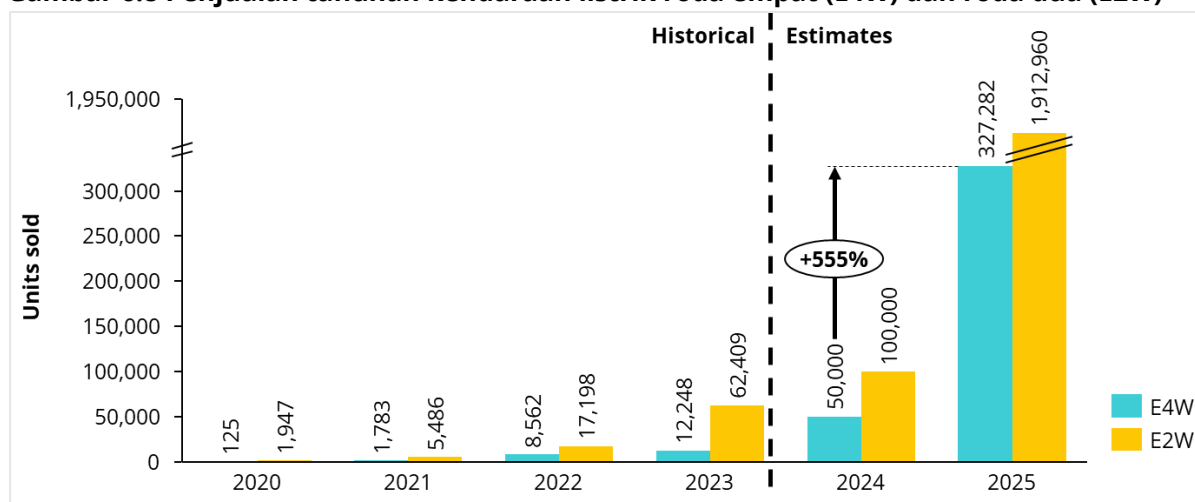
Dengan demikian, sektor baterai diperkirakan akan menjadi semakin penting dalam beberapa tahun mendatang. Secara khusus, tahun 2024 akan menjadi tahun pertama di mana data terkait penyimpanan baterai, sel baterai, serta mineral dan material utamanya akan dimasukkan dalam Laporan Statistik Energi Dunia²⁸⁶. Namun, laporan tersebut juga mengindikasikan adanya penurunan permintaan terhadap mineral dan logam terkait baterai lithium-ion pada tahun 2023. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk peningkatan pasokan, pergeseran permintaan di pasar utama seperti Tiongkok, perubahan komposisi kimia baterai, dan koreksi pasar setelah lonjakan harga yang terjadi pada tahun 2021 dan 2022.

²⁸⁵ Energy Institute. 2024. *Statistical Review of World Energy*. 73rd Edition. Tersedia di: <https://www.energyinst.org/statistical-review>

²⁸⁶ Laporan ini telah menyediakan data bagi komunitas energi di seluruh dunia sejak tahun 1952.

Pemerintah Indonesia sedang berupaya untuk mencapai target 2 juta kendaraan listrik roda empat (E4W) dan 13 juta kendaraan listrik roda dua (E2W) di jalan pada tahun 2030. Pasar kendaraan listrik di Indonesia masih jauh dari target yang ditetapkan. Namun, peningkatan penjualan E4W dan E2W dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan tren yang menjanjikan, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 6.8. Pada tahun 2023, sebanyak 12.248 unit kendaraan listrik terjual di Indonesia, yang merupakan peningkatan sebesar 43% dibandingkan tahun sebelumnya.²⁸⁷ Selain itu, total penjualan kendaraan listrik roda dua (E2W) pada tahun 2023 meningkat tiga kali lipat dibandingkan penjualan tahun 2022.

Gambar 6.8 Penjualan tahunan kendaraan listrik roda empat (E4W) dan roda dua (E2W)



Sumber: Penyusunan sendiri

Selain peningkatan pesat dalam penjualan kendaraan listrik dalam beberapa tahun terakhir, pemerintah telah menetapkan target minimum untuk menutup tahun 2024 dengan penjualan 50.000 unit E4W dan 100.000 unit E2W. Menurut Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pemerintah Indonesia menargetkan 2,1 juta E2W dan 400.000 E4W di jalan pada tahun 2025²⁸⁸. Peningkatan ini diharapkan menjadi bagian dari tren global menuju elektromobilitas, serta didukung oleh upaya dan insentif pemerintah yang telah diterapkan sejauh ini, seperti pengurangan PPN dan penghapusan pajak barang mewah, sebagaimana dijelaskan dalam Bab 6.1. Insentif pengurangan PPN sebesar 11% hanya berlaku jika 40% komponen diproduksi secara lokal, dan persentase kandungan lokal ini secara bertahap akan meningkat hingga 60% pada tahun 2027. Namun, target ini tampaknya sulit untuk dicapai tepat waktu, karena penjualan E4W harus meningkat lebih dari 500% pada tahun 2025 dibandingkan tahun sebelumnya, sesuai dengan ekspektasi pemerintah (Gambar 6.9).

6.3.3 Produksi EV

Saat ini, produksi kendaraan listrik roda empat (E4W) di Indonesia masih tergolong rendah. Namun, upaya pemerintah dalam mengembangkan rantai pasok baterai serta target produksi EV yang ditetapkan untuk dekade mendatang bertujuan untuk mengubah kondisi ini.

Gambar 6.9 menunjukkan proyeksi estimasi bagaimana permintaan domestik dan produksi harus berkembang untuk mencapai target adopsi yang dijelaskan dalam bagian

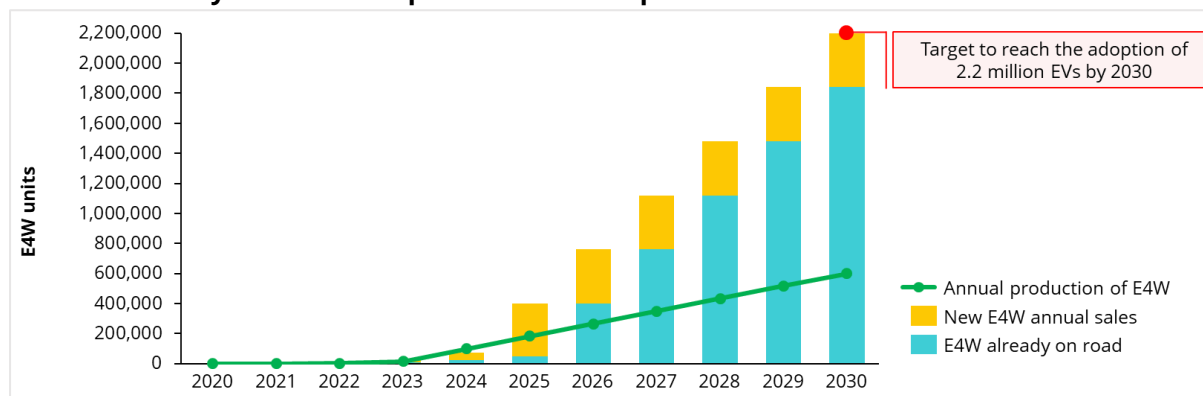
²⁸⁷ Suryacipta. *The Rise of Electric Vehicle in Indonesia*

Diterbitkan pada 8 Juli 2024 <https://suryacipta.com/en/the-rise-of-electric-vehicle-in-indonesia/>

²⁸⁸ AFMA, *Indonesia Sets Sights on 50,000 EV Sales in 2024*. Tersedia di: <https://afma.org.au/indonesia-sets-sights-on-50000-ev-sales-in-2024/>

6.3.2, dengan mempertimbangkan penjualan historis E4W di negara ini dan mengasumsikan pertumbuhan linier.

Gambar 6.9 Proyeksi tahunan produksi dan adopsi E4W di Indonesia



Sumber: Penyusunan sendiri

Selain target adopsi yang dijelaskan dalam bagian 6.3.2, pemerintah Indonesia (GOI) menargetkan menjadi produsen baterai listrik terbesar ketiga di dunia pada tahun 2027²⁸⁹, serta memastikan 20% dari komponennya diproduksi secara lokal²⁹⁰. Hal ini berarti bahwa 327.282 unit yang masih perlu dijual untuk memenuhi ekspektasi tersebut tidak akan memenuhi syarat untuk mendapatkan insentif pengurangan PPN sebagaimana dijelaskan dalam bagian 6.1.

Industri EV domestik menghadapi tantangan besar, terutama dalam kapasitas produksi dan ketergantungan pada komponen impor, yang membuatnya kurang kompetitif dibandingkan kendaraan dengan mesin pembakaran dalam (ICEV)²⁹¹. Meskipun pemerintah telah memperkenalkan insentif—seperti subsidi pembelian dan pembebasan pajak bagi produsen yang dijelaskan dalam bagian 6.1—inisiatif ini telah memberikan tekanan pada anggaran nasional²⁹². Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mengalokasikan dana sebesar USD \$455 juta untuk mensubsidi penjualan sepeda motor listrik, termasuk pengenalan 800.000 sepeda motor listrik baru dan konversi 200.000 sepeda motor berbahan bakar fosil.

Indonesia masih berada pada tahap awal dalam membangun kapasitas manufaktur sel baterai²⁹³. Dalam konteks kendaraan listrik (EV), Asosiasi Ekosistem Mobilitas Listrik Indonesia (AEMLI) memproyeksikan bahwa pasar manufaktur sel baterai dan sistem manajemen baterai di Indonesia dapat mencapai sekitar USD \$3 hingga USD \$4,5 miliar pada tahun 2030. Selain itu, sektor infrastruktur pengisian daya diperkirakan akan berkontribusi sekitar USD \$2 hingga USD \$3 miliar. Namun, tantangan besar masih ada, termasuk meningkatnya biaya komoditas dan perubahan regulasi yang berdampak pada sektor swasta. Selain itu, pasar daur ulang baterai, yang mencakup pemeliharaan dan

²⁸⁹ ASEAN Briefing (2024). Tersedia di: <https://www.aseanbriefing.com/news/indonesia-issues-new-tax-incentives-to-spur-ev-production-and-sales/>

²⁹⁰ Indonesia Investment Promotion Center (IIPC), (2024) Tersedia di: <https://www.iipcnewyork.org/post/charging-up-indonesia-the-rapid-rise-of-evs-in-indonesia>

²⁹¹ Sasongko, T. W., Ciptomulyono, U., Wirjodirdjo, B., & Prastawa, A. (2024). Identification of electric vehicle adoption and production factors based on an ecosystem perspective in Indonesia. *Cogent Business & Management*, 11(1).

²⁹² Battery technology, 2024. *Solid State Batteries: The Future of Energy Storage? Solid State Batteries: The Future of Energy Storage?* (batterytechnonline.com).

²⁹³ [Indonesia Battery Corporation corporate website](#)

layanan baterai, diproyeksikan bernilai antara USD \$0,5 miliar dan USD \$1,5 miliar pada tahun 2030.

Perusahaan milik negara, Indonesia Battery Corporation (IBC), telah didirikan untuk memimpin produksi sel baterai dalam negeri. Salah satu komponen utama strategi IBC adalah usaha patungan dengan Hyundai dan LG melalui PT HLI Green Power²⁹⁴, yang berlokasi di Karawang, Jawa Barat. Fasilitas ini dirancang untuk memproduksi 32,6 juta sel baterai, setara dengan 10 GWh.

6.4 Karakteristik tenaga kerja

Di Indonesia, Pulau Jawa, khususnya Jakarta, secara signifikan mendominasi perekonomian nasional, dengan hampir seperenam dari seluruh perusahaan non-pertanian berlokasi di ibu kota²⁹⁵. Adapun tenaga kerja di sektor pertambangan dan penggalian, data rinci terbaru dikumpulkan selama Sensus Ekonomi 2016. Sensus ini mengungkapkan bahwa meskipun Pulau Jawa memiliki jumlah perusahaan pertambangan dan penggalian tertinggi, sebagian besar pekerja di sektor ini berada di wilayah Sumatra, yang mencakup sekitar 28% dari seluruh tenaga kerja pertambangan dan penggalian di Indonesia. Konsentrasi aktivitas ekonomi ini sangat penting untuk memahami dinamika rantai pasok baterai.

Kegiatan ekonomi yang terkait dengan rantai pasok baterai terutama mencakup sektor pertambangan dan penggalian (A), sektor manufaktur (C), serta perdagangan besar dan eceran, termasuk perbaikan kendaraan bermotor dan sepeda motor (G). Namun, data spesifik tentang penciptaan lapangan kerja dalam sektor produksi baterai masih terbatas; laporan yang ada umumnya mencakup angka industri yang lebih luas. Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 6.5, sektor manufaktur menyerap sebagian besar tenaga kerja dalam rantai pasok baterai, termasuk karyawan formal dan pekerja lepas (bukan pekerja tetap).

Tabel 6.5 Total tenaga kerja di 2023 dalam industri terkait rantai pasok baterai

Status pekerjaan	Sektor			
	Pertambangan dan Penggalian (B)	Manufaktur (C)	Perdagangan besar dan eceran; perbaikan kendaraan bermotor dan sepeda motor (G)	Penyediaan air; pengelolaan limbah, pengelolaan sampah, dan remediasi [E]
Karyawan	1.010.896	10.827.030	7.209.912	209.089
Pekerja Lepas	211.906	856.481	479.354	28.873

Sumber: Badan Pusat Statistik, Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) Agustus/BPS-Statistics Indonesia, August National Labor Force Survey. Retrieved from: Statistical Yearbook of Indonesia, 2024

Kegiatan ekonomi yang terkait dengan produksi baterai di Indonesia dikategorikan dalam beberapa klasifikasi ISIC, yaitu:

- Pertambangan bijih logam (ISIC 07)
- Industri manufaktur logam dasar (ISIC 24)
- Industri peralatan listrik (ISIC 27)
- Industri kendaraan bermotor, trailer, dan semi-trailer (ISIC 29)²⁹⁶

²⁹⁴ [Jadi Produsen Baterai Kendaraan Listrik, RI Mulai Produksi April 2024 – detikFinance, 2024](#)

²⁹⁵ IMF (2024). IMF Country Report No. 24/271 for Indonesia.

²⁹⁶ Further information on classes and descriptions of ISIC Rev. 4.

Sektor industri manufaktur menawarkan informasi paling rinci hingga tingkat kelas industri. Sub-sektor ini secara kolektif mencakup kurang dari 7% dari seluruh perusahaan manufaktur dan mempekerjakan sekitar 10% dari total tenaga kerja nasional. Terkait dengan pertimbangan gender dan inklusi sosial dalam produksi baterai, analisis singkat telah dimasukkan dalam Lampiran 4: Pertimbangan Gender dan Inklusi Sosial dalam Produksi Baterai

6.5 Dampak ekonomi

Seperti yang telah dijelaskan dalam laporan ini, Indonesia memiliki sumber daya mineral yang cukup untuk mengembangkan rantai pasok baterai dan telah menerapkan berbagai insentif fiskal untuk mencapai tujuan tersebut. Bagian ini menyajikan analisis tingkat tinggi jangka pendek hingga menengah mengenai dampak ekonomi dari pencapaian target produksi EV pemerintah, dengan mempertimbangkan penciptaan lapangan kerja baru serta biaya yang timbul akibat penerapan insentif pengurangan PPN.

Analisis ini dibangun dengan asumsi bahwa target nasional berikut akan tercapai tepat waktu dan mengikuti tren linier mulai tahun 2024: (i) 400.000 EV di jalan pada tahun 2025, (ii) 2.200.000 EV di jalan pada tahun 2030, dan (iii) 600.000 E4W diproduksi di Indonesia pada tahun 2030.

Tabel 6.6 Proyeksi historis dan estimasi penjualan serta produksi nasional EV

Tahun	Penjualan E4W			Produksi
	Sudah berjalan	Akumulasi adopsi	Penjualan E4W baru	Produksi tahunan E4W
2020	104	229	125	-
2021	229	2.012	1.783	-
2022	2.012	10.574	8.562	.500
2023	10.574	22.822	12.248	15.358
2024	22.822	72.822	50.000	98.878
2025	50.000	400.000	350.000	182.399
2026	400.000	760.000	360.000	265.919
2027	760.000	1.120.000	360.000	349.439
2028	1.120.000	1.480.000	360.000	432.959
2029	1.480.000	1.840.000	360.000	516.480
2030	1.840.000	2.200.000	360.000	600.000

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dalam laporan ini, insentif pengurangan PPN hanya berlaku untuk EV dengan lebih dari 40% komponen lokal pada tahun 2025 dan lebih dari 60% pada tahun 2027 dan seterusnya. Saat ini, kandungan lokal EV di Indonesia masih di bawah 20%. Meskipun optimis, analisis ini mengasumsikan bahwa mulai 2027 dan seterusnya, kondisi 60% kandungan lokal terpenuhi sehingga seluruh EV yang dijual di Indonesia antara 2027 dan 2030 dapat menikmati pengurangan PPN sebesar 10%.

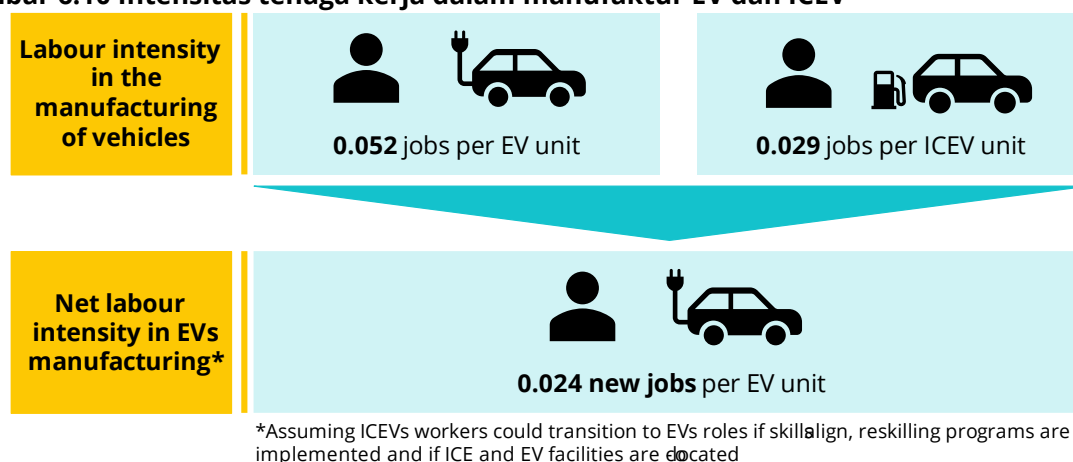
Kerugian pendapatan PPN dari penerapan insentif ini dihitung berdasarkan dua asumsi utama. Pertama, harga rata-rata EV yang dijual di Indonesia hingga 2030 mengikuti proyeksi harga rata-rata global seperti yang disajikan dalam Bagian 6.2.3, dan kedua, setiap EV yang dijual dari tahun 2027 dan seterusnya akan menggantikan satu kendaraan berbahan bakar fosil (ICEV) dengan harga yang sebanding. Berdasarkan asumsi ini,

perkiraan akumulasi kerugian pendapatan PPN antara 2027 hingga 2030 mencapai USD \$8,21 miliar.

Untuk memperkirakan dampak target produksi EV terhadap lapangan kerja, dua sumber utama penciptaan lapangan kerja dianalisis: (i) pabrik manufaktur baterai dan (ii) pabrik manufaktur EV.

Diperlukan tambahan 15,03 GWh kapasitas produksi baterai antara tahun 2027 dan 2030 untuk memenuhi target produksi domestik, dengan asumsi setiap EV yang diproduksi di Indonesia memiliki kapasitas baterai rata-rata 45 kWh, yang mana merupakan rata-rata kapasitas baterai di EV di seluruh dunia dari 2017 hingga 2025²⁹⁷. Dengan rata-rata 80 pekerjaan per GWh kapasitas baterai yang diproduksi²⁹⁸, pabrik baru dapat menciptakan sekitar 1.200 pekerjaan antara 2027 dan 2030.

Gambar 6.10 Intensitas tenaga kerja dalam manufaktur EV dan ICEV



Sumber: Penyusunan sendiri based on data from already operating EVs and ICEVs' plants. Data used to estimate the ratios can be found in **Error! Reference source not found.**

Selain itu, pekerjaan yang dihasilkan dari peningkatan manufaktur EV domestik diperkirakan dengan membandingkan seberapa padat tenaga kerja di pabrik manufaktur EV dan ICEV yang sudah beroperasi dalam skala besar. Rasio intensitas tenaga kerja dihitung menggunakan sampel unit yang diproduksi setiap tahun dan jumlah total karyawan di pabrik yang sudah ada. Data dan referensi yang digunakan dalam estimasi ini dapat ditemukan di Lampiran 5. Pabrik produksi EV dan ICEV serta intensitas tenaga kerjanya. Rasio jumlah pekerjaan per unit EV dan ICEV yang diproduksi masing-masing adalah 0,052 pekerjaan per unit dan 0,029 pekerjaan per unit (Gambar 1.1). Rasio pekerjaan per unit yang lebih tinggi untuk EV disebabkan oleh kebutuhan tambahan pada elektronik daya. Diperkirakan sekitar 99.465 total pekerjaan dibutuhkan untuk memenuhi target nasional dalam produksi EV domestik. Namun, ada kemungkinan bahwa beberapa pekerja manufaktur ICEV dapat beralih ke produksi EV jika keterampilan mereka sesuai dengan yang dibutuhkan, jika program reskilling diterapkan, dan jika fasilitas manufaktur EV ditempatkan di lokasi yang sama dengan fasilitas powertrain ICEV

²⁹⁷ Statista (2023). Estimated average battery capacity in electric vehicles worldwide from 2017 to 2025, by type of vehicle (in kilowatt hours). Tersedia di: <https://www.statista.com/statistics/309584/battery-capacity-estimates-for-electric-vehicles-worldwide/>

²⁹⁸ N. Campagnol, A. Pfeiffer, and C. Tryggstad, "Capturing the battery value-chain opportunity", January, 2022. McKinsey & Company, tersedia di: <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/capturing-the-battery-value-chain-opportunity>

yang sudah ada²⁹⁹. Dengan asumsi ketiga kondisi ini terpenuhi dan pekerja ICEV dapat berpindah ke fasilitas EV, maka 44.745 pekerjaan bersih akan tercipta. Oleh karena itu, jika kondisi ini terjadi, 45.950 pekerjaan baru dapat diciptakan dari manufaktur baterai dan EV.

Penerapan insentif fiskal berupa pengurangan PPN diperkirakan akan menyebabkan kerugian pendapatan pemerintah sebesar USD \$8,21 miliar. Namun, jika target nasional tercapai, ini dapat menghasilkan setidaknya 45.590 pekerjaan baru antara 2027-2030 hanya dari produksi baterai dan EV. Meskipun tidak dimasukkan dalam analisis ini karena keterbatasan data, peningkatan aktivitas pertambangan dan pengolahan untuk memenuhi target juga akan menciptakan pekerjaan tambahan. Biaya tinggi dalam penerapan insentif untuk mencapai target tidak hanya akan dikompensasi oleh pekerjaan yang diciptakan tetapi juga oleh aktivitas ekonomi yang dihasilkan dari pekerjaan tersebut serta pajak tambahan yang dikumpulkan dari pekerjaan tersebut, karena mereka akan menjadi pekerjaan formal. Selain itu, pengumpulan pajak yang tidak mendapatkan pengurangan insentif, seperti pajak tambahan dari produksi baterai serta peningkatan aktivitas pertambangan dan pengolahan, akan membantu mengimbangi biaya dari kebijakan pengurangan PPN ini.

Estimasi biaya dan manfaat tambahan, seperti pekerjaan yang diciptakan dari sektor pertambangan dan pengolahan, dampak ekonomi, serta penerimaan pajak dari pekerjaan baru dan pengumpulan pajak dari aktivitas yang tidak mendapatkan insentif fiskal seperti produksi baterai, pertambangan tambahan, dan pengolahan mineral, bukan merupakan bagian dari cakupan laporan maupun proyek ini. Namun, diakui bahwa studi mendalam mengenai konsep-konsep ini akan berguna bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam rantai pasok baterai.

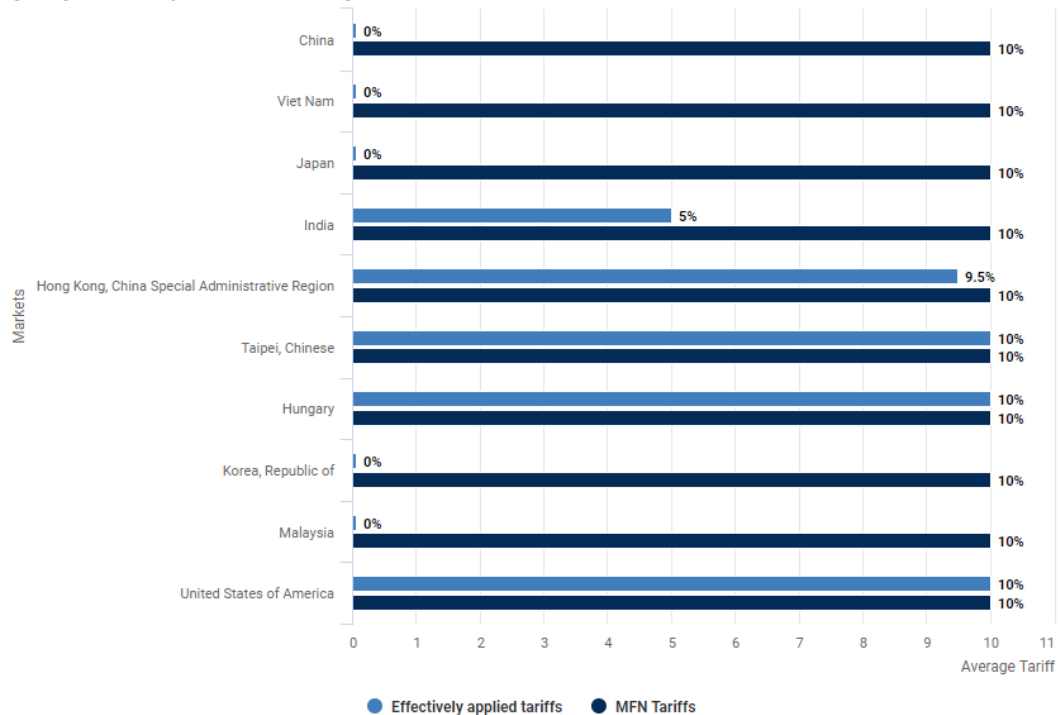
6.6 Implikasi terkait bahan impor dan ekspor

Penerapan kebijakan seperti pembebasan bea masuk telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam impor kendaraan listrik, terutama dari Tiongkok. Meskipun langkah ini membuat EV lebih mudah diakses, regulasi Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) menimbulkan tantangan bagi pengembangan kapasitas manufaktur EV lokal³⁰⁰. Gambar 6.11 mengilustrasikan rata-rata tarif yang diterapkan pada 10 pasar utama berdasarkan volume perdagangan dan jarak untuk baterai lithium-ion.

²⁹⁹ Turner Cotterman, Erica R.H. Fuchs, Kate S. Whitefoot, Christophe Combemale, *The transition to electrified vehicles: Evaluating the labor demand of manufacturing conventional versus battery electric vehicle powertrains*, *Energy Policy*, Volume 188, 2024, 114064, ISSN 0301-4215, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114064>.

³⁰⁰ *A Myriad of Challenges Holding Indonesia's Dream of Becoming a World EV Battery Player*. Tersedia di: <https://www.voaindonesia.com/a/segudang-tantangan-mengadang-mimpi-indonesia-jadi-pemain-baterai-ev-dunia/7684783.html>

Gambar 6.11 Rata-rata tarif yang diterapkan pada 10 pasar utama berdasarkan perdagangan dan jarak, untuk produk 850760 – Akumulator listrik: Lithium-ion



Data source : Market Access Map (www.macmap.org) - 2019

Sumber: Market Access Map. www.macmap.org

Menurut World Bank Enterprise Survey (WBES), faktor-faktor seperti usia perusahaan, kepemilikan asing, dan ketersediaan situs web memiliki pengaruh positif terhadap diversifikasi ekspor. Namun, Indonesia saat ini masih tertinggal dibandingkan dengan kawasan Asia Timur dan Pasifik dalam hal persentase perusahaan yang terlibat dalam ekspor langsung. Untuk meningkatkan kemampuan ekspor, penting untuk memperbaiki prosedur kepabeanan agar impor dan ekspor dapat berlangsung lebih lancar. Akses yang terbatas terhadap sumber daya keuangan berdampak negatif terhadap pertumbuhan penjualan dan produktivitas tenaga kerja, terutama di perusahaan domestik, meskipun pengalaman manajerial dapat membantu mengurangi tantangan ini.

Implikasi lain yang terkait dengan bahan impor dan ekspor baterai EV adalah:

- **Ketergantungan pasar:** Peningkatan impor EV menyoroti ketergantungan Indonesia pada produsen asing, terutama dalam hal teknologi canggih dan komponen. Ketergantungan ini dapat menghambat pertumbuhan industri lokal dan inovasi dalam jangka panjang.
- **Neraca perdagangan:** Lonjakan impor, meskipun menguntungkan bagi pilihan konsumen dan penetrasi pasar, dapat berdampak negatif terhadap neraca perdagangan Indonesia. Jika produksi dalam negeri tidak berkembang untuk memenuhi permintaan domestik, hal ini dapat menyebabkan defisit perdagangan yang lebih besar.
- **Pengembangan manufaktur lokal:** Regulasi TKDN bertujuan untuk mendorong manufaktur lokal dengan mewajibkan persentase tertentu dari komponen yang berasal dari dalam negeri. Namun, jika tidak didukung dengan baik, regulasi ini justru dapat menghambat investasi asing dan memperlambat terbentuknya basis manufaktur lokal yang kompetitif.
- **Potensi ekspor:** Untuk meningkatkan posisi Indonesia dalam rantai pasok baterai global, peningkatan kemampuan ekspor sangat penting. Penyederhanaan prosedur

kepabeanaan dan akses pembiayaan yang lebih baik dapat memberdayakan perusahaan lokal agar lebih aktif dalam pasar internasional. Hal ini dapat meningkatkan ekspor baterai dan komponen yang diproduksi secara lokal, yang pada akhirnya berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi.

- **Keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya:** Seiring dengan ekspansi pasar baterai EV di Indonesia, kebutuhan akan sumber bahan baku yang berkelanjutan menjadi semakin krusial. Penguatan regulasi dan kemitraan dapat memastikan bahwa bahan impor mematuhi standar lingkungan dan etika, sehingga menciptakan rantai pasok yang lebih berkelanjutan.

Dengan menangani implikasi ini, Indonesia dapat membangun rantai pasok baterai lokal yang kuat sekaligus meningkatkan daya saingnya di pasar kendaraan listrik global.

7 Peluang untuk pengembangan rantai pasok baterai di Indonesia

Berdasarkan analisis sebelumnya, bagian ini menguraikan kesenjangan dan peluang potensial untuk pengembangan rantai pasok baterai nasional. Temuan yang disajikan terbatas pada aspek yang dibahas dalam laporan ini, yaitu: i) material baterai, ii) tahapan rantai pasok baterai, dan iii) Kebijakan yang relevan. Selain itu, bagian ini juga mencakup wawasan yang dikumpulkan dari pemangku kepentingan nasional selama acara keterlibatan pada Desember 2024 (PE2).

Analisis ini merupakan langkah awal menuju penyusunan rekomendasi yang lebih rinci dalam fase selanjutnya dari proyek ini (Workstream B & C), yang akan berfokus pada pengembangan kerangka strategis bagi calon investor, pemangku kepentingan, dan pemerintah Indonesia dalam membangun rantai pasok baterai yang kuat. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, laporan ini secara eksklusif berfokus pada kimia baterai sekunder berbasis nikel dan besi, serta rantai pasoknya, termasuk baterai sodium-ion.

Material baterai

Analisis ini mengonfirmasi bahwa Indonesia memiliki cadangan besar mineral penting, seperti nikel, kobalt, dan mangan. Menurut USGS, Indonesia memiliki 42% dari sumber daya nikel global dan 2% dari sumber daya kobalt global, yang merupakan elemen utama dalam produksi baterai lithium, khususnya untuk kimia baterai berbasis nikel. Selain itu, Indonesia juga memiliki peluang eksplorasi mineral lebih lanjut, sebagaimana dijelaskan dalam Bagian 3.3.1. Namun, Indonesia tidak memiliki produksi domestik lithium dan grafit, yang sama pentingnya dalam manufaktur baterai.

Meskipun memiliki keunggulan tersebut, tantangan utama tetap ada dalam meningkatkan kapasitas produksi mineral penting untuk produksi baterai domestik, serta mengimplementasikan proses pengolahan yang berkelanjutan secara lingkungan.

Tabel 7.1 menyajikan serangkaian rekomendasi awal terkait material utama dalam baterai. Rekomendasi ini mencakup pembangunan hubungan bilateral dan multilateral yang selaras dengan kepentingan nasional. Pendekatan kerja sama bilateral dengan negara strategis dapat memastikan rantai pasok yang stabil dan terdiversifikasi, sementara kerja sama multilateral menawarkan keuntungan tambahan, seperti mengurangi ketergantungan pada satu pemasok dan meningkatkan keamanan sumber daya. Lebih jauh, kerja sama multilateral dapat menyediakan kerangka kerja yang lebih luas dan tangguh dalam mengatasi risiko keamanan dan keberlanjutan yang terkait dengan rantai pasok mineral global, melengkapi keuntungan dari hubungan bilateral tradisional.

Tabel 7.1 Rekomendasi untuk material utama dalam baterai

Konteks	Rekomendasi
Material Impor: Lithium: Indonesia tidak memiliki produksi domestik. Sementara itu, Australia sebagai produsen utama global mengekspor sebagian besar produksinya langsung ke Tiongkok.	Mengamankan pemasok yang andal: Indonesia harus fokus pada mengamankan pasokan lithium dan grafit yang dapat diandalkan (baik alami maupun buatan) untuk membangun industri baterai nasional yang kuat. Memanfaatkan lokasi strategis: Kedekatan Indonesia dengan pasar utama Asia memberikan peluang unik untuk menarik investor dalam operasi pengolahan, sehingga

Konteks	Rekomendasi
Grafit: Indonesia juga tidak memiliki produksi domestik grafit. Industri anoda sangat bergantung pada impor, dengan Tiongkok mendominasi produksi grafit global dan menguasai 30% dari cadangan global. Dominasi ini menyoroti kerentanan Indonesia terhadap gangguan rantai pasok.	dapat mengurangi ketergantungan pada pemasok eksternal. Diversifikasi rantai pasok: Indonesia perlu membangun kemitraan bilateral dan multilateral untuk mendiversifikasi pemasok serta menarik investasi dalam operasi pengolahan domestik guna meminimalkan risiko akibat ketegangan geopolitik atau gangguan perdagangan.
Mineral yang tersedia di dalam negeri: Nikel: Investasi dalam sektor pemrosesan dan manufaktur nikel di Indonesia meningkat pesat dari USD \$3,56 miliar pada 2019 menjadi USD \$10,96 miliar pada 2022 (pertumbuhan 207,9%). Hal ini didorong terutama oleh perusahaan Tiongkok yang memindahkan operasinya setelah larangan ekspor tahun 2020. Namun, investasi internasional melambat karena masalah lingkungan dan sosial, termasuk hak-hak pekerja dan dampak terhadap mata pencaharian serta kesehatan masyarakat. Kobalt: Indonesia memiliki 7,2% dari cadangan kobalt global, terutama diekstraksi dari laterit limonit nikel. Mangan: Meskipun produksi domestik telah dilaporkan (misalnya, terdapat smelter di NTT), data mengenai permintaan mangan dalam industri baterai masih terbatas. Pada 2023, mangan masih diimpor dari Australia, kemungkinan besar karena biaya logistik domestik yang tinggi.	Meningkatkan kepatuhan dan keberlanjutan: Indonesia harus meningkatkan kepatuhan terhadap praktik penambangan yang baik sebagaimana diatur dalam Peraturan MEMR, menerapkan kemajuan teknologi, dan memperkenalkan reformasi regulasi untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan. Selain itu, tren regulasi global semakin berfokus pada mitigasi risiko lingkungan dan sosial dalam rantai pasok hulu. Kerja sama multilateral dapat membantu Indonesia dalam pembahasan ini untuk menyelaraskan standar global yang berkembang dengan kepentingan nasionalnya. Misalnya, Minerals Security Partnership (MSP) menekankan peningkatan standar sosial dan lingkungan dalam rantai pasok mineral utama. Mendorong kemitraan strategis: Indonesia harus membangun kemitraan bilateral dan multilateral yang kuat guna menarik investasi dalam operasi ekstraksi dan pengolahan. Kemitraan ini harus selaras dengan kepentingan nasional, memastikan bahwa Indonesia tetap memegang kendali atas sumber dayanya di luar tahap pemrosesan. Memperkuat operasi pengolahan domestik: Peningkatan kapasitas operasi pengolahan domestik, khususnya di NTT, melalui kerja sama multilateral. Kemitraan harus berfokus pada: Berbagi pengetahuan, adopsi praktik terbaik, serta pendidikan dan pelatihan tenaga kerja terampil. Meningkatkan pemantauan dan pelaporan: Indonesia perlu memperkuat mekanisme pemantauan dan pelaporan untuk mineral utama bekerja sama dengan MEMR guna memastikan pengelolaan sumber daya yang efisien dan transparan. Mengatasi tantangan biaya dan logistik: Evaluasi dan solusi atas biaya logistik yang tinggi diperlukan untuk mengoptimalkan produksi dalam negeri dan mengurangi ketergantungan pada impor, seperti bijih mangan dari Australia.

Rantai pasok baterai

Pengembangan rantai pasok baterai di Indonesia dapat diperkuat dengan menyelaraskan rantai pasok ini dengan produksi kendaraan listrik (EV). Meskipun bahan utama baterai telah diamankan, investasi dalam rantai pasok manufaktur perlu ditingkatkan untuk menciptakan sistem yang sepenuhnya terintegrasi dan terkoneksi.

Bagian berikut ini memberikan ringkasan temuan pada setiap tahap rantai pasok baterai, serta rekomendasi awal (Lihat Tabel 7.2).

Tabel 7.2 Rekomendasi untuk rantai pasok baterai domestik

Tahap	Konteks & Rekomendasi
Ekstraksi	Ekspansi cepat rantai pasok baterai Indonesia telah menimbulkan kekhawatiran dari pemangku kepentingan internasional terkait dampak lingkungan dan sosial, serta inefisiensi dalam proses administrasi pemerintah. Masalah terkait evaluasi dampak lingkungan (AMDAL), degradasi hutan, akuisisi lahan, dan sertifikasi memerlukan perhatian mendesak. Pemerintah harus memperketat regulasi untuk memastikan kepatuhan terhadap standar pertambangan hijau, serta memprioritaskan efisiensi dalam persetujuan proyek pemerintah. Analisis komprehensif mengenai tantangan lingkungan dan sosial yang akan dilakukan dalam Workstream D akan memberikan wawasan berharga terkait penerapan dan penegakan kebijakan ini, sehingga dapat selaras dengan standar keberlanjutan internasional.
Pengolahan	Industri pengolahan dan produksi Cathode Active Material (CAM) menghadapi tekanan karena dominasi Tiongkok dan kemampuan pengolahan mineral non-nikel yang masih terbatas. Selain itu, mineral Indonesia tidak memenuhi syarat untuk insentif pajak AS karena tidak adanya perjanjian perdagangan bebas. (Lihat Bagian 5.6.2: Indonesia dalam Perebutan Kekuasaan Global untuk informasi lebih lanjut). Rekomendasi: Untuk mengurangi ketergantungan pada Tiongkok dan memperkuat kapasitas pengolahan dalam negeri, pemerintah harus mempertimbangkan revisi insentif pajak, seperti tax holiday untuk teknologi pirometalurgi, serta mendukung pengembangan smelter mangan yang lebih kuat, terutama di NTT.
CAM	Produsen EV Asia sangat bergantung pada baterai NCM, yang menguasai 40-60% pangsa pasar global. Indonesia memiliki cadangan mineral utama untuk baterai NCM berbasis nikel, seperti NCM9.5.5 dan NCM811, yang menjadikan negara ini dalam posisi strategis untuk memenuhi permintaan pasar. Namun, pemangku kepentingan menyoroti kurangnya komponen struktural untuk baterai EV, termasuk bahan berbasis aluminium. Indonesia harus memprioritaskan investasi dalam rantai pasok baterai NCM/NCA, terutama dalam pengembangan kapasitas produksi domestik. Selain itu, Indonesia perlu mendorong kerja sama multilateral dengan negara-negara konsumen baterai utama, termasuk AS dan UE, untuk menarik investasi dan kemitraan teknologi. Penguatan kolaborasi dengan pemain utama seperti LG Chem, yang saat ini memperluas kapasitas CAM di Indonesia, akan semakin meningkatkan sektor manufaktur baterai dalam negeri.
Anoda	Saat ini, industri sangat bergantung pada Tiongkok untuk produksi anoda, dan Indonesia masih mengimpor grafit dari Afrika alih-alih mengembangkan produksi domestik. Meskipun konversi batubara menjadi grafit buatan sedang dieksplorasi, masih diperlukan kemajuan yang signifikan. Indonesia harus memperkuat investasi dalam fasilitas manufaktur anoda, dengan fokus pada grafit sintetis dan alami. Ini akan mengurangi ketergantungan pada Tiongkok serta meningkatkan kapasitas produksi domestik.
Manufaktur Sel Baterai LIB	Produksi sel baterai masih didominasi oleh beberapa pemain global, termasuk CATL, LG Chem, dan BYD. Indonesia memiliki potensi untuk memperluas proyek manufaktur sel baterai, didukung oleh kemitraan seperti PT HLI Green Power, yang merupakan joint venture antara Hyundai Motor Company, LG Energy Solution, dan IBC. Untuk meningkatkan kapasitas manufaktur, Indonesia perlu mendorong kerja sama multilateral dengan CATL guna menyusun strategi pengolahan teknologi sel berbasis nikel, terutama dalam persaingan dengan sel LFP. Memperkuat kemitraan antara produsen material baterai dan perusahaan seperti LG Chem juga akan membantu mendiversifikasi kapasitas manufaktur dan mengurangi ketergantungan pada Tiongkok. Selain membangun kemitraan ini, Indonesia harus memprioritaskan riset dan pengembangan (R&D) dalam teknologi baterai untuk mempertahankan daya saing globalnya. Kerja sama multilateral dapat memfasilitasi pertukaran pengetahuan, kemajuan teknologi, dan mendukung pengembangan tenaga kerja terampil melalui kolaborasi internasional.

Tahap	Konteks & Rekomendasi
	Lebih lanjut, sangat penting untuk memantau dan menganalisis praktik terbaik secara global, kemudian menyesuaikannya dengan konteks spesifik Indonesia. Kolaborasi lintas kementerian dapat diterapkan untuk memastikan pendekatan yang terkoordinasi dan efektif. Meskipun beberapa praktik mungkin sangat efektif di Indonesia, ada pula yang mungkin kurang sesuai. Misalnya, Tiongkok memulai dengan model R&D yang menekankan investasi dalam pengembangan teknologi, yang berhasil di pasar yang masih berkembang. Namun, pendekatan ini mungkin kurang ideal bagi pasar yang sudah lebih matang. Dengan menyesuaikan wawasan global agar sesuai dengan kondisi lokal, Indonesia dapat membangun industri manufaktur sel baterai yang lebih kuat dan kompetitif.
Akhir Siklus Hidup	Daur ulang baterai dan pengembangan ekonomi sirkular sangat penting untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok dan mengurangi dampak lingkungan. Pendekatan Indonesia dalam pengelolaan sumber daya mineral dalam konteks transisi energi, sebagaimana disoroti oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dalam Engagement Event 2, memprioritaskan praktik berkelanjutan dan optimalisasi pemulihan sumber daya. Pendekatan ini mencakup pemanfaatan kembali produk sampingan pertambangan dan eksploitasi cadangan marginal. Salah satu aspek kunci dari strategi ini adalah konsep urban mining, yaitu ekstraksi material berharga dari limbah perkotaan, termasuk limbah elektronik (e-waste) dan produk yang telah mencapai akhir masa pakainya (end-of-life products). Pendekatan ini mengurangi ketergantungan pada operasi pertambangan tradisional. Meskipun memiliki potensi besar, program daur ulang baterai EV di Indonesia masih kurang berkembang. Saat ini, hanya ada satu perusahaan yang beroperasi, yaitu PT Indonesia Puqing Recycling Technology, dengan data yang terbatas mengenai asal feedstock dan kapasitas produksi. Hambatan utama dalam industri daur ulang berasal dari peraturan pemerintah yang mengklasifikasikan limbah baterai sebagai limbah berbahaya. Regulasi ini menjadi tantangan bagi industri daur ulang, baik untuk impor maupun pengadaan lokal. Oleh karena itu, Indonesia perlu merevisi klasifikasi ini untuk mempermudah pengadaan bahan baku dan menyelaraskan strategi daur ulang baterai lithium-ion (LIB) dengan tren global menuju energi berkelanjutan. Selain itu, direkomendasikan agar Indonesia mengembangkan urban mining guna mendorong ekonomi sirkular dengan meningkatkan pemulihan sumber daya dan mengurangi limbah, mendukung keamanan sumber daya dengan menyediakan sumber bahan baku yang lebih mandiri, meminimalkan biaya transportasi dalam rantai pasok bahan baku. Langkah-langkah ini akan membantu mengatasi hambatan yang ada dan mendorong pertumbuhan sektor daur ulang baterai di Indonesia.

Kebijakan terkait permintaan

Pasar kendaraan listrik (EV) rakitan dalam negeri di Indonesia belum sepenuhnya mencapai potensinya. Untuk mencapai target adopsi EV nasional, diperlukan pengembangan ekosistem yang komprehensif dan mendukung. Hal ini mencakup bukan hanya produksi EV, tetapi juga infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung penggunaan kendaraan listrik secara luas. Salah satu tantangan utama yang diidentifikasi oleh pemangku kepentingan internasional adalah kurangnya kebijakan insentif yang kompetitif untuk mendukung pertumbuhan industri EV. Kebijakan ini harus mempertimbangkan kebutuhan konsumen, produsen, dan penyedia infrastruktur guna menciptakan pasar EV yang berkelanjutan dan terintegrasi.

Untuk mempercepat adopsi EV serta memastikan pertumbuhan industri ini, rekomendasi berikut diajukan:

1. **Perluasan Infrastruktur EV:** Penting untuk membangun stasiun pengisian EV di kawasan perkotaan maupun pedesaan guna memastikan aksesibilitas dan

kenyamanan bagi konsumen. Perluasan infrastruktur pengisian daya akan menghilangkan hambatan adopsi EV dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap kelayakan beralih ke mobilitas listrik.

2. **Kebijakan Subsidi:** Meningkatkan kebijakan subsidi bagi konsumen EV, produsen, dan penyedia infrastruktur akan secara signifikan mengurangi hambatan finansial. Bagi konsumen, subsidi akan membuat harga EV lebih terjangkau, sehingga mendorong peningkatan permintaan. Bagi produsen dan pengembang infrastruktur, pemberian insentif akan mendorong investasi dalam sektor ini, baik untuk meningkatkan kapasitas produksi maupun memperluas jaringan pengisian daya.

Dengan mengatasi tantangan ini, Indonesia dapat menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi pertumbuhan EV, sekaligus mempercepat transisi menuju transportasi berkelanjutan.

Lampiran 1. Spesifikasi teknis teknologi baterai dan Tingkat Kesiapan Teknologi

Beberapa spesifikasi teknis digunakan untuk mendeskripsikan sel, modul, dan paket baterai. Spesifikasi yang paling umum dijelaskan dalam Tabel Lampiran 1.

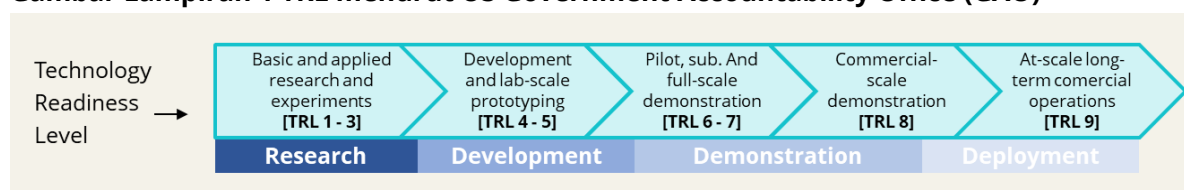
Tabel Lampiran 1 Spesifikasi teknis baterai

Spesifikasi	Deskripsi
Tegangan nominal [V]	Tegangan yang dilaporkan dari baterai
Kapasitas atau Kapasitas nominal [Ah untuk tingkat C tertentu]	Ampere-jam yang tersedia saat baterai dilepaskan pada arus tertentu (ditentukan sebagai C-rate) dari 100% keadaan pengisian daya hingga tegangan cut-off.
Energi atau energi nominal [Wh untuk tingkat C tertentu]	The total Wh available when the battery is discharged at a certain discharge current (C-rate) from 100 percent state of charge to the cut-off voltage.
Siklus hidup	Jumlah siklus pengosongan-pengisian yang dapat dialami baterai sebelum tidak lagi memenuhi kriteria kinerja tertentu. Siklus hidup dihitung berdasarkan kondisi pengisian dan pengosongan tertentu.
Densitas energi [Wh/kg]	Energi nominal per satuan massa atau volume. Memberikan gambaran tentang kapasitas penyimpanan baterai.
Densitas daya [W/kg]	Jumlah maksimum energi yang dapat dilepaskan per unit baterai dalam satu waktu tertentu. Ini merupakan karakteristik dari kimia baterai dan kemasannya. Menentukan berat baterai yang diperlukan untuk mencapai target kinerja tertentu.

Sumber: Extracted from MIT. A guide to understanding battery specifications.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL) adalah ukuran yang paling umum digunakan untuk mengkomunikasikan kesiapan teknologi baru atau aplikasi baru dari teknologi yang sudah ada agar dapat diintegrasikan ke dalam sistem atau program³⁰¹, dari penelitian dasar hingga sistem yang sepenuhnya diterapkan. Secara umum, TRL diukur dalam skala 1-9, di mana level 1 umumnya merepresentasikan studi konseptual dalam bentuk kajian literatur, kemudian berkembang menjadi demonstrasi laboratorium di sekitar level 4, dan berakhir pada level 9, di mana teknologi telah diuji dan terbukti serta diintegrasikan ke dalam suatu produk.

Gambar Lampiran 1 TRL menurut US Government Accountability Office (GAO)



Sumber: GAO, 2020. Technology Readiness Assessment Guide. Best practices for evaluating the readiness of technology for use in acquisition programs and projects. <https://www.gao.gov/assets/d2048G.pdf>

Dalam konteks baterai sekunder, TRL membantu pemangku kepentingan memahami tahap pengembangan dan kesiapan komersialisasi teknologi (Lihat Tabel Lampiran 2).

³⁰¹ GAO, 2020. Technology Readiness Assessment Guide. Best practices for evaluating the readiness of technology for use in acquisition programs and projects. <https://www.gao.gov/assets/d2048G.pdf>

Tabel Lampiran 2 Contoh Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL) untuk baterai sekunder

Level	Deskripsi	Contoh
TRL 1	Prinsip dasar diamati	Penelitian ilmiah dilakukan dan prinsip dasar kimia baterai dipahami, tetapi belum ada aplikasi praktis yang dikembangkan.
TRL 2	Konsep teknologi diformulasikan	Konsep bahan atau desain baterai baru diusulkan, tetapi belum ada bukti eksperimental.
TRL 3	Bukti eksperimental konsep	Uji laboratorium menunjukkan kelayakan teknologi baterai baru. Prototipe awal mungkin sudah dibuat.
TRL 4	Teknologi divalidasi di laboratorium	Teknologi baterai divalidasi di lingkungan laboratorium yang terkontrol. Parameter kinerja diukur, tetapi belum diuji dalam kondisi dunia nyata.
TRL 5	Teknologi divalidasi di lingkungan yang relevan	Teknologi baterai diuji dalam kondisi yang menyerupai aplikasi dunia nyata, misalnya dalam prototipe skala kecil.
TRL 6	Teknologi didemonstrasikan di lingkungan yang relevan	Prototipe skala penuh dibangun dan diuji dalam lingkungan yang relevan, menunjukkan kinerja dan keandalannya.
TRL 7	Demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan operasional	Sistem baterai prototipe diuji dalam lingkungan yang operasional, seperti dalam EV, menunjukkan efektivitasnya dalam kondisi dunia nyata.
TRL 8	Sistem aktual selesai dan dikualifikasi	Teknologi baterai telah dikembangkan sepenuhnya, diuji dalam lingkungan operasionalnya, dan memenuhi semua spesifikasi yang diperlukan.
TRL 9	Sistem aktual terbukti dalam lingkungan operasional	Teknologi berhasil diterapkan dan digunakan dalam aplikasi dunia nyata, dengan rekam jejak kinerja yang terbukti.

Sumber: Penyusunan sendiri based on GAO, 2020

Lampiran 2. Karakteristik teknis masing-masing jenis kimia baterai

Lampiran ini menyajikan karakteristik teknis sel baterai dengan jenis kimia yang dianalisis dalam bagian 1 laporan ini.

Tabel Lampiran 3 Karakteristik teknis baterai NCA

Bahan aktif utama	Lithium nikel kobalt aluminium
Akronim teknologi	NCA
Katoda	LiNiCoAlO ₂
Anoda	C (grafit)
Elektrolit	Cair
Keamanan	Risiko tinggi menyebabkan runaway termal
Densitas daya (tingkat pelepasan)	~250 hingga 340 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	Biasanya di bawah 300 Wh/kg
Biaya sel	Lebih mahal karena biaya kobalt yang tinggi dan proses manufaktur
Umur pakai	Umur pakai terbatas (1000 – 2000 siklus) dibandingkan dengan LFP
TRL	TRL 9 – Matang sepenuhnya dan digunakan secara luas di pasar EV. TRL 6-7 misalnya varian katoda nikel tinggi
Kelayakan komersial	Layak secara komersial dan banyak digunakan dalam aplikasi berkinerja tinggi seperti kendaraan Tesla. Densitas energinya yang tinggi dan masa pakai yang lama membuatnya menjadi pilihan utama untuk EV premium.

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 4 Karakteristik teknis baterai NMC

Bahan aktif utama	Nickel Manganese Cobalt
Akronim teknologi	NMC
Katoda	Bervariasi, formulasi umum: NMC111; NMC532; NMC622; NMC811
Anoda	C (grafit)
Elektrolit	Cair
Keamanan	Risiko tinggi menyebabkan runaway termal
Densitas daya (tingkat pelepasan)	~340-420 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	150-220 Wh/kg
Biaya sel	Lebih mahal dibandingkan dengan LFP
Umur pakai	Umur pakai terbatas (1000 – 2000 siklus) dibandingkan dengan LFP
TRL	TRL 9 – Matang sepenuhnya dan digunakan secara luas di pasar EV. TRL 6-7 misalnya varian katoda nikel tinggi – Menunjukkan pengembangan lanjutan tetapi belum sepenuhnya dikomersialkan.
Kelayakan komersial	Sepenuhnya digunakan di pasar EV

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 5 Karakteristik teknis baterai LFP

Bahan aktif utama	Lithium nikel kobalt aluminium
Akronim teknologi	NCA
Katoda	LiNiCoAlO ₂
Anoda	C (grafit)
Elektrolit	Cair
Keamanan	Risiko tinggi menyebabkan runaway termal
Densitas daya (tingkat pelepasan)	~250 hingga 340 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	Biasanya di bawah 300 Wh/kg
Biaya sel	Lebih mahal karena biaya kobalt yang tinggi dan proses manufaktur
Umur pakai	Umur pakai terbatas (1000 – 2000 siklus) dibandingkan dengan LFP
TRL	TRL 9 – Matang sepenuhnya dan digunakan secara luas di pasar EV. TRL 6-7 misalnya varian katoda nikel tinggi
Kelayakan komersial	Layak secara komersial dan banyak digunakan dalam aplikasi berkinerja tinggi seperti kendaraan Tesla. Densitas energinya yang tinggi dan masa pakai yang lama membuatnya menjadi pilihan utama untuk EV premium.

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 6 Karakteristik teknis baterai LFP

Bahan aktif utama	Lithium besi fosfat
Akronim teknologi	LFP
Katoda	LiFePO ₄
Anoda	C (grafit)
Elektrolit	Cair
Keamanan	Tahan terhadap runaway termal
Densitas daya (tingkat pelepasan)	~175-425 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	Ranging from 90 -120 Wh/kg
Biaya sel	Lebih murah karena kelimpahan besi
Umur pakai	Lebih lama dibandingkan dengan NMC (8000 – 10000 siklus)
TRL	TRL 9 terutama dalam kendaraan listrik (EV) dan penyimpanan energi stasioner, terutama di Tiongkok.
Kelayakan komersial	Banyak digunakan di sektor transportasi, ESS, elektronik portabel (perkakas listrik). Pemain utama di pasar baterai LFP global termasuk BYD Company Ltd. (Tiongkok), Contemporary Amperex Technology Co. (CATL, Tiongkok), K2 Energy (AS), A123 Systems (AS), dan Lithium Werks Inc. (Tiongkok) ³⁰² .

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 7 Karakteristik teknis baterai

Bahan aktif utama		Lithium Nikel Mangan Spinel
Akronim teknologi	LNMO	
Katoda	$\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$	
Anoda	C (grafit)	
Elektrolit	Cair	
Keamanan	Stabilitas termal yang baik	

³⁰² MarketsandMarkets, 2023. Lithium Iron Phosphate Batteries Market Size to Reach \$24.6 Billion, at a 13.7% CAGR by 2027. [Lithium Iron Phosphate Batteries Market Size to Reach \\$24.6 \(globenewswire.com\)](https://www.globenewswire.com/press-release/2023/07/27/2924411/0/en/Lithium-Iron-Phosphate-Batteries-Market-Size-to-Reach-24.6-Billion-at-a-13.7-CAGR-by-2027-report-by-MarketsandMarkets)

Bahan aktif utama	Lithium Nikel Mangan Spinel
Densitas daya (tingkat pelepasan)	Bergantung pada model dan desain spesifik baterai
Densitas energi (terkait penyimpanan)	650 Wh/kg - Secara teori
Biaya sel	Biaya fabrikasi rendah karena bebas kobalt dan kandungan nikel yang rendah
Umur pakai	Umur pakai terbatas karena penurunan kapasitas yang cepat selama siklus penggunaan.
TRL	6 – Demonstrasi kinerja – Prototipe dengan densitas energi tinggi dan siklus hidup tertentu.
Kelayakan komersial	Masih ada tantangan yang harus diatasi sebelum sepenuhnya dikomersialkan, seperti degradasi kapasitas dan efektivitas biaya.

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 8 Karakteristik teknis baterai LCO

Bahan aktif utama	Lithium kobalt oksida
Akronim teknologi	LCO
Katoda	LiCoO ₂
Anoda	C (grafit)
Elektrolit	Cair
Keamanan	Stabilitas termal rendah
Densitas daya (tingkat pelepasan)	Densitas daya tinggi, hingga 2000 W/kg – Terkait dengan stabilitas termal rendah
Densitas energi (terkait penyimpanan)	150–200 Wh/kg
Biaya sel	Cenderung lebih mahal karena penggunaan kobalt dalam katoda
Umur pakai	Umur pakai terbatas, biasanya dalam rentang 500 hingga 1.000 siklus, tergantung pada kedalaman pelepasan, beban, dan suhu
TRL	9 – Teknologi matang
Kelayakan komersial	Populer di sektor elektronik portabel

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 9 Karakteristik teknis baterai LTO

Bahan aktif utama	Lithium titanate
Akronim teknologi	LTO
Katoda	NMC atau LMO
Anoda	Nanokristal lithium titanate
Elektrolit	Cair
Keamanan	Stabilitas termal tinggi
Densitas daya (tingkat pelepasan)	2000 – 7500 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	70-90 Wh/kg
Biaya sel	Cenderung lebih mahal karena kimia katoda
Umur pakai	Umur panjang, 3000 hingga 10.000 siklus – tetapi densitas energi rendah
TRL	9 – Teknologi matang
Kelayakan komersial	Tersedia sepenuhnya: Digunakan di sektor transportasi, jaringan listrik, aplikasi militer, dan sistem daya cadangan.

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 10 Karakteristik teknis baterai SSLB

Jenis baterai	Solid-state lithium batteries
Akronim teknologi	SSLB

Jenis baterai	Solid-state lithium batteries
Katoda	Kimia berbasis Nikel dan Kobalt
Anoda	Lithium
Elektrolit	Padat
Keamanan	Tahan terhadap kebocoran dan kebakaran
Densitas daya (tingkat pelepasan)	1000 W/kg
Densitas energi (terkait penyimpanan)	Biasanya lebih dari 350 Wh/kg, memberikan kapasitas muatan lebih tinggi dibandingkan anoda grafit
Biaya sel	Biaya lebih tinggi karena material elektrolit padat
Umur pakai	Lebih panjang dibandingkan baterai NMC/NCA
TRL	4-5. Dalam tahap pengembangan dengan penelitian berkelanjutan untuk mengatasi tantangan teknis, seperti mendapatkan elektroda yang efisien dan hemat biaya, serta merancang elektrolit padat yang stabil dan andal.
Kelayakan komersial	SSLB belum dikomersialkan secara luas. Pemain utama yang berinvestasi dalam R&D baterai solid-state meliputi produsen otomotif, produsen baterai, dan perusahaan teknologi: Toyota, BMW, dan QuantumScape secara aktif berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan. ³⁰³ .

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 11 Karakteristik teknis baterai solid-state dengan anoda lithium metal

Jenis baterai	Baterai solid-state lithium metal
Akronim teknologi	LMA
Katoda	Bisa mencakup berbagai jenis kimia (NMC, LMO, LFP, fluorida, atau sulfida) ³⁰⁴
Anoda	Lithium metal
Elektrolit	Padat
Keamanan	Rentan terhadap runaway termal pada suhu operasi tinggi, pembentukan dendrit lithium, dan kegagalan peralatan
Densitas daya (tingkat pelepasan)	Lebih dari 400 W/kg bila dikombinasikan dengan material katoda komersial
Densitas energi (terkait penyimpanan)	~500 Wh/kg
Biaya sel	Biaya sel sangat dipengaruhi oleh harga lithium metal dan pilihan material katoda
Umur pakai	300 siklus. Umur siklus berkurang karena deposisi lithium dan antarmuka elektrolit padat yang tidak stabil
TRL	4-5. Dalam tahap pengembangan dengan penelitian yang berfokus pada mengatasi tantangan teknis, seperti runaway termal, pembentukan dendrit, dan antarmuka elektrolit padat yang tidak stabil.
Kelayakan komersial	Produsen di pasar Amerika dan Asia secara aktif berinvestasi dalam R&D, terutama untuk aplikasi di sektor transportasi dan ESS.

Sumber: Penyusunan sendiri

Tabel Lampiran 12 Karakteristik teknis baterai natrium-ion

Bahan aktif utama	Sodium-ion
Akronim teknologi	SIB

³⁰³ Fortune Business insights. Solid-state battery market size, share and Industry analysis, by type (single layer and multilayer), by application (consumer electronics, electric vehicles, medical devices, and others), and regional forecast, 2024-2032. Tersedia di: [Solid-State Battery Market Size, Share, Growth | Forecast \[2032\] \(fortunebusinessinsights.com\)](https://fortunebusinessinsights.com)

³⁰⁴ Yang, Li & Hagh, Nader & Roy, Jesse & Macchiomei, Eric & Klein, J.R. & Viswanathan, Umamaheswari & Fortier, Mary. (2024). Review—Challenges and Opportunities in Lithium Metal Battery Technology. *Journal of The Electrochemical Society*. 171. 10.1149/1945-7111/ad4ff2.

Bahan aktif utama		Sodium-ion
Katoda	Oksida berlapis natrium dan senyawa polianionik	
Anoda	Karbon keras	
Elektrolit	Stabilitas termal lebih baik dibandingkan baterai lithium-ion	
Keamanan	~1000 W/kg,	
Densitas daya (tingkat pelepasan)	~75 hingga 160 Wh/kg	
Densitas energi (terkait penyimpanan)	~25 hingga 30% lebih rendah dibandingkan baterai lithium	
Biaya sel	5000 – 6000 siklus	
Umur pakai	TRL bervariasi berdasarkan aplikasi spesifiknya	
TRL	Pasar Asia: - Mobil listrik berkecepatan rendah pertama yang menggunakan SIB diperkenalkan pada tahun 2023 di Tiongkok oleh JAC Group dan perusahaan patungan Volkswagen ³⁰⁵. - Pabrik skala besar lainnya (skala GW) yang diumumkan meliputi: CATL, AGM Batteries, HiNa Battery Technology Co., Zoolnasm, Faradion (Reliance), dan Tiamat (dengan Neogy)³⁰⁶. Pasar Amerika: - Natron Energy, produsen baterai natrium pertama di AS untuk sektor ESS, mulai beroperasi pada awal 2024 dengan pendanaan dari Departemen Energi. ³⁰⁷	

Sumber: Penyusunan sendiri berdasarkan pada *Energy & Environmental Science. Improvement of cycle life for layered oxide cathodes in sodium-ion batteries*; and DOE/OE-0035 – *Sodium batteries technology strategy assessment*. Tersedia di: [Technology Strategy Assessment - Sodium Batteries \(energy.gov\)](#)

³⁰⁵ TimesLIVE (2023). The JAC Hua Xianzi is the world's first sodium-ion battery vehicle. March 2023. Tersedia di: [The JAC Hua Xianzi is the world's first sodium-ion battery vehicle \(timeslive.co.za\)](#)

³⁰⁶ DOE/OE-0035 – Sodium batteries technology strategy assessment. Tersedia di: [Technology Strategy Assessment - Sodium Batteries \(energy.gov\)](#)

³⁰⁷ E&E News. 'Battery revolution'? First US sodium-ion plant comes online.

Lampiran 3. Diagram Sankey untuk aliran perdagangan keseluruhan bahan

Lampiran ini menyajikan diagram Sankey untuk aliran perdagangan ekspor bahan yang digunakan dalam produksi baterai serta paket baterai yang telah dirakit, sebagaimana tercantum dalam Lampiran Tabel 13. Aliran perdagangan dalam diagram ini tidak difilter hanya untuk penggunaan baterai, sehingga mencakup semua kemungkinan penggunaan setiap bahan. Diagram ini dibangun menggunakan data Trade Map ITC dengan kode HS 6 digit dari tahun 2019-2023 dalam nilai ekspor total (USD juta). Perhitungan didasarkan pada negara dengan persentase tertinggi di setiap tahap dan berdasarkan eksportir terbesar di tahap berikutnya.

Sebagai catatan, diagram Sankey ini menggambarkan aliran ekspor di setiap tahap dan tidak mempertimbangkan produksi domestik yang tidak diekspor atau yang diproses dalam rantai pasok domestik masing-masing negara.

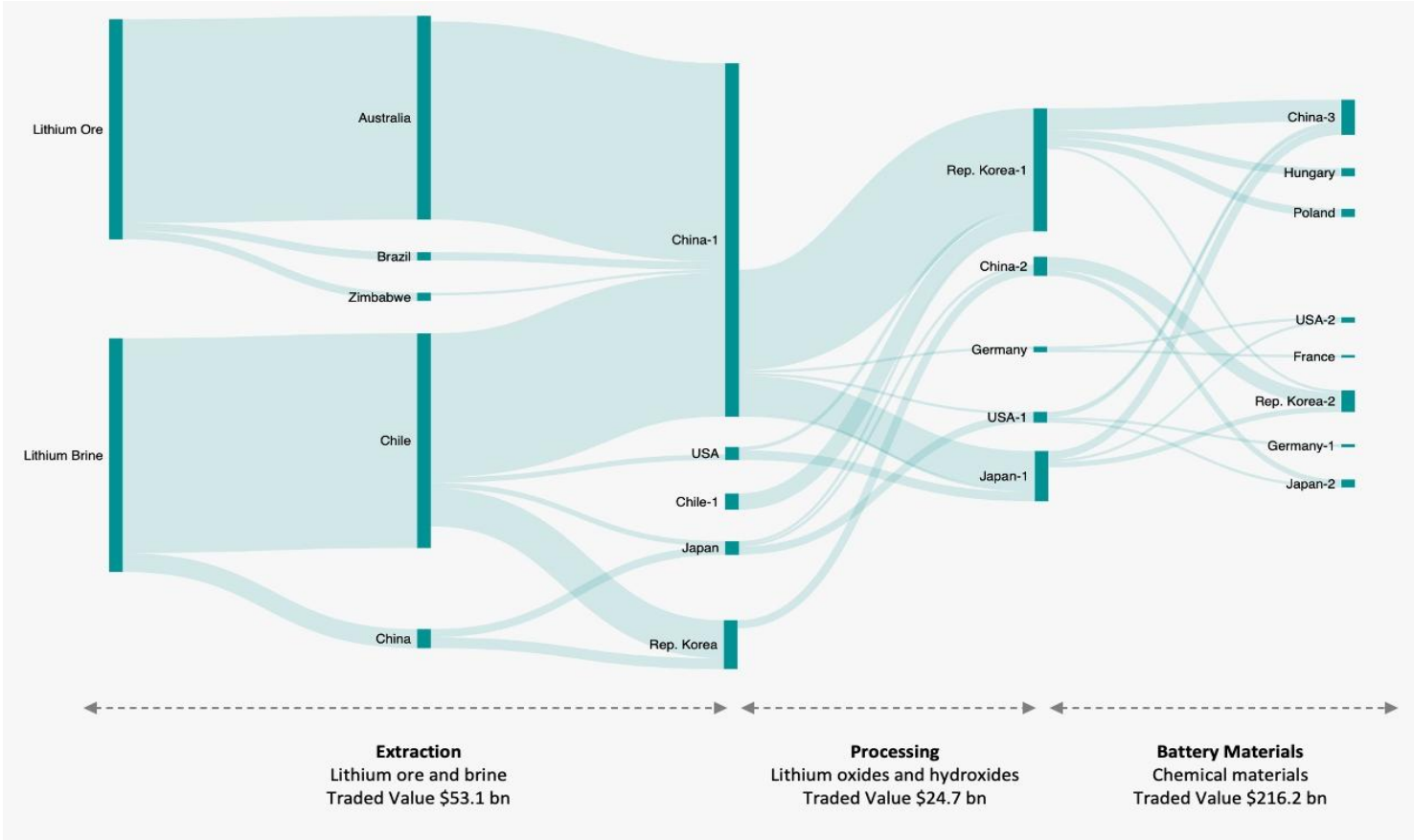
Tabel Lampiran 13 Klasifikasi Produk Mineral Kritis yang Dipilih pada Tahap Pemrosesan yang Berbeda

Mineral Kritis	Mineral mentah atau yang mengalami benefisiasi awal	Mineral yang diproses	Bahan baterai
Lithium	253090 - Arsenik sulfida, alunit, pozzolana, warna tanah, dan mineral lainnya, n.e.s. 283691 - Lithium karbonat	282520 - Lithium oksida dan hidroksida 282739 - Klorida (tidak termasuk amonium, kalsium, magnesium, aluminium, nikel, dan merkuri klorida) 282690 - Fluorosilikat, fluoroaluminat, dan garam fluor kompleks lainnya (tidak termasuk natrium heksafluoroaluminat "kriolit sintetis" serta senyawa anorganik atau organik dari merkuri) 282619 - Fluorida (tidak termasuk aluminium dan merkuri)	284290 - Garam dari asam anorganik atau peroksoasam, termasuk aluminosilikat, baik yang didefinisikan secara kimiawi maupun tidak (tidak termasuk oksometalik atau peroksometalik, serta senyawa anorganik atau organik dari merkuri) 284169 - Manganit, manganat, dan permanganat (tidak termasuk kalium permanganat) 382499 - Produk kimia dan preparat industri kimia atau industri terkait lainnya, termasuk campuran produk alami, n.e.s.

Kobalt	260500 - Bijih dan konsentrat kobalt	282200 - Oksida dan hidroksida kobalt; oksida kobalt komersial 810520 - Kobalt matte dan produk antara lainnya dari metalurgi kobalt; kobalt mentah; bubuk kobalt	284190 – Garam dari asam oksometalik atau peroksometalik (tidak termasuk kromat, dikromat, peroksokromat, manganit, manganat, permanganat, molibdat, dan tungstat "wolframates") 285390 - Fosfida, baik yang didefinisikan secara kimiawi maupun tidak (tidak termasuk ferrofosforus); senyawa anorganik, termasuk air suling atau air dengan konduktivitas tinggi serta air dengan kemurnian serupa, n.e.s.; udara cair, baik gas mulianya telah dihilangkan atau tidak; udara terkompresi; amalgam (tidak termasuk amalgam logam mulia)
Grafit	250410 - Grafit alami dalam bentuk bubuk atau serpihan 271312 - Petroleum coke, dikalsinasi 270810 - Pitch yang diperoleh dari tar batubara atau dari tar mineral lainnya	380110 - Grafit buatan (tidak termasuk grafit retort, karbon retort, dan produk grafit buatan lainnya, termasuk material tahan api berbasis grafit buatan)	854519 - Elektroda dari grafit atau karbon lainnya untuk keperluan listrik (tidak termasuk yang digunakan untuk tungku)
Nikel	260400 - Bijih dan konsentrat nikel	282540 – Oksida dan hidroksida nikel 282735 – Nikel klorida 282739 - Klorida (tidak termasuk amonium, kalsium, magnesium, aluminium, nikel, dan merkuri klorida) 282690 – Fluorosilikat (selain dari natrium atau kalium), fluoroaluminat, dan garam fluor kompleks lainnya	750210 – Nikel, tidak dipadukan 750890 - Artikel lain dari nikel (tidak termasuk kain, jaring kawat, dan sejenisnya dari kawat nikel)
Besi	260112 - Bijih besi dan konsentrat yang telah diaglomerasi, tetapi bukan pirit besi yang telah dipanggang	282110 – Oksida dan hidroksida besi	850740 - Baterai penyimpanan Nikel-Besi
Mangan	260200 - Bijih dan konsentrat mangan	282010 - Mangan dioksida 282090 - Oksida mangan lainnya	850611 - Sel dan baterai primer mangan dioksida
Sodium	250100 - Garam, termasuk garam meja, garam yang didenaturasi, natrium klorida murni, dan air laut	281511 - Natrium hidroksida (soda kaustik); kalium hidroksida (potas kaustik); peroksida natrium atau kalium - Natrium hidroksida (soda kaustik)	284290 - Garam dari asam anorganik atau peroksoasam, tidak termasuk azida

Aluminium	260600 - Bijih dan konsentrat aluminium	281820 - Aluminium oksida, selain korundum buatan	760719 - Aluminium foil yang tidak dilapisi dan memiliki ketebalan tidak lebih dari 0,2 milimete
		282732 - Aluminium klorida	760711 - Aluminium foil yang tidak lebih dari 0,2 mm tebalnya, tidak dilapisi, digulung tetapi tidak diproses lebih lanjut.
		283322 - Aluminium sulfat	

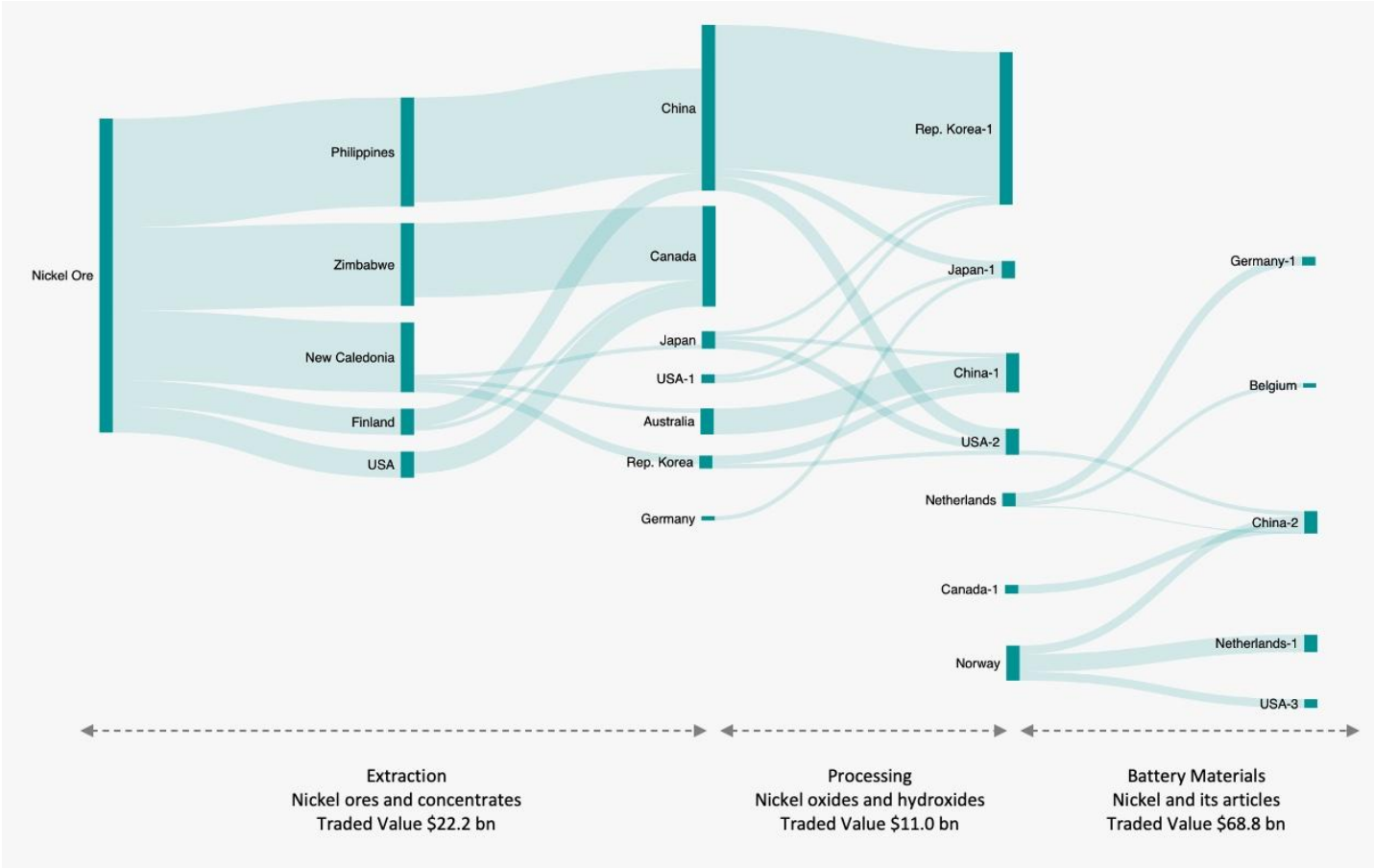
Gambar Lampiran 2 Aliran perdagangan lithium global



Sementara Australia dan Chile adalah eksportir utama bijih lithium dan air garam lithium (lebih dari 77%), Tiongkok merupakan importir terbesar, menyerap lebih dari 70% perdagangan global. Australia, sebagai eksportir global utama bijih lithium, mengirimkan produknya ke Tiongkok untuk

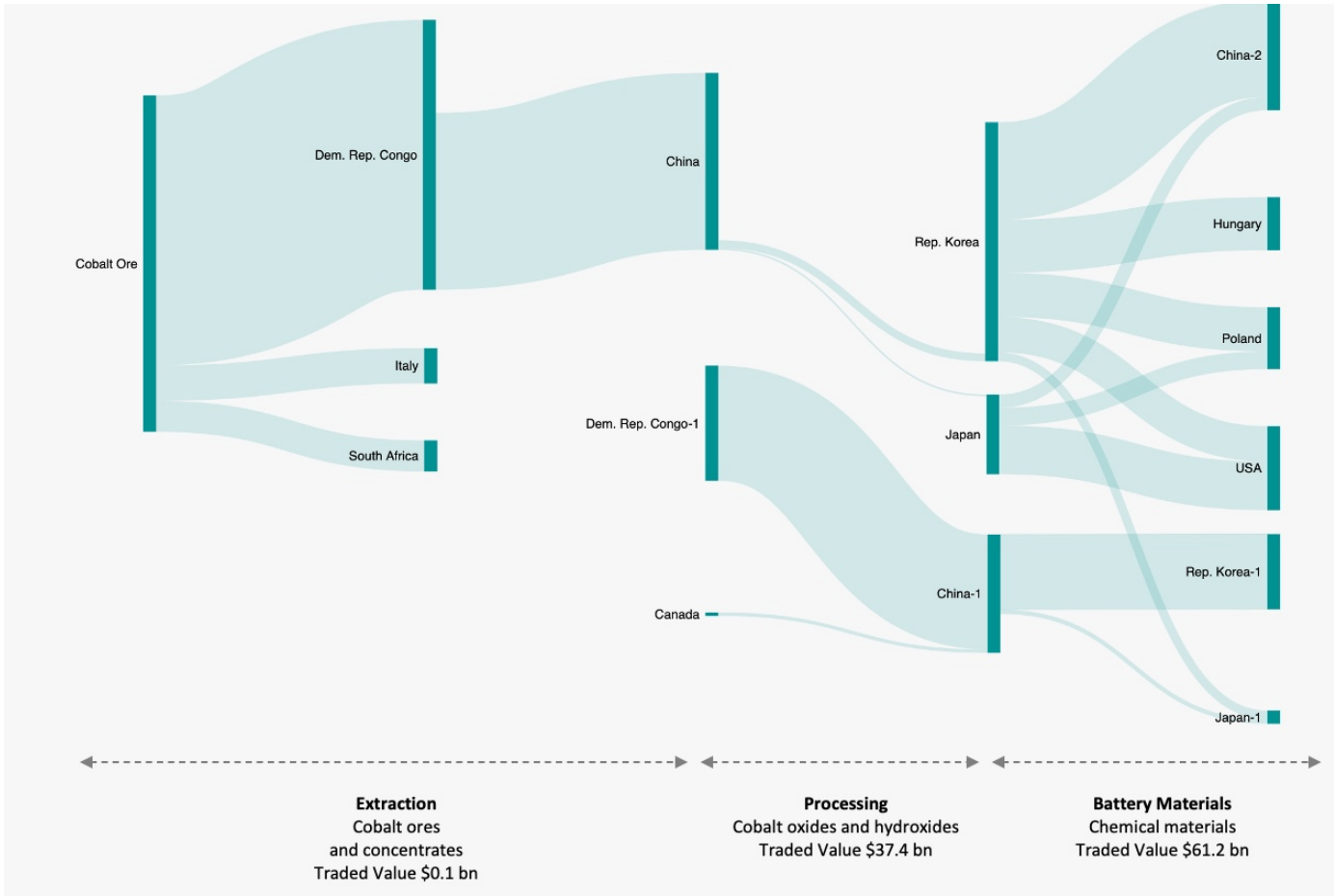
diolah menjadi lithium oksida dan hidroksida. Sebaliknya, Chile, yang memimpin ekspor air garam lithium, memiliki kapasitas pengolahan sendiri dan merupakan eksportir utama senyawa lithium yang telah dimurnikan. Perusahaan-perusahaan dari Chile dan Tiongkok mendominasi penambangan lithium, menguasai 86% produksi air garam lithium dunia. Pada tahap pemrosesan, Tiongkok menguasai 60% ekspor global lithium oksida dan hidroksida. Namun, alih-alih mengekspor material baterai, Tiongkok lebih banyak mengimpornya dari Korea Selatan, Amerika Serikat, dan Jepang, kemungkinan besar untuk digunakan dalam produksi paket baterai domestik.

Gambar Lampiran 3 Aliran perdagangan nikel global



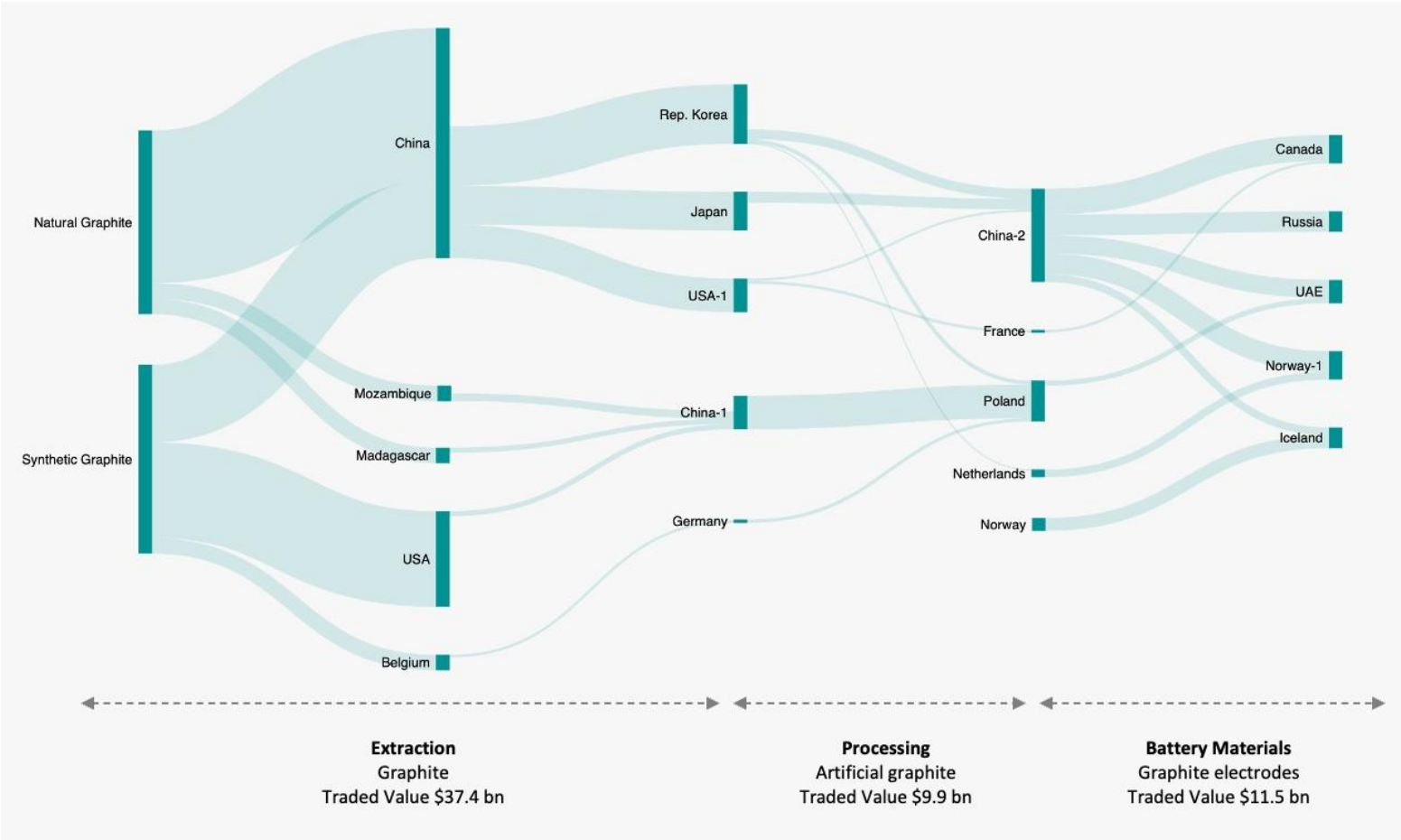
Dengan diberlakukannya larangan ekspor nikel oleh Indonesia, Filipina, Zimbabwe, dan Kaledonia Baru telah menjadi eksportir utama bijih nikel, secara kolektif menyumbang 60% dari ekspor global. Tiongkok mendominasi pasar oksida dan hidroksida nikel, bertanggung jawab atas hampir setengah dari seluruh ekspor global, diikuti oleh Australia (7%) dan Jerman (6%). Korea Selatan dan Jepang merupakan pengimpor utama produk nikel olahan dari Tiongkok untuk pemrosesan lebih lanjut. Akhirnya, Amerika Serikat (AS), Belanda, Kanada, dan Norwegia menjadi eksportir utama bahan baku baterai ke negara-negara seperti Jerman, Belgia, dan Belanda.

Gambar Lampiran 4 Aliran perdagangan kobalt global



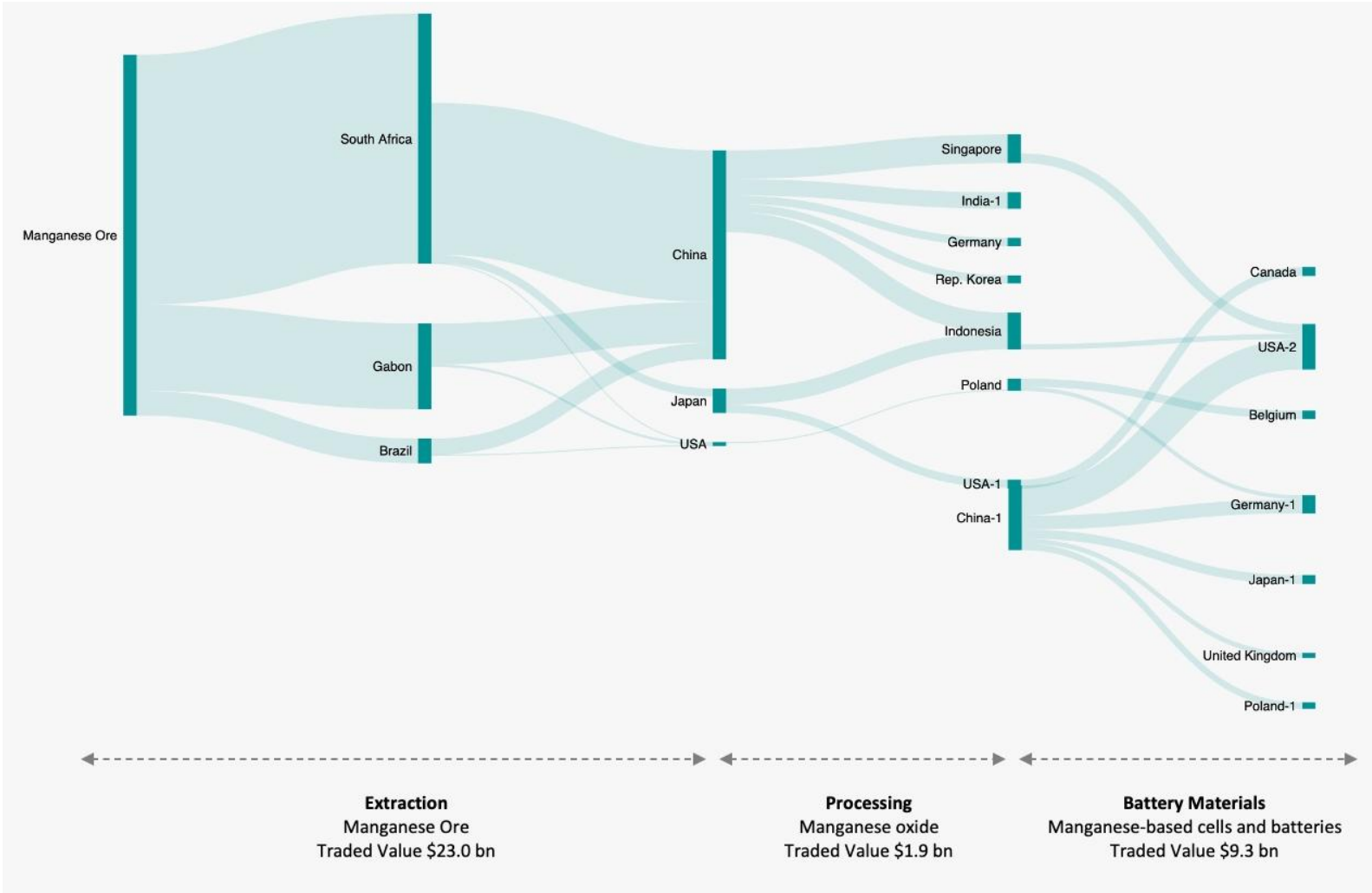
Tahap pengolahan kobalt sangat terkonsentrasi dalam satu hubungan perdagangan utama: Republik Demokratik Kongo (DRC), yang bertanggung jawab atas 61% ekspor bijih kobalt global, juga menyumbang 68% dari ekspor hidroksida kobalt di seluruh dunia, dengan tujuan utama ke Tiongkok. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penambahan nilai yang substansial di dalam DRC. Namun, pada tahap manufaktur, pasar didominasi oleh Tiongkok, Korea Selatan, dan Jepang, dengan Korea Selatan menjadi pemimpin dalam ekspor material baterai berbasis kobalt (55%), diikuti oleh Jepang (20%) dan Tiongkok (19%). Polandia dan Amerika Serikat (AS) merupakan pengimpor utama bahan-bahan ini dari Korea Selatan dan Jepang.

Gambar Lampiran 5 Aliran perdagangan grafit global



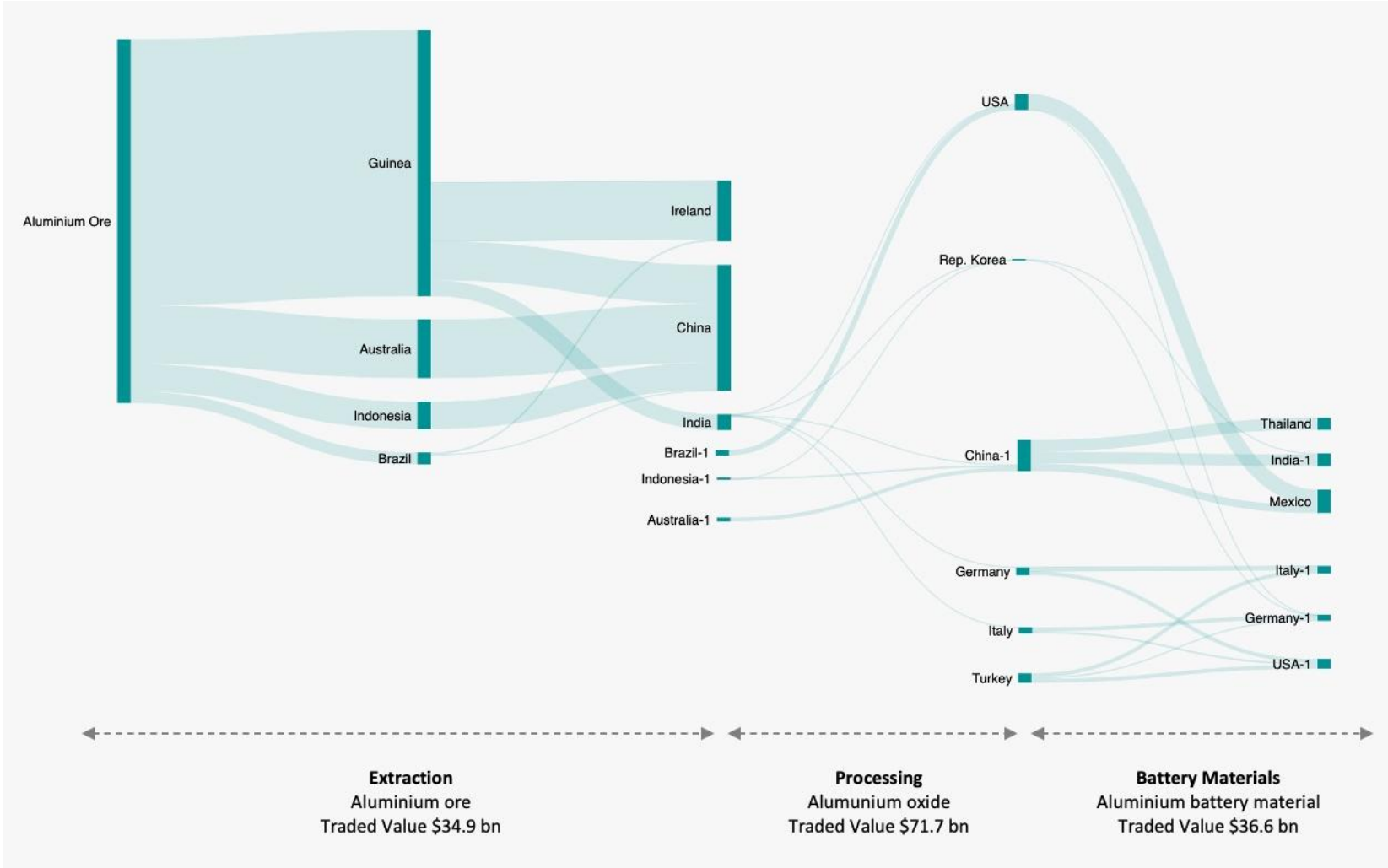
Tiongkok mendominasi ekspor grafit alami dengan pangsa 59%, jauh melampaui Mozambik dan Madagaskar, yang masing-masing memiliki 6%. Dalam pasar grafit sintetis, Amerika Serikat memimpin dengan 37% dari total ekspor, diikuti oleh Tiongkok (30%) dan Jerman (5%). Konsentrasi perdagangan di tahap hulu ini tetap bertahan meskipun terdapat substitusi buatan (grafit sintetis) untuk mineral alami. Demikian pula, Tiongkok menjadi pemimpin dalam ekspor grafit buatan dan material baterai berbasis grafit di tahap pemrosesan dan manufaktur. Hal ini menunjukkan bahwa ekspor grafit olahan tidak lebih terdiversifikasi dibandingkan dengan lithium dan kobalt.

Gambar Lampiran 6 Aliran perdagangan mangan global



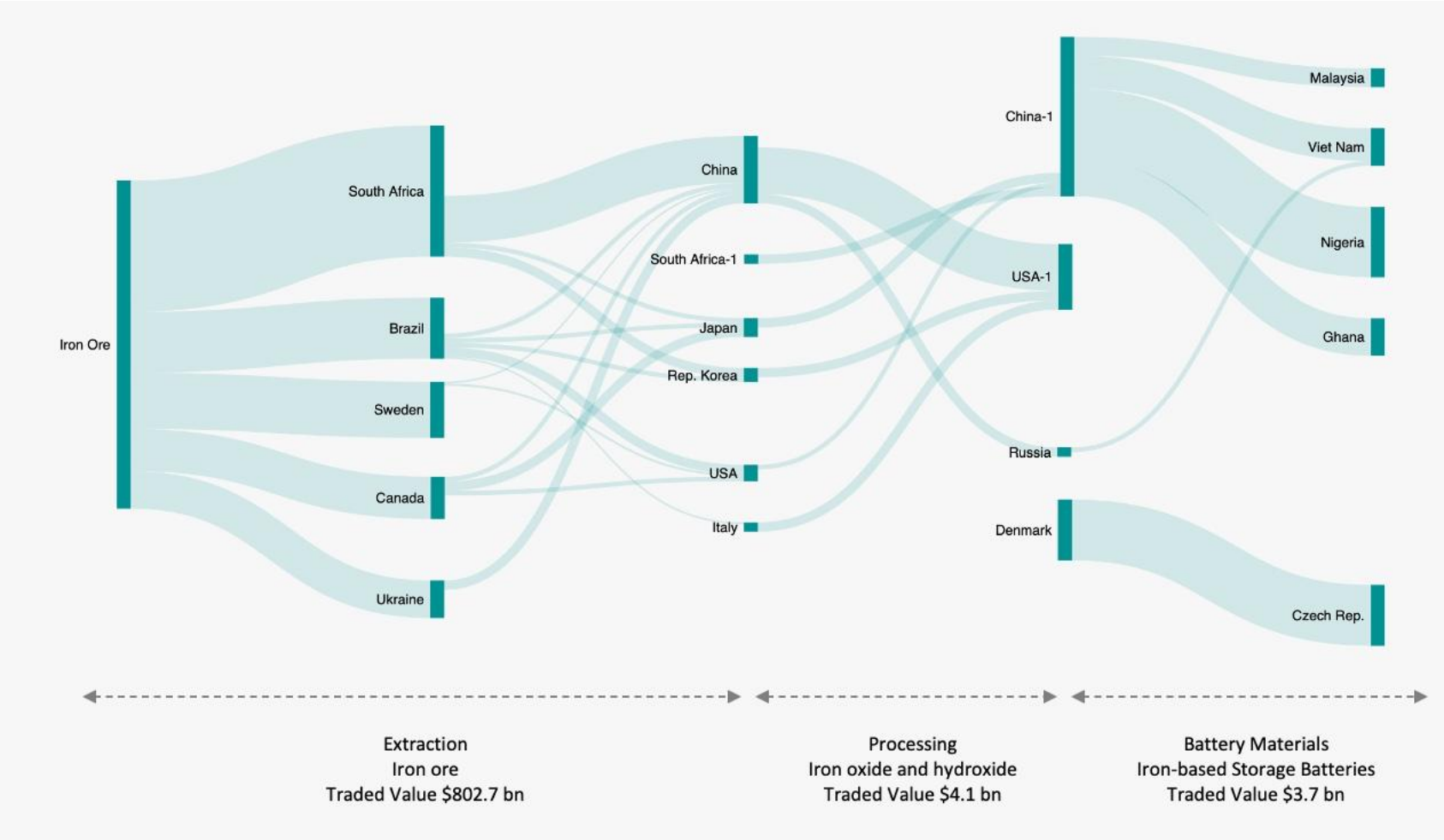
Afrika Selatan, Gabon, dan Brasil mengekspor 88% dari bijih mangan dunia, yang sebagian besar dikirim ke Tiongkok untuk diproses menjadi mangan oksida. Sebagian dari material yang telah diproses ini kemudian diekspor oleh Tiongkok, terutama ke Indonesia dan Singapura. Selanjutnya, material baterai yang dihasilkan diimpor oleh negara-negara seperti Amerika Serikat, Jerman, dan Jepang.

Gambar Lampiran 7 Aliran perdagangan aluminium global



Guinea, Australia, Indonesia, dan Brasil mengekspor 92% dari bijih aluminium dunia, yang sebagian besar dikirim ke Tiongkok untuk diproses. Ekspor aluminium hidroksida, terutama dari Australia, Brasil, India, Irlandia, dan Indonesia, juga sebagian besar mengalir ke Tiongkok untuk pemrosesan lebih lanjut. Tiongkok dan Jerman secara bersama-sama mengekspor 50% dari bahan baterai berbasis aluminium dunia.

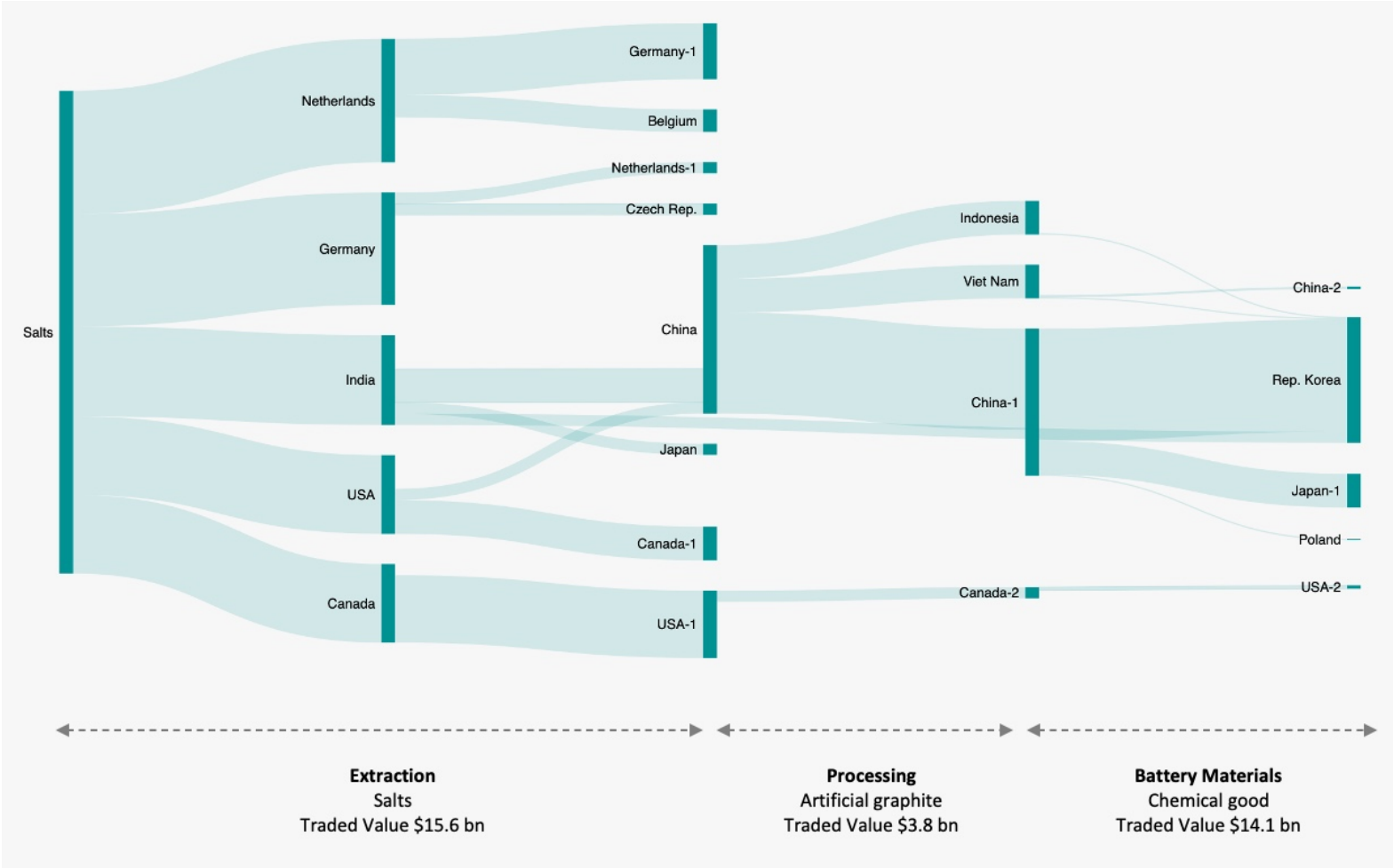
Gambar Lampiran 8 Aliran perdagangan besi global



Lima negara bertanggung jawab atas lebih dari 60% ekspor bijih besi global (berdasarkan kode HS yang dipilih). Tiongkok menjadi importir utama, memproses bijih ini menjadi besi oksida dan hidroksida, dengan sebagian material yang telah diproses diekspor ke Amerika Serikat. Tiongkok juga

menangani produksi domestik bahan baterai berbasis besi. Dalam aliran perdagangan yang terpisah, Republik Ceko mengimpor 87% dari bahan baterai penyimpanan berbasis besi.

Gambar Lampiran 9 Aliran perdagangan natrium global



Meskipun sekelompok lima negara (Belanda, Jerman, India, Amerika Serikat, dan Kanada) memimpin dalam ekspor garam mentah dengan kontribusi hampir 50% dari total global, pemrosesan dan penyulingan lebih lanjut garam terkonsentrasi di wilayah lain. Tiongkok dan India bersama-sama

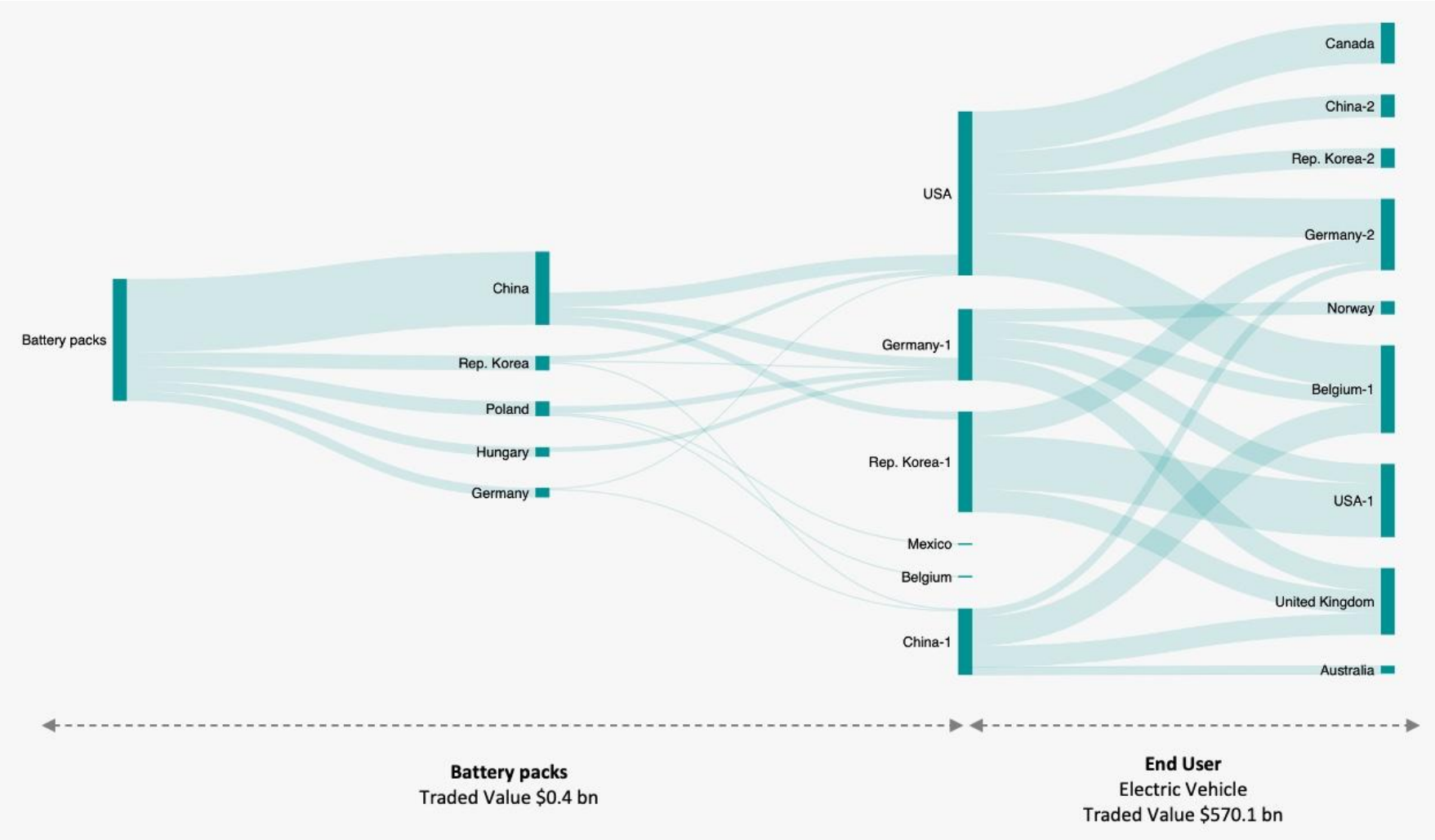
mengeksport 45% garam yang telah diproses, dengan Tiongkok memegang pangsa lebih besar (33%). Konsentrasi ini bahkan lebih tinggi dalam ekspor bahan natrium untuk produksi baterai, di mana Tiongkok mendominasi dengan pangsa pasar sebesar 85%.

Selain itu, ekspor paket baterai yang ditujukan untuk kendaraan listrik juga dilacak dan disajikan dalam Lampiran Gambar 10. Namun, gambar ini memiliki keterbatasan yang sama dengan gambar-gambar lain yang disajikan sebelumnya dalam lampiran ini, yaitu diagram Sankey tidak mencerminkan produksi domestik paket baterai yang mungkin ada di beberapa negara.

Kode HS yang digunakan untuk membangun Lampiran Gambar 10 adalah sebagai berikut:

Paket baterai	850790 - Pelat, pemisah, dan bagian lain dari akumulator listrik, n.e.s. 850760 - Akumulator lithium-ion (tidak termasuk yang sudah digunakan)
Kendaraan listrik	870240 - Kendaraan bermotor untuk transportasi ≥ 10 orang, termasuk pengemudi, dengan hanya motor listrik sebagai tenaga penggerak 870360 - Mobil penumpang dan kendaraan bermotor lainnya yang dirancang untuk mengangkut < 10 orang, termasuk station wagon dan mobil balap, dengan mesin piston pembakaran dalam berbasis bensin serta motor listrik sebagai tenaga penggerak, dapat diisi daya dengan mencolokkan ke sumber daya eksternal (tidak termasuk kendaraan untuk perjalanan di salju dan kendaraan khusus lainnya dalam subpos 870310) 870370 - Mobil penumpang dan kendaraan bermotor lainnya yang dirancang untuk mengangkut < 10 orang, termasuk station wagon dan mobil balap, dengan mesin diesel serta motor listrik sebagai tenaga penggerak, dapat diisi daya dengan mencolokkan ke sumber daya eksternal (tidak termasuk kendaraan untuk perjalanan di salju dan kendaraan khusus lainnya dalam subpos 870310) 870380 - Mobil penumpang dan kendaraan bermotor lainnya yang dirancang untuk mengangkut < 10 orang, termasuk station wagon dan mobil balap, dengan hanya motor listrik sebagai tenaga penggerak (tidak termasuk kendaraan untuk perjalanan di salju dan kendaraan khusus lainnya dalam subpos 870310)

Gambar Lampiran 10 Aliran perdagangan global paket baterai



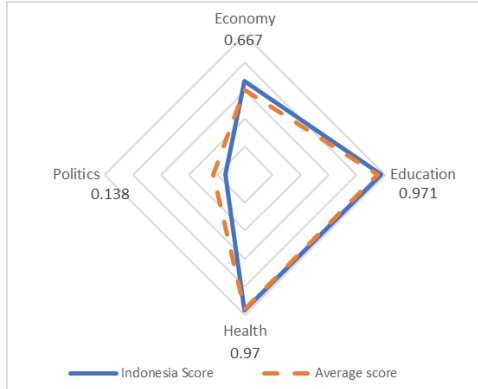
Lima negara—Tiongkok, Korea Selatan, Polandia, Hungaria, dan Jerman—menyumbang 75% dari ekspor paket baterai global, mewakili aliran produk ini ke pengguna akhir. Tiongkok adalah eksportir utama di antara negara-negara ini, dengan pangsa ekspor paket baterai global sebesar 45% dalam lima

tahun terakhir, dan terutama mengirimkan produknya ke negara-negara eksportir kendaraan listrik utama seperti Amerika Serikat, Jerman, dan Korea Selatan.

Lampiran 4. Pertimbangan gender dan inklusi sosial dalam produksi baterai

Pada tahun 2024, Indonesia mencapai skor kesetaraan gender sebesar 0,686 dari skala 1,0, menempatkannya di peringkat ke-11 dalam kawasan Asia Timur dan Pasifik³⁰⁸. Tingkat partisipasi tenaga kerja mencapai 64,5%, dengan lebih banyak perempuan bekerja dalam peran profesional dan teknis. Namun, kesetaraan gender belum tercapai dalam posisi pejabat senior dan manajerial. Selain itu, pendapatan yang diperkirakan diperoleh perempuan hanya separuh dari pendapatan laki-laki (lihat Tabel Lampiran 14).

Tabel Lampiran 14 Hasil Indonesia dalam indeks kesenjangan gender dan subindeksnya

	Subindeks	Skor	Peringkat global
	Partisipasi dan peluang ekonomi	0,667	89
	Tingkat partisipasi angkatan kerja [%]	0,645	112
	Kesetaraan upah untuk pekerjaan serupa	0,755	15
	Perkiraan pendapatan yang diperoleh	0,517	113
	Pencapaian pendidikan	0,971	105
	Kesehatan dan kelangsungan hidup	0,970	72
	Pemberdayaan politik	0,138	107

Meskipun UMKM umumnya mempekerjakan lebih sedikit perempuan dibandingkan dengan perusahaan besar, persentase bisnis kecil yang dimiliki dan dikelola oleh perempuan lebih tinggi. Perempuan menempati 12,3% posisi dewan direksi, dan 52,9% perusahaan memiliki kepemilikan mayoritas perempuan. Meskipun terjadi kemajuan ini, perempuan masih hanya menduduki 22% dari peran manajerial puncak.

Dalam sektor manufaktur tahun 2023, tenaga kerja terdiri dari 61% laki-laki dan 39% perempuan, dengan distribusi yang mencerminkan proporsi pengangguran berdasarkan gender. Dari individu yang tidak berpartisipasi dalam angkatan kerja, perempuan mencakup 74%, dan perempuan juga mewakili 91% dari mereka yang terlibat dalam aktivitas rumah tangga. Sebaliknya, sektor pendidikan menunjukkan distribusi gender yang lebih seimbang, dengan 48% laki-laki dan 52% perempuan sebagai siswa³⁰⁹. Perwakilan perempuan bahkan lebih tinggi dalam pendaftaran pendidikan menengah dan tinggi, di mana kesetaraan gender telah sepenuhnya tercapai.

Tabel Lampiran 15 Pembagian tenaga kerja berdasarkan jenis kelamin di Indonesia, 2023

Jenis Aktivitas	Laki-laki [%]	Perempuan [%]
Bekerja	61%	39%
Pengangguran	62%	38%

Sumber: Badan Pusat Statistik, Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) Agustus/BPS-Statistics Indonesia, August National Labor Force Survey

³⁰⁸ WEF (2024). *Global Gender Gap 2024. Insight report*. Tersedia di: https://www.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2024.pdf

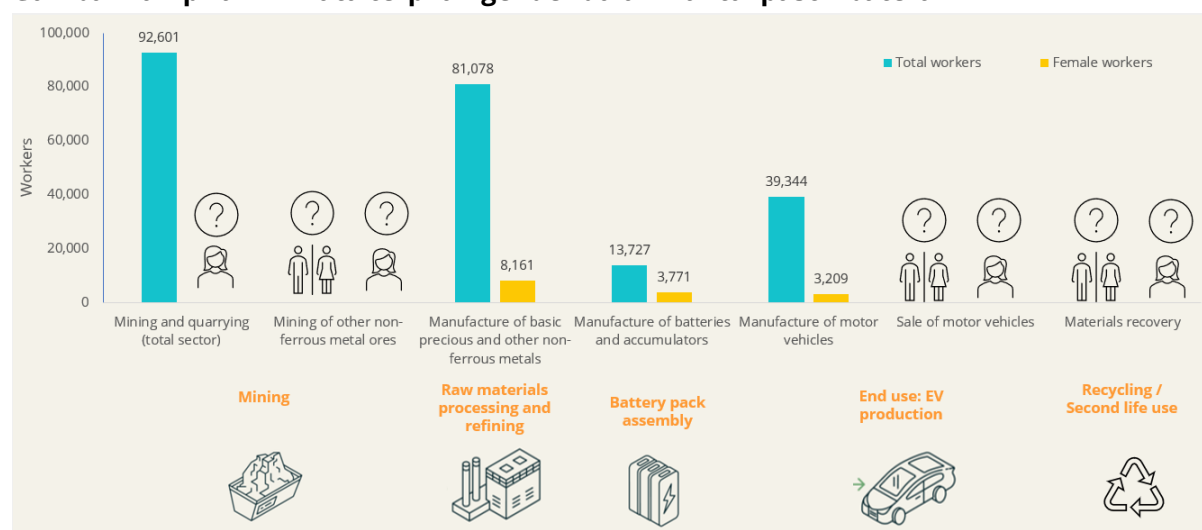
³⁰⁹ WEF (2024). *Global Gender Gap. Insight Report. June 2024*. Tersedia di: <https://www.weforum.org/publications/gender-gap-report-2024/>.

Data gender yang spesifik untuk setiap tahap rantai pasok baterai EV masih terbatas. Jumlah total pekerja tersedia untuk sektor pertambangan dan penggalian melalui survei tahunan perusahaan tambang non-minyak dan gas, tetapi data terkini tentang jumlah pekerja perempuan dan peran mereka dalam pengambilan keputusan dalam sektor ini tidak tersedia. Situasi yang sedikit lebih baik terlihat dalam industri manufaktur logam mulia dan non-ferrous, termasuk tahap pemrosesan bahan baku, di mana data mengenai tenaga kerja perempuan dikumpulkan. Namun, data ini tidak secara akurat mewakili pekerja yang terlibat langsung dalam rantai pasok baterai.

Untuk manufaktur baterai dan akumulator, termasuk produksi baterai EV, data terbaru menunjukkan sekitar 13.000 pekerja, dengan perempuan mencakup 27% dari total tenaga kerja ini. Di sektor manufaktur kendaraan bermotor, data terbaru menunjukkan sekitar 39.000 pekerja, di mana hanya 8% di antaranya adalah perempuan.

Untuk kategori lainnya, tidak ada data terpilah mengenai jumlah perempuan yang bekerja di bidang penjualan kendaraan bermotor/EV maupun dalam aktivitas daur ulang baterai.

Gambar Lampiran 11 Data terpilah gender dalam rantai pasok baterai EV



Sumber: Mining and Quarrying sector: Annual survey of Non-Petroleum and Natural Gas Mining Company. Retrieved from BPS-Statistics Indonesia. Mining Statistics of Non-Petroleum and Natural Gas 2018-2022. Manufacturing sector: BPS-Statistics Indonesia. Statistics of Indonesia Manufacturing Industry. 2022. Volume 11. 2024

Wholesale and retail trade: Results of Trade, Repair of Motor Vehicles and Motorcycles Establishments Data Collection EC2016-Continued.

Rekomendasi utama untuk memperkuat pertimbangan gender dalam rantai pasok baterai EV

- Indonesia dapat memperoleh manfaat dari pengembangan sistem pemantauan untuk melacak tenaga kerja di sektor pertambangan, khususnya pertambangan nikel. Sistem ini harus mencakup pengumpulan data gender yang terpilah untuk mengidentifikasi jumlah pekerja perempuan dan memahami kondisi mereka dalam sektor ini. Area utama yang perlu dievaluasi mencakup peran pengambilan keputusan, jenis pekerjaan, kesenjangan upah berbasis gender, tanggung jawab pengasuhan, akses ke layanan penitipan anak, dan dampak kesehatan yang berbeda berdasarkan gender. Fokus pada sektor pertambangan sangat penting mengingat risiko kesehatan yang dihadapi tenaga kerja, masalah hak tenaga kerja,

keterbatasan akses terhadap layanan dan pendidikan, serta risiko kekerasan berbasis gender.

- Bagi perempuan yang bekerja di sektor manufaktur dan subsektor pemulihan material, disarankan untuk dilakukan survei yang ditargetkan guna mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif terkait partisipasi perempuan dalam rantai pasok baterai kendaraan listrik. Survei ini, yang terinspirasi dari studi internasional, bertujuan untuk menetapkan dasar partisipasi perempuan serta mengidentifikasi tantangan yang mereka hadapi dalam sektor ini. Wawasan yang diperoleh dari data ini dapat membantu dalam merancang rencana aksi spesifik guna meningkatkan kondisi bagi perempuan dan kelompok rentan lainnya. Survei ini sebaiknya ditujukan baik kepada individu, dengan menangkap data pribadi, persepsi, dan tantangan yang dihadapi, maupun kepada perwakilan organisasi, guna memperoleh informasi mengenai distribusi gender dalam tenaga kerja serta kebijakan dan langkah-langkah yang telah diterapkan untuk mendukung kesetaraan gender.
 - Organisasi yang berpotensi untuk mendistribusikan survei ini dapat mencakup serikat pekerja besar, serikat pekerja di tingkat perusahaan, Mining Industry Indonesia (MIND ID), Indonesia Battery Corporation (IBC), Asosiasi Penambang Nikel Indonesia (APNI), Electric Mobility Ecosystem Association (AEML), serta Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia).
 - Pertanyaan utama dalam survei ini sebaiknya mencakup aspek-aspek seperti jenis kelamin, status keluarga, latar belakang pendidikan baik teknis maupun non-teknis, keterlibatan dalam rantai pasok, jenis dan ukuran organisasi tempat bekerja, akses terhadap tunjangan kerja, serta tingkat otoritas dalam pengambilan keputusan. Wawasan yang diperoleh dari survei ini akan mendukung para pemangku kepentingan dalam menyusun rencana aksi gender yang komprehensif bagi industri ini.

Lampiran 5. Pabrik produksi EV dan ICEV serta intensitas tenaga kerja

Tabel Lampiran 16 Sampel pabrik produksi EV

Perusahaan	Lokasi	Produksi	Karyawan	Intensitas tenaga kerja (Pekerjaan per EV yang diproduksi)
Tesla ³¹⁰	Fremont Factory (California, AS)	500.000	12.000	0,024
	Gigafactory Shanghai (Tiongkok)	750.000	15.000	0,020
	Gigafactory Berlin (Jerman)	500.000	12.000	0,024
BYD ³¹¹	Shenzhen Headquarters and Factory (Guangdong, Tiongkok)	300.000	20.000	0,067
	Xi'an Factory (Shaanxi, Tiongkok)	300.000	15.000	0,050
	Changsha Factory (Hunan, Tiongkok)	200.000	10.000	0,050
	Changzhou Factory (Jiangsu, Tiongkok)	150.000	10.000	0,067
	Hefei Factory (Anhui, Tiongkok)	150.000	9.000	0,060
VW ³¹²	Emden Factory (Jerman)	250.000	500	0,002
	Dresden Factory (Jerman)	35.000	8.000	0,229
	Zwickau Factory (Jerman)	300.000	6.000	0,020
	Anting Factory (Tiongkok) (SAIC-VW joint venture)	300.000	5.000	0,017
Rata-rata				0,052

Tabel Lampiran 17 Contoh pabrik produksi ICEV

Perusahaan	Lokasi	Produksi	Karyawan	Intensitas tenaga kerja (Pekerjaan per ICEV yang diproduksi)
Toyota ³¹³	Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN)	180.000	5.700	0,032
Mitsubishi ³¹⁴	Mitsubishi Motors Krama Yudha Indonesia (MMKI)	160.000	3.000	0,019
Honda ³¹⁵	Honda Prospect Motor (HPM)	200.000	7.000	0,035

³¹⁰ Tesla Outfitters (2024) TESLA FACTORIES OVERVIEW. Tersedia di: <https://tesla-outfitters.com/blogs/tesla-infos/tesla-factories>

³¹¹ BYD Global (2024) Periodic Reports. Tersedia di: https://www.bydglobal.com/cn/en/BYD_ENInvestor/InvestorAnnals_mob.html

³¹² Reuters (2024) Which Volkswagen factories in Germany could be affected by layoffs?. Tersedia di: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/which-volkswagen-factories-germany-could-be-affected-by-layoffs-2024-09-03/#:~:text=4.,in%20the%20city%20of%20Emden>.

³¹³ Toyota (2011) Toyota to Build Second Vehicle Plant in Indonesia. Tersedia di: <https://global.toyota/en/detail/218914>

³¹⁴ Mitsubishi Motors (2017) Mitsubishi Motors inaugurates new manufacturing plant in Indonesia. Tersedia di: https://www.mitsubishi-motors.com/en/newsroom/newsrelease/2017/20170425_1.html

³¹⁵ Honda global (2014) Honda Prospect Motor Opens Second Factory in Indonesia. Tersedia di: <https://global.honda/en/newsroom/worldnews/2014/c140115Second-Factory-Indonesia.html>

Suzuki ³¹⁶	Suzuki Indomobil Motor (SIM)	134.000	4.000	0,030
Rata-rata				0,028

³¹⁶ Suzuki (2023) Suzuki Achieves Accumulated Automobile Production of 3 Million Units in Indonesia. Tersedia di: <https://www.globalsuzuki.com/globalnews/2023/0117.html>

 [southeast-asia-energy-transition-partnership](#)

The Southeast Asia Energy Transition Partnership is a programme of the United Nations Office for Project Services.

14th Floor, 208, Wireless Road, Bangkok, Thailand

etp@unops.org