



## KonsepSI Kebijakan Stategis Pengelolaan Nikel di Era Artificial Intelligence Dalam Mendukung Teknologi Kedirgantaraan

Pasis Seskoau A-61<sup>1\*</sup>, Ahmad Junaidi Saleh<sup>1</sup>, Iwan Setiawan<sup>1</sup>, Yanto Manurung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pasis Seskoau A-63 Sekolah Staf dan Komando Angkatan Udara, Bandung, Indonesia

\*Email: pasissesauA-61@seskoau-mil.id

### ABSTRAK

Penulisan ini berfokus pada pengelolaan nikel sebagai sumberdaya strategis yang lekat dengan teknologi masa depan termasuk teknologi militer menjadi semakin kritis dihadapkan pada proyeksi fenomena Global Megatrends 2045. Saat ini kebijakan pengelolaan yang ditetapkan Pemerintah melalui hilirisasi nikel merupakan kekuatan dengan di dukung potensi sumber daya nikel sebagai comparative advantages di tataran global. Namun demikian kebijakan ini menghadapi banyak tantangan dan dinamika dalam implementasinya yang berimplikasi pada aspek ketahanan energi. Melalui studi lapangan guna mendapatkan data primer ditambah dengan studi literatur yang relevan serta dianalisis secara kualitatif, diidentifikasi beberapa hal substansial yang mengemuka yaitu terkait dengan isu ketahanan energi, implikasi dampak lingkungan dan aspek interkoneksi industri manufaktur. Mendasarkan pada konsiderasi tantangan masa depan, dibutuhkan konsepSI pengelolaan nikel yang progresif dengan berbasiskan ketahanan energi (*resilience based strategy*) sebagai prioritas dengan mengedepankan inovasi-inovasi dalam pengelolaan nikel yang akan menjamin keberlangsungan sumber daya dan lingkungan serta memberikan nilai tambah ekonomi yang signifikan sehingga kebangkitan dan kedaulatan mineral dapat diwujudkan di kancan global. Selain itu ketahanan sumber daya nikel akan dapat menjadi competitive advantages sebagai modalitas dan memastikan akses sumber daya untuk pengembangan teknologi dirgantara, mengingat aplikasi yang sangat luas logam nikel dalam teknologi penerbangan dan antariksa khususnya di era *artificial intelligence*.

Kata Kunci: Kebijakan Nikel, Ketahanan Energi, Teknologi Dirgantara

### ABSTRACT

This paper aims to nickel governance as a strategic resource that is correlated with the future and military technologies as well as to critically increase the phenomenon of global megatrends in 2045. Nowadays, the government's nickel downstream policies are supported by the robustness of the potential nickel resources as comparative advantages at the global level. However, those policies encountered many significant challenges and severe dynamics in their implementation that affected energy resilience. By applying the field studies to acquire the primary data and the relevant literature review, including the qualitative analysis, several fundamental problems are identified in the current nickel governance related to energy resilience issues, economic added value, environmental implications, and manufacturing industry interconnections. In regard to the consideration of future challenges, a strategic policy conception of resilience-based strategy will be required as a prime concern by prioritizing innovations in nickel processing that will ensure the sustainability of resources and the well-being of the environment, as well as providing significant economic value. Hence, mineral sovereignty and the rise of Indonesian nickel in the global realm can be realized. Additionally, the resilience of nickel resources will provide competitive advantages as a beneficial modality and encouragement in the development of

\*Ahmad Junaidi Saleh

E-mail: pasissesauA-61@seskoau-mil.id

aerospace technology that considers the broader application of nickel materials in aviation and space technology, especially in the era of artificial intelligence.

Keywords: Aerospace Technology, Energy Security, Nickel Policy

## I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kaya akan potensi beragam sumber daya alam mineral baik logam maupun bukan logam yang tersebar di seluruh wilayah nusantara. Kondisi tersebut merupakan sebuah keniscayaan menilik secara geografis posisi Indonesia terletak pada Ring of Fire sebagai cincin api di rangkaian gunung berapi aktif *circum-Pacific Belt* dengan aktifitas lempeng seismik yang tinggi menjadikan Indonesia wilayah rawan episentrum gempa bumi, namun di sisi lain jalur cincin api tersebut juga membawa potensi mineralisasi di perut bumi sebagai akibat aktifitas magmatik (Garwin, Hall, & Watanabe, 2005). Salah satu sumber daya mineral yang banyak terkandung di bumi nusantara adalah nikel sebagai sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, dalam beberapa dekade terakhir kebutuhan globalnya meningkat sangat signifikan.

Nikel sebagai mineral kritis dan strategis erat relevansinya dengan kebutuhan teknologi masa depan berbasis AI dan transisi energi terbarukan (*renewable energy*) yang menjadi atensi dunia. Mendasarkan peran strategis nikel tersebut maka permintaan akan nikel global dipastikan akan meningkat secara eksponensial. Sehingga nikel dikategorikan sebagai mineral kritis dunia artinya bahwa ketersediaannya berhubungan dengan kestabilan situasi ekonomi dan keamanan global, karena eksistensi nikel lekat dengan teknologi masa depan untuk pengembangan pesawat udara dan wahana antariksa serta riset robotika yang berbasis AI yang membutuhkan sarana ESS. Melihat sangat esensialnya Nikel dalam banyak aspek tersebut, maka nikel membutuhkan konsep strategis nasional yang cermat dan komprehensif untuk mempertahankan keberlangsungannya (*sustainability*), Pemerintah Indonesia telah menetapkan kebijakan hilirisasi nikel yang sangat berimplikasi pada rantai pasok global bahan baku nikel karena ekspor bahan mentah nikel tidak lagi dilaksanakan dengan tujuan meningkatkan nilai tambah melalui produk turunan nikel serta menegaskan peran kunci Indonesia di pasar global sebagai produsen terbesar nikel. Dunia dalam hal ini Uni Eropa bereaksi keras dengan adanya kebijakan larangan ekspor komoditas tersebut dengan mengajukan gugatan ke World Trade Organization (WTO).

Upaya Indonesia dalam usaha pengelolaan nikel dalam kerangka memberikan nilai tambah dan meningkatkan daya saing global diproyeksikan akan mendapatkan banyak tantangan dalam kerangka ketahanan energi. Terlebih ke depan "Global Megatrend 2045" siap menghadang dengan tantangan diantaranya trend demografi global dan persaingan sumber daya alam (SDA) menjadikan perebutan dan eksploitasi SDA (Kementerian PPN/Bappenas, 2024). Kondisi ini menjadikan fenomena V.U.C.A (*Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity*) sebagai ancaman potensial yang membutuhkan mitigasi dan reformulasi strategi dalam menjaga ketahanan sumber daya nikel Indonesia untuk keberlanjutan pembangunan (*sustainable development*) demi kemajuan bangsa serta pengembangan teknologi dirgantara di masa yang akan datang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Management Theory.

Untuk membahas kebijakan strategis dalam pengelolaan nikel tidak dapat dipisahkan dari fungsi-fungsi manajemen sumber daya alam. Terminologi pengelolaan dapat disamakan dengan manajemen, yang berarti pula pengaturan atau pengurusan (Arikunto, 1993). Menurut Griffin memberikan definisi terhadap pengelolaan dan manajemen sebagai berikut: "Management is the

process of planning and decision making, organizing, leading and controlling and organization human, financial, physical and resources to achieve organizational goals in an efficient and effective manner” (Garwin, Hall, & Watanabe, 2005). Apa yang disampaikan Griffin menegaskan bahwa salah satu fungsi manajemen adalah mengatur fisik dan sumber daya untuk kepentingan pencapaian tujuan organisasi. Sebagaimana teori manajemen dari Terry yang menyatakan bahwa manajemen adalah fungsi-fungsi pokok yang ditampilkan oleh seorang manajer atau pimpinan, yaitu perencanaan (planning), pengorganisasian (organizing), pemimpin (leading), dan pengawasan (controlling) untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Terry, 1998). Pada prinsipnya proses pengelolaan tidak akan terlepas dari kegiatan sumber daya manusia, instansi, maupun organisasi. Manajer yang baik selalu bekerja dengan langkah-langkah manajemen yang baik sehingga target yang dituju dengan mudah dapat dicapai dengan baik.

## 2.2. The Sustainability Theory.

Menurut Meadows, pencetus awal teori keberlanjutan bahwa sustainability adalah sebagai upaya manusia dalam memprioritaskan respon sosial terhadap permasalahan ekonomi dan lingkungannya agar dapat terus berlanjut (Meadows, 1998). Konsep keberlanjutan atau sustainable sendiri mengacu pada kemampuan untuk memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Hal ini dihadirkan sebagai bentuk tanggapan atas dampak negatif yang dihasilkan oleh model ekonomi yang hanya mengejar keuntungan finansial tanpa memperhatikan aspek lingkungan dan sosial (Palmoilina, 2023). Pentingnya konsep keberlanjutan atau sustainable dalam konteks global kini dirasakan semakin mendesak. Masalah perubahan iklim, krisis lingkungan, dan ketimpangan sosial semakin meningkat dan menuntut perhatian serius dari seluruh pihak. Oleh karena itu, konsep keberlanjutan harus menjadi pijakan dalam setiap keputusan dan tindakan yang diambil, baik di pemerintahan, industri, maupun masyarakat.

Menurut William M. Adams dalam "The future of sustainability: Re- thinking environment and development in the twenty-first century", keberlanjutan adalah kemampuan untuk mempertahankan keadaan atau proses yang dilakukan sebelumnya (Adams, 2006). Lebih lanjut Adams menyampaikan bahwa keberlanjutan itu mendasarkan pada "Three Pillars of Sustainability" yaitu Pilar Sosial, Ekonomi dan Lingkungan yang terdapat persinggungan pada ketiganya dengan menghasilkan proses bearable, equitable dan viable.

## III. METODE PENELITIAN

Pada pembahasan penulisan naskah ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, dengan mengumpulkan data primer dan sekunder serta fakta-fakta untuk dilakukan analisis berdasarkan referensi yang ada.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kementerian ESDM telah menyusun Grand Strategi Komoditas Minerba (GSKM) sebagai pedoman perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, dan pengembangan sumber daya mineral di dalam negeri. GSKM mencakup roadmap nikel 2021–2045 untuk mendorong industri hilir, mengolah bahan baku menjadi produk jadi, serta meningkatkan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP). Strategi ini sejalan dengan tujuan Indonesia Emas 2045, yaitu meningkatkan pertumbuhan ekonomi, memperbaiki neraca transaksi berjalan, memperbesar ekspor produk hilir, dan meningkatkan pendapatan negara. Pengelolaan nikel sebagai sumber energi masa depan mengacu pada UU Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, yang menekankan asas kemanfaatan, rasionalitas, efisiensi, keadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian lingkungan, ketahanan nasional, dan keterpaduan. Dengan demikian,

strategi nikel ke depan harus menitikberatkan pada ketahanan energi, perlindungan lingkungan, pengembangan teknologi, dan kerja sama internasional.

Pelaksanaan strategi memerlukan kolaborasi pentahelix antara pemerintah, industri, akademisi, masyarakat sipil, dan media agar pengelolaan nikel lebih efektif dan berkelanjutan. Proses ini melibatkan identifikasi akar masalah menggunakan diagram fishbone, analisis SWOT (IFAS, EFAS, SFAS), dan pemetaan strategi melalui diagram Cartesius, sebagai dasar merumuskan kebijakan serta rencana aksi jangka pendek dan menengah. Hasil pengolahan data dengan memperhitungkan aspek-aspek dalam SWOT yang dituangkan dalam Internal Factor Analysis Summary (IFAS), Eksternal Factor Analysis Summary serta menghasilkan Strategic Factors Analysis Summary (SFAS) (periksa lampiran naskah). Maka Diagram Cartensius menunjukkan hasil kuadran sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Cartensius Strategi Pengelolaan Nickel

Berdasarkan Gambar 1, kuadran I / SO (positif, positif), Kuadran ini menandakan indikasi yang kuat dan berpotensi, Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Progresif/Agresif, tujuan sangat dimungkinkan untuk dicapai dengan melakukan ekspansi, memperbesar pertumbuhan dan meraih kemajuan secara maksimal (Mengoptimalkan Kekuatan/Strengths dan memanfaatkan Peluang /Opportunities).

STRATEGI PROGRESIF MENUJU KEBANGKITAN NIKEL INDONESIA			
<div>INTERNAL (S/W)</div> <div>EKSTERNAL (O/T)</div>	<b>STRENGTHS</b>		<b>WEAKNESSES</b>
	1. Potensi Sumber daya 2. Regulasi Dan Kebijakan		1. Nilai Tambah Belum Optimal 2. Dampak lingkungan dan kesehatan 3. Interkoneksi Antar Industri
<b>OPPORTUNITIES</b>	1. Permintaan Tinggi Industri Global 2. Kerjasama Internasional 3. Penguasaan Teknologi & Inovasi	1. Optimasi pengelolaan sumber daya nasional untuk ketahanan energi 2. Perumusan regulasi mengatur ketahanan cadangan 3. Optimasi sumber daya strategis untuk dapat bersaing di pasar global 4. Memperkuat dan meningkatkan kebijakan hilirisasi untuk menciptakan inovasi pengelolaan nikel 5. Meningkatkan kerjasama dan inovasi dalam <i>best practices</i> pengelolaan nikel	1. Memanfaatkan permintaan tinggi dengan produk yang kompetitif 2. Melaksanakan kerjasama untuk teknologi pengolahan yang efektif dan efisien. 3. Melaksanakan kerjasama internasional dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan industri manufaktur. 4. Pemberdayaan industri nasional dalam produk manufaktur nikel.
<b>THREATS</b>	1. Tren Perebutan Sumber daya Kritis 2. Ketergantungan Investor Asing 3. Fluktuasi Komoditas	1. Strategi tata kelola dalam menghadapi "Global Megatrends" 2045. 2. Merumuskan UU Sumber daya Kritis. 3. Merevisi UU BUMN dan mendorong, memajukan BUMN sebagai pionir pengelolaan nikel 4. Optimasi hilirisasi sampai dengan <i>end product</i> sehingga memiliki nilai tambah dan kompetitif.	1. Pengembangan kemampuan teknologi pengelolaan nikel untuk mengurangi dampak lingkungan 2. Meningkatkan pembangunan infrastruktur menuju interkoneksi industri manufaktur. 3. Pemberdayaan BUMN dan industri dalam negeri

Gambar 2. SWOT Matriks Konsep Pengelolaan Nikel berbasis Ketahanan Energi

Hasil Diagram Cartensius pada gambar 2 menunjukkan pada kuadran I, hal ini berarti bahwa kekuatan dan peluang besar dalam masa depan nikel Indonesia. Program hilirisasi ke depan juga dapat berjaya di tataran global dengan melakukan strategi progresif memaksimalkan sumber daya dan peluang yang ada. Namun demikian Kuadran III memiliki proporsi yang hampir sama dimana kelemahan-kelemahan akan selalu siap mengancam dan menghambat gerak maju kebijakan dan strategi pengelolaan nikel ke depan, konsepsi strategi tata kelola yang baik mutlak diperlukan.

FAKTOR STRATEGIS KUNCI				DURASI AKSI	RENCANA AKSI
1	2	3	4	5	6
INTERNAL	S	1	Potensi Sumber daya	Pendek	Kebijakan berbasis ketahanan ( <i>framework of resilience</i> ) dan meningkatkan nilai tawar komoditas
		2	Regulasi Dan Kebijakan	Menengah	Merumuskan kerangka regulasi komprehensif, meningkatkan pengawasan tata kelola dan meningkatkan interkoneksi industri hilirisasi
	W	3	Nilai Tambah Ekonomi	Panjang	Pemenuhan pohon industri sampai dengan <i>end product</i>
		4	Dampak Lingkungan dan Kesehatan	Pendek	Inovasi metoda pertambangan dan pengolahan yang <i>environmental based</i>
		5	Interkoneksi Antar Industri	Menengah	Percepatan pembangunan infrastruktur dan diversifikasi industri manufaktur final product
EKSTERNAL	O	6	Permintaan Tinggi Industri Global	Pendek	Regulasi dalam ekspor produk jadi
		7	Kerjasama Internasional	Menengah	Membuat kerjasama multilateral dalam alih teknologi dan pemasaran produk jadi
		8	Penguasaan Teknologi	Pendek	Inovasi teknologi pengolahan, <i>reduce-reuse-recycle</i> , efisiensi
	T	9	Tren Perebutan Sumber daya Kritis	Panjang	Regulasi <i>outflow</i> produk dan penguatan pengawasan <i>illegal mining</i> dan <i>illegal export</i>
		10	Ketergantungan Investor Asing	Menengah	Skema penawaran dan kontrak kepada BUMN dan Konsorsium Indonesia
		11	Fluktuasi Komoditas	Pendek	Memainkan peran kunci di pasar global dengan mengatur aliran komoditas keluar negeri

Gambar 3. Action Plan dari hasil Analisis SWOT

#### 4.1. Rise Strategy

Berdasarkan analisa SWOT yang telah disusun pada gambar 3 di atas, maka solusi atas permasalahan yang telah dirumuskan melalui analisis SWOT sebagaimana diilustrasikan dalam diagram di atas. Threat dan Opportunity dapat dikategorikan sebagai tantangan dan peluang dari luar dalam hal ini lingkungan internasional yang berimplikasi pada ketahanan energi, hal ini ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 1.4 dan 1.5 dalam EFAS dan SFAS dimana tren perebutan sumber daya kritis menjadi faktor yang sangat berimplikasi pada ketahanan energi. Adapun Strength dan Weakness yang telah diinventarisir sebagai pengaruh lingkungan nasional berkaitan dengan pengelolaan nikel sebagaimana Lampiran 1.3 dalam IFAS. Dengan memperhatikan strategic key factor dalam Threat dan Weakness, maka reformulasi strategi berbasis ketahanan energi harus diimplementasikan dalam RISE Strategy. Empat gagasan secara terintegrasi yang didefinisikan dalam RISE Strategy adalah *Resilience*, *Innovation*, *Sustainability* dan *Excellence* seperti yang terlihat pada gambar 4 di bawah ini. Strategi tersebut fokus pada empat hal yang dapat memperkuat kebijakan strategis pengelolaan sumber daya nikel dalam mewujudkan ketahanan energi berkelanjutan dari pengaruh dan perkembangan situasi global saat ini, sehingga dengan ketahanan sumberdaya dan energi berkelanjutan akan dapat digunakan sebagai modalitas dan mendukung pengembangan teknologi dirgantara nasional.





Gambar 4. Bagan Alur Konsepsi RISE Strategy

- Ketahanan (*Resilience*): Strategi pengelolaan nikel menekankan ketahanan sebagai prioritas, dengan roadmap yang disusun untuk menjaga ketersediaan sumber daya dan energi secara berkelanjutan.
- Inovasi (*Innovation*): Mendorong riset dan pengembangan, eksplorasi dan re-eksplorasi cadangan nikel, serta transfer teknologi dan kerja sama internasional. Inovasi berfokus pada pengolahan-pemurnian ramah lingkungan dan menjadi modal penting bagi pengembangan teknologi dan industri dirgantara masa depan.
- Keberlanjutan (*Sustainability*): Pengelolaan nikel harus memastikan kelestarian sumber daya dan lingkungan untuk generasi mendatang, mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs).
- Keunggulan (*Excellence*): Sebagai pemilik cadangan nikel terbesar dunia, Indonesia dapat memaksimalkan nilai tambah dan daya saing nikel serta produknya di pasar global, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan kemakmuran bangsa.

#### 4.2. Resilience-Based Strategy

Nikel sebagai sumber daya kritis dan strategis harus dikelola dengan prioritas ketahanan (*resilience*). Ketahanan energi berarti ketersediaan energi terjamin, masyarakat memiliki akses pada harga terjangkau, dan lingkungan tetap terlindungi. Menurut teori Jesse, ketahanan energi adalah kemampuan sistem energi untuk tetap berfungsi meski menghadapi gangguan. Oleh karena itu, strategi pengelolaan nikel Indonesia, khususnya sebagai sumber energi terbarukan dalam Energy Storage System (ESS), harus menekankan ketahanan energi sebagai acuan kebijakan, memastikan cadangan sumber daya dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dan memberikan manfaat ekonomi bagi rakyat.

#### 4.3. Innovation

Inovasi berarti menciptakan ide atau metode baru, khususnya dalam pengelolaan nikel dari ekstraksi hingga produk akhir, agar memberikan manfaat optimal bagi negara dan rakyat. Permintaan global terhadap nikel terus meningkat seiring transisi ke energi terbarukan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam ekstraksi, pemurnian, metode efisien, dan penerapan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*). Eksplorasi cadangan baru juga tetap penting untuk menemukan endapan nikel yang belum tergarap. Inovasi dilakukan melalui:

- Technology Adoption: Mengadopsi teknologi modern dalam ekstraksi, pemurnian, dan manufaktur produk nikel.
- Design: Mengembangkan desain berbasis rekayasa dan teknologi ramah lingkungan yang mengadopsi praktik terbaik.
- Research & Development (R&D): Penelitian dan pengembangan sebagai inti dari temuan teknologi baru.

#### 4.4. Sustainability (Keberlanjutan)

Keberlanjutan menjadi perhatian global, sejalan dengan Agenda 2030 PBB untuk pembangunan berkelanjutan (SDGs), yang menekankan kesejahteraan bersama, perdamaian universal, penghapusan kemiskinan, dan pengurangan ketertinggalan. Pengelolaan nikel harus memperhatikan keberlanjutan sumber daya, lingkungan, dan kesejahteraan generasi mendatang, sehingga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan secara global.

Konsep transformasi tersebut khususnya, transformasi ke-3 *Energy decarbonization and sustainable industry*, memberi makna bahwa dalam konteks Pengelolaan nikel harus juga berproyeksi pada keberlanjutan pembangunan (*sustainable development*), dimana pengelolaan nikel tidak hanya mendasarkan pada kepentingan saat ini melainkan memastikan keberlanjutan hingga generasi mendatang, sehingga aspek lingkungan dan ekosistem harus diperhatikan. Bagaimana kesejahteraan, kesehatan serta kelestarian lingkungan menjadi titik berat dalam hal ini mengingat transformasi juga menyentuh dalam aspek dekarbonisasi dalam pelaksanaan industri pengelolaan nikel dari hulu ke hilir. Sehingga dalam penelitian ini akan diformulasikan dalam konteks "sustainability" beberapa hal esensial, seperti yang tersaji pada tabel di bawah ini.

Point SDGs	Implementasi dalam Pengelolaan Nikel
<b>Goal 6: Clean waters and Sanitation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Penggunaan air yang efisien:</li> <li>b. Penerapan teknologi hemat air dan penggunaan kembali air hujan dalam proses pertambangan dan pengolahan nikel.</li> <li>c. Pengukuran dan pemantauan penggunaan air secara berkala untuk memastikan efisiensi penggunaan air.</li> <li>d. Peningkatan kesadaran dan pelatihan bagi pekerja tentang pentingnya penggunaan air yang efisien.</li> <li>e. Pengelolaan air limbah (IPAL).</li> <li>f. Pengolahan air limbah pertambangan nikel dengan sistem pengolahan air limbah yang terintegrasi dan ramah lingkungan.</li> <li>g. Penerapan teknologi pengolahan air limbah terbaru untuk memastikan air limbah yang dibuang ke lingkungan telah memenuhi baku mutu yang ketat.</li> </ul> <p>Pemantauan kualitas air limbah secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap standar baku mutu.</p>
<b>Goal 12: Responsible Consumption and Production.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pengurangan limbah:</li> <li>b. Penerapan 3R (Reduce, Reuse,</li> </ul>



	<p>Recycle) secara konsisten di seluruh rantai nilai pertambangan dan pengolahan nikel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>c. Pengurangan penggunaan bahan baku dan energi dalam proses pertambangan dan pengolahan nikel.</li> <li>d. Pemanfaatan kembali limbah pertambangan nikel untuk berbagai keperluan, seperti bahan baku konstruksi atau pembuatan produk lainnya.</li> <li>e. Daur ulang air dan bahan baku lainnya dalam proses pertambangan dan pengolahan nikel.</li> <li>f. Penggunaan bahan baku berkelanjutan:</li> <li>g. Penggunaan bahan baku daur ulang atau bahan baku yang ramah lingkungan dalam proses pengolahan nikel.</li> <li>h. Penguatan rantai pasokan yang berkelanjutan untuk memastikan bahan baku yang digunakan berasal dari sumber yang bertanggung jawab. Dukungan terhadap pengembangan teknologi pengolahan nikel yang ramah lingkungan (HPAL)</li> </ul>
--	---

#### 4.4. Excellence (Keunggulan)

Sebagai negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia, Indonesia seharusnya memaksimalkan potensi ini untuk kemakmuran bangsa. Keunggulan nikel, baik dari cadangan maupun kualitas, harus memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Permintaan global terhadap nikel terus meningkat seiring transisi energi terbarukan, sehingga dibutuhkan inovasi baru dalam ekstraksi, pengolahan, pemurnian, dan penerapan konsep 3R (reduce, reuse, recycle). Eksplorasi cadangan baru juga penting untuk memanfaatkan potensi nikel yang masih tersimpan. Keunggulan nikel harus didukung dengan interkoneksi industri manufaktur untuk menghasilkan produk bernilai tambah dan kompetitif, melalui dua fokus utama:

- a. Pengembangan Industri Fabrikasi dan Manufaktur: Mendukung hilirisasi nikel menjadi produk akhir bernilai tinggi untuk memberikan manfaat ekonomi besar bagi Indonesia.
- b. Pengembangan Industri Kendaraan Listrik (EV): Memanfaatkan nikel untuk baterai EV, seiring perkembangan teknologi kendaraan dan sistem penyimpanan energi yang lebih ramah lingkungan, guna mendukung transisi dari mobil konvensional (ICE) ke kendaraan listrik.

## V. KESIMPULAN

Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia, sekitar 22% cadangan global, dengan produksi 52% dari total dunia, terutama di Sulawesi dan Maluku Utara. Kebijakan hilirisasi pasca UU No. 3 Tahun 2020 menghentikan ekspor bahan mentah untuk meningkatkan nilai tambah produk dalam negeri, meski sebagian besar smelter masih menghasilkan produk antara. Pengelolaan nikel menghadapi tantangan eksternal, seperti gugatan Uni Eropa ke WTO, dan isu internal terkait lingkungan, kesehatan, interkoneksi industri, serta kontribusi ekonomi. Mengingat

nikel sebagai sumber daya kritis dan strategis berperan penting dalam perekonomian, pertahanan, dan pengembangan teknologi masa depan termasuk energi terbarukan dan industri dirgantara berbasis AI, strategi pengelolaannya sebaiknya berbasis ketahanan (resilience) dan dirumuskan melalui *RISE Strategy*: Resilience, Innovation, Sustainability, dan Excellence. Pendekatan ini memastikan ketahanan sumber daya dan energi, mendorong inovasi, menjamin keberlanjutan lingkungan, serta memaksimalkan nilai tambah dan daya saing nikel Indonesia di pasar global untuk kemajuan bangsa secara berkelanjutan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adams, w. (2006). *The future of sustainability: re-thinking environment and development in the twenty-first century*.
- Arikunto, S. (1993). *Manajemen Pengajaran: secara manusiawi*. Retrieved from <https://www.esdm.go.id>.
- Delobbe, N., Haccoun, R., & Vandenberghe, C. (2002). Measuring core dimensions of organizational culture: A review of research and development of a new instrument.
- Garwin, S., Hall, R., & Watanabe, Y. (2005). *Tectonic setting, geology, and gold and copper mineralization in Cenozoic magmatic arcs of Southeast Asia and the West Pacific*.
- (2021). *Grand Strategy Komoditas Mineral (GSKM) Indonesia 2021*. Jakarta.
- Griffin, R., Phillips, J., & Gully, S. (2020). *Organizational behavior: Managing people and organizations*. Cengage Learning.
- Jesse, B., Heinrichs, H., & Kuckshinrichs, W. (2019). Adapting the theory of resilience to energy systems: a review and outlook. *Energy, Sustainability and Society*, 9, 1–19.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2024). *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045*. Jakarta.
- (2021). *Laporan Kinerja Kementerian ESDM 2021*. Jakarta.
- Meadows, D. (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*.
- Palmoilina, S. (2023). Penerapan konsep keberlanjutan dalam pembangunan ekonomi hijau. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 12, 55–68.
- Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. (2014). Jakarta.
- Terry, L. (1998). Administrative leadership, neo-managerialism, and the public management movement. *Public Administration Review*, 194–200.
- (2016). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1)*. New York.
- Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi*. (2007). Jakarta.