

Penerapan *Good Mining Practice (Gmp)* Guna Mendukung *Net Zero Emission 2060 (Studi Kasus: PT Vale Indonesia)*

Muhammad Agung Hardiyanto¹ Kartika Wijaya Setiawan² Nugroho Adi Sasongko³
Hikmat Zakky Almubaroq⁴

Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan
Republik Indonesia^{1,2,3}

Email: muhammad.hardiyanto@mp.idu.ac.id¹ kartikawijayasetyawan@gmail.com²
nugroho.sasongko@idu.ac.id³ zakkyauri94@gmail.com⁴

Abstrak

Pemanasan global saat ini sedang menjadi perhatian bagi seluruh dunia, melalui Perjanjian Paris pada tahun 2015 negara-negara di dunia berkomitmen dalam menjaga suhu rata-rata bumi di bawah 2°C yang kemudian melahirkan program *Net Zero Emission* atau emisi nol bersih pada tahun 2060. Untuk mendukung program NZE tersebut, Indonesia berkomitmen melalui dokumen *Nationally Determined Contribution (NDC)*. Dalam NDC Indonesia menyatakan berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK pada tahun 2030 sebesar 29% dengan kemampuan sendiri dan 41% dengan dukungan internasional. Beralih ke pemanfaatan energi bersih tidak dapat ditunda dalam merealisasikan program NZE. Penerapan kaidah pertambangan yang baik (*good mining practice*) diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2028 dan Kepmen ESDM No. 1827 k/MEM/2018. Nikel seolah menjadi pusat perhatian karena pemanfaatannya sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baterai. Baterai banyak digunakan sebagai sumber energi pengganti dari bahan bakar fosil. Indonesia sebagai salah satu negara yang mempunyai cadangan nikel terbesar di dunia yaitu 21 juta ton, memiliki antangan besar dalam hal pengolahan nikel, karena jangan sampai keberadaannya yang memiliki sumbangsih dalam mendukung energi bersih namun dihasilkan dari pengolahan yang tidak berkelanjutan dan menimbulkan emisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi penurunan emisi dari industri nikel di PT Vale Indonesia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Systematic Literature Review*. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari hasil studi literatur dan berdasarkan informasi yang didapat dari *Focus Group Discussion (FGD)*. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa PT. Vale Indonesia berkomitmen untuk memitigasi pemanasan global dengan dua pendekatan yaitu pendekatan teknologi dan pendekatan tambang dan reklamasi. Pendekatan teknologi dilakukan dengan *fuel shifting, green power up, equipment electrification* dan *efficiency improvement*. Pendekatan tambang dan reklamasi dilakukan dengan *sustainable mining practice, reforestation outside concession area, progressive reclamation of post mined area* dan *biodiversity program*.

Kata Kunci: Energi, Nikel, NZE, PT. Vale Indonesia

Abstract

Global warming is currently a concern for the whole world, through the Paris Agreement in 2015, countries in the world are committed to keeping the earth's average temperature below 2°C which then gave birth to the Net Zero Emissions program or net zero emissions in 2015. 2060. To support the NZE program, Indonesia is committed through a Nationally Determined Contribution (NDC) document. In the NDC, Indonesia states that it is committed to reducing GHG emissions by 29% by 2030 with its own capabilities and 41% with international support. Switching to the use of clean energy cannot be delayed in realizing the NZE program. Nickel seems to be the center of attention because of its use as the main raw material in making batteries. Batteries are widely used as a substitute for fossil fuels. Indonesia as one of the largest nickel producing countries in the world has a big challenge in terms of processing nickel, because it should not be its presence that has a contribution in supporting clean energy but is produced from processing that is not sustainable and creates emissions. This study aims to examine the strategy for reducing emissions from the nickel industry at PT Vale Indonesia. The method used in this study is the Systematic Literature Review method. The data used in this study were obtained from the results of a literature study and based on information obtained from Focus Group Discussions (FGD).

The results of this study note that PT. Vale Indonesia is committed to mitigating global warming with two approaches, namely the technological approach and the mining and reclamation approach. The technological approach is carried out by fuel shifting, green power up, equipment electrification and efficiency improvements. Mining and reclamation approaches are carried out using sustainable mining practices, reforestation outside concession areas, progressive reclamation of post mined areas and biodiversity programs.

Keywords: Energy, Nickel, NZE, PT. Vale Indonesia

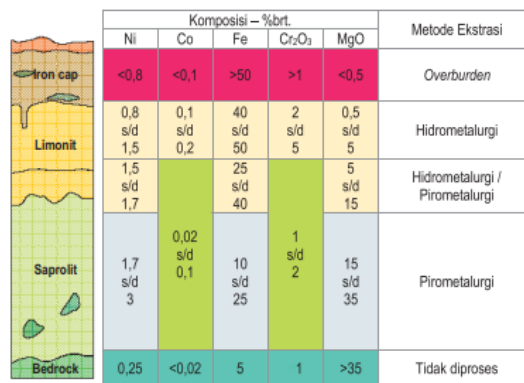


Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

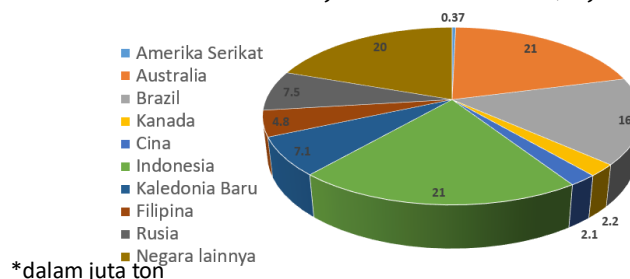
Pemanasan global merupakan masalah yang sangat krusial di dunia saat ini. Pemanasan global terjadi karena terlalu banyak gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer, terutama karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan gas alam. Gas rumah kaca tersebut menangkap panas dari matahari dan menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi naik, yang kemudian menyebabkan perubahan iklim global yang signifikan (Dahlan, 2017). Perjanjian Paris pada tahun 2015 menjadi tonggak sejarah bagi upaya internasional dalam mengatasi perubahan iklim. Dalam perjanjian tersebut, negara-negara di dunia berkomitmen untuk menjaga suhu rata-rata bumi di bawah 2°C di atas level pra-industri, dan berusaha untuk membatasi kenaikan suhu maksimum menjadi 1,5°C. Untuk mencapai tujuan tersebut, negara-negara di dunia harus menurunkan emisi gas rumah kaca, termasuk di Indonesia (Pratiwi & Hendrawati, H, 2020). Indonesia sebagai salah satu negara yang menandatangani Perjanjian Paris juga berkomitmen untuk mendukung program NZE tersebut. Hal ini tercermin dalam dokumen Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia yang menyatakan bahwa negara ini berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK pada tahun 2030 sebesar 29% dengan kemampuan sendiri dan 41% dengan dukungan internasional (Nurhidayati *et al*, 2021). Indonesia sebagai negara dengan populasi dan pertumbuhan ekonomi yang pesat, memiliki tantangan yang besar dalam mengatasi perubahan iklim. Di sisi lain, Indonesia juga memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan, seperti angin, surya, dan biomassa. Namun, peran penting yang dimainkan oleh nikel dalam pengembangan energi bersih tidak bisa diabaikan. Nikel digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baterai, yang digunakan dalam kendaraan listrik, penyimpanan energi, dan perangkat elektronik. Kebutuhan akan baterai semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan industri mobil listrik dan energi terbarukan (Adiputra, 2018).

Berdasarkan laporan U.S. Geological Survey (USGS) tahun 2021, total sumber daya nikel dunia adalah sekitar 300 juta ton nikel, yakni 60% berupa deposit laterit dan 40% berupa deposit sulfida. Total cadangan dunia dilaporkan sejumlah 94 juta ton nikel dengan jumlah cadangan terbesar berada di Indonesia. USGS pada tahun 2021 juga melaporkan total sumber daya dan cadangan kobalt dunia sebesar 25 juta ton kobalt dan 7,1 juta ton kobalt. Di Indonesia, nikel dan kobalt secara dominan terdapat dalam endapan laterit. Ilustrasi lapisan endapan laterit, rentang komposisi kimia tiap lapisan, dan korelasinya dengan jalur proses pengolahannya dirangkum pada tabel di bawah ini. Deposit nikel laterit di Indonesia tersebar di Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Halmahera, dan Papua. (Grand Strategy Migas, 2021)



Gambar 1. Ilustrasi lapisan endapan laterit, komposisi kimia dan jalur pengolahannya (Sumber: Grand Strategy Migas, 2021)

Data neraca sumber daya dan cadangan nikel tahun 2020 telah dilaporkan oleh Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), Badan Geologi, sumber utama dari data yang dilaporkan Badan Geologi berasal dari kegiatan pemutakhiran data-data dari laporan kegiatan badan usaha. Total sumber daya dan total cadangan logam nikel-kobalt di Indonesia secara historis antara tahun 2016 dan 2020 dirangkum pada gambar di bawah ini. Data komoditas nikel didapat dari 348 jumlah titik, di mana 33 di antaranya adalah data baru dan 175 data mutakhir tahun 2020. Sementara data komoditas kobalt didapat dari 81 jumlah titik dengan 10 data mutakhir tahun 2020. Total sumber daya dan cadangan logam nikel berjumlah sebesar 143 juta ton dan 49 juta ton. Sedangkan total sumber daya dan cadangan logam kobalt pada tahun 2020 secara berturut-turut berjumlah sebesar 3,6 juta ton dan 0,4 juta ton.



Gambar 2. Cadangan nikel Indonesia (Sumber: Olahan, USGS Mineral Commodity Summary, 2023)

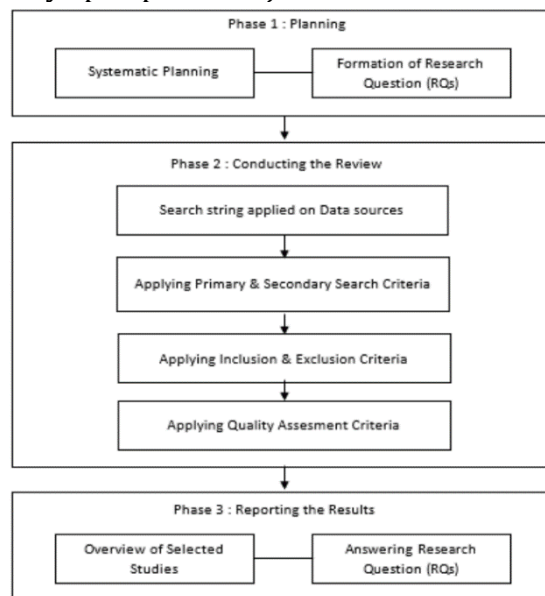
Indonesia yang merupakan salah satu produsen nikel sebesar 21 juta ton, yang menjadikannya menempati peringkat-1 negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia. Didukung oleh PT. Vale Indonesia sebagai salah satu perusahaan tambang nikel terbesar di Indonesia. PT. Vale merupakan perusahaan tambang yang bergerak di sektor nikel, emas, dan tembaga di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan, PT. Vale juga mengambil langkah-langkah untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan operasionalnya. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan memperhatikan penggunaan energi. Selain itu dalam upaya mendukung program Net Zero Emission (NZE), PT. Vale Indonesia harus mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses pengolahan nikel. Pengolahan nikel secara konvensional menggunakan teknologi pirometalurgi, yang menghasilkan banyak emisi CO₂ (Judono & Purwanto, 2017). Oleh karena itu, PT. Vale Indonesia harus mencari cara untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses pengolahan nikel.

Strategi penurunan emisi dari industri nikel di PT. Vale Indonesia harus melibatkan tiga aspek utama, yaitu efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, dan manajemen limbah. Efisiensi energi merupakan faktor penting dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. PT. Vale Indonesia harus meningkatkan efisiensi energi dalam semua proses produksinya, termasuk

dalam pengolahan nikel. Hal ini dapat dicapai melalui penggunaan teknologi yang lebih efisien dan pengoptimalan proses produksi (PT. Vale, 2018). Dalam proses pengolahan bijih nikel dan pengoperasian mesin-mesin tambang, PT. Vale telah memperhatikan penggunaan energi secara bijak dan berkelanjutan. Dengan mengimplementasikan teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Beberapa langkah yang telah dilakukan oleh PT. Vale untuk mengurangi penggunaan energi antara lain penggunaan teknologi hemat energi pada mesin-mesin tambang, penggunaan sistem penerangan yang lebih efisien, dan penggunaan teknologi energi terbarukan seperti panel surya dan PLTA. Selain mengurangi penggunaan energi, PT. Vale juga berupaya untuk meningkatkan efisiensi energi dengan mengoptimalkan penggunaan sumber energi yang tersedia. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menggunakan bahan bakar alternatif seperti gas alam yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien dalam menghasilkan energi (PT. Vale, 2022).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR). SLR adalah cara penelitian untuk melakukan tinjauan pustaka dengan cara yang teratur melalui pemetaan fase-fase tertentu. Pustaka yang digunakan berasal dari buku dan jurnal dari berbagai macam sumber baik nasional maupun internasional. Pada Gambar 1, merupakan fase tahapan metode SLR yang dibagi menjadi tiga fase yaitu merencanakan dan menentukan pertanyaan penelitian (Research Question), melakukan tinjauan yang terdiri dari pemilihan studi, penilaian kualitas, dan ekstraksi data dan akhirnya pelaporan tinjauan.



Gambar 3. Systematic Literature Review Phase

1. Planning Phase Untuk kelancaran tinjauan pustaka yang sistematis, perencanaan yang tepat sangat penting untuk kelancaran pelaksanaan SLR. Pertanyaan penelitian berasal dari seluruh tahap perencanaan tinjauan literatur sistematis.
 - a. Research Question Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan penelitian yaitu:
 - RQ1: Mengetahui apakah PT. Vale berkomitmen dalam program mitigasi pemanasan global dalam operasional produksinya
 - RQ2: Mengetahui skema mitigasi pemanasan global yang dilaksanakan
2. Conducting the review phase

- a. Search Strategy. Tujuan dari strategi pencarian adalah untuk menemukan studi-studi yang akan membantu dalam menjawab RQ. Tiga fase dari strategi pencarian terdiri dari:
 - 1) Identifying keywords and defining search string. Kata Kunci yang digunakan dalam pencarian literatur pada penelitian ini adalah skema mitigasi pemanasan global dalam pengolahan nikel
 - 2) Data Sources. Data literatur dalam penelitian ini bersumber dari “*Google Scholar*” yang diterbitkan dari tahun 2019 hingga 2023.
 - 3) *Search Process in Data Sources*. Pada proses ini mencari literatur yang sesuai dengan *keyword* yang telah ditentukan di dalam sumber data.
 - b. *Inclusion/Exclusion Criteria for Selecting Studies*. Hasil yang diperoleh dari *string* pencarian dianalisis dan dievaluasi. Evaluasi dilakukan dengan membaca judul dan abstrak terlebih dahulu dan dicek apakah ada kaitannya dengan isu-isu yang dibahas dalam RQ.
 - c. *Quality Assessment*. Setelah menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi, penilaian kualitas untuk setiap studi dipastikan. literatur yang dipilih adalah yang sesuai dengan output kajian yang diinginkan sesuai dengan RQ.
 - d. *Data Extraction*. Fase ekstraksi data melibatkan ekstraksi data dari studi terpilih yang mampu menjawab RQ. Informasi berikut dikumpulkan dalam bentuk ekstraksi data: Judul studi yang dipilih; Penulis; Tahun; Jenis sumber data elektronik; Sumber publikasi; Jenis studi dan Temuan utama dalam studi (karakteristik / metode / alat pendukung)
3. *Reporting The Result*
- a. *Select Studies Overview*. Menunjukkan dan memaparkan hasil study literatur yang kemudian diolah dan dikombinasikan yang dibahas pada bab hasil dan pembahasan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum NZE dan NDC

Kebijakan NZE (*Net Zero Emission*) merupakan program gerakan yang telah disepakati dalam perjanjian Internasional dalam mengurangi GRK (Gas Rumah Kaca), program ini telah dicanangkan di beberapa negara yang juga berlangsung pada saat ini (KESDM, 2020). Negara industri dan negara maju diwajibkan untuk melakukan gerakan nol emisi karbon pada program NZE yang telah disepakati pada perjanjian *Paris Agreement*. Program ini bertujuan untuk menurunkan suhu bumi sebesar dalam menerapkan *clean energy* untuk mencapai tujuan tersebut (Rizky Adjie, 2021). *Nationally Determined Contribution* (NDC) menggambarkan transisi Indonesia ke masa depan yang rendah emisi dan tahan iklim. NDC menjelaskan peningkatan langkah-langkah dan kerangka kondisi pada periode 2015-2019, yang akan dasar untuk menetapkan tujuan pasca 2020 yang lebih ambisius yang akan berkontribusi pada hal ini, untuk mencegah kenaikan suhu global 2 C dan melanjutkan upaya langkah membatasi kenaikan suhu global hingga 1,50 derajat dibandingkan dengan masa pra-industri (NDC Indonesia). Dr. Medrilzam MPE (2021) menyampaikan pada seminar yang dilakukan secara daring bahwa terdapat beberapa prinsip dalam perhitungan skenario NZE (*Net Zero Emission*) diantaranya;

1. Kebijakan NZE harus tetap sejalan dengan target dan visi Indonesia di tahun 2045.
2. Pendekatan yang dilakukan bersifat sistem dan konferhensi lintas sektor.
3. Tetap mengejar penurunan emisi GRK hingga 2030 sebesar 29% dengan upaya sendiri (target NDC).
4. CBDR dan *Respective Capability* (sesuai dengan tanggung jawab dan kemampuan).

Untuk menjalankan program NZE dan mewujudkan tujuan dalam menjaga pemanasan global tidak meningkat, tentu memerlukan kerjasama segala pihak, baik pemerintah,

masyarakat, dan industri sebagai penyumbang emisi cukup besar yang berperan sebagai pihak konsumen energi dan menjadi sumber emisi. Beberapa Industri telah melakukan Tindakan pendekatan dalam mencapai target NZE seperti industri energi minyak dan gas melakukan pendekatan dengan menerapkan *carbon capture utilization and storage* (CCUS). Pemimpin industri minyak dan gas di seluruh dunia telah turut serta dalam mengembangkan dan menerapkan CCUS. sebesar 40 juta ton (Mt) CO₂ yang ditangkap di setiap harinya dalam fasilitas berskala besar, sekitar tiga perempat yang tertangkap berasal dari operasi minyak dan gas operasi, langkah penerapan CCUS menghasilkan aliran CO₂ terkonsentrasi yang relatif mudah dan hemat biaya untuk menangkap (IEA, 2022). Penerapan Bahan Bakar Berbasis Hidrogen rendah Emisi, hampir 40% produksi hidrogen berasal dari gas alam yang telah difasilitasi CCUS, memberikan peluang penting bagi perusahaan dan negara untuk memanfaatkan sumber daya gas alam dengan cara yang konsisten. Memproduksi biometana alternatif rendah emisi untuk gas alam yang dapat diproduksi di fasilitas terpusat yang besar (IEA, 2021).

Industri Tambang Batubara juga ikut serta sangat besar dalam mencapai target NZE. Penurunan tajam dalam penggunaan batu bara yang diproyeksikan demi mewujudkan NZE akan menimbulkan implikasi cukup besar. sekitar 470 juta ton setara batubara yang akan digunakan di NZE pada tahun 2050 harus dilengkapi dengan CCUS, yang mencegah penurunan permintaan yang lebih besar. bagi perusahaan pertambangan mengambil langkah dalam menyikapi penyusutan permintaan batubara demi program NZE dapat diimbangi dengan mengelola kebutuhan mineral mentah lainnya seperti tembaga, litium, dan nikel (IEA, 2021). Industri Energi Listrik dalam mencapai *net zero emission* memerlukan perluasan besar-besaran sektor listrik. pada akhir 2020-2030 sektor energi listrik meningkatkan kapasitas dan pengganti dalam menghasilkan listrik menjadi pembangkit listrik tenaga surya dan angin (IEA, 2021).

Gambaran Umum Objek Penelitian (PT. Vale Indonesia)

PT. Vale merupakan perusahaan tambang dan pengolahan nikel terintegrasi yang telah berdiri selama 54 tahun di Sorowako, Kab. Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Pada bulan Juli 1968, PT. Vale mendapatkan lisensi dari Pemerintah Indonesia untuk melakukan eksplorasi, penambangan, serta pengolahan bijih nikel. Pada bulan Januari 1996 kontrak ini diperpanjang hingga akhir Desember 2025 dengan adanya perubahan pada Oktober 2014 terkait jangkauan areanya yang berkurang sebanyak 1,8% atau menjadi 118.435 ha (Vale, 2022). Aktivitas-aktivitas yang dilakukan perusahaan ini berkaitan dengan ketahanan energi karena ditopang pada aktivitas sustainable mining (pertambangan yang berkelanjutan). Menurut Chaniago (2023) dalam pemaparannya pada Kuliah Kerja Dalam Negeri FMP Unhan RI, bahwa wilayah Sulawesi memiliki nikel dengan jumlah yang sangat besar yakni berkisar 22-25% cadangan nikel dunia ada di Indonesia dengan sebagian besarnya ada di Sulawesi. Adapun upaya PT. Vale untuk berpartisipasi dalam transisi energi bersih baru dan terbarukan yakni mengelola sumber daya nikel dengan hati-hati, mengingat sektor penambangan masih dianggap memiliki risiko tinggi terutama di Asia Pasifik. Agar tidak berdampak buruk bagi lingkungan, PT. Vale menerapkan langkah-langkah penambangan yang ramah lingkungan misalnya dalam proses penambangan bijih laterit menggunakan metode *open cast*.

Kebutuhan nikel yang terus meningkat, khususnya dalam pembuatan baterai kendaraan listrik yang diperkirakan akan meningkat pesat di tahun 2025, membuat PT. Vale terus meningkatkan produksinya yakni dengan merencanakan pengembangan di 2 titik lainnya. Di Sorowako, Sulawesi Tengah, PT. Vale memproduksi nikel matte sekitar 70.000 ton per tahun, di Pomalaa, Sulawesi Tenggara, sejumlah 120.000 ton nikel MHP (bahan baku baterai) direncanakan akan diproduksi, dan di Bahodopi, Sulawesi Tengah dicanangkan dapat

memproduksi nikel sebanyak 73.000 ton per tahun serta di titik inilah pabrik feronikel pertama yang menggunakan sumber LNG akan beroperasi. Penggunaan sumber LNG ini sebagai bentuk pengurangan penggunaan sumber energi fosil, terutama batubara. Selain menggunakan LNG, PT. Vale juga menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Air dari 3 DAM dengan total kapasitas 365 MW yang mensuplai 38% energi bersih atau turut mengurangi emisi sekitar 2.000.000 TCO₂e pertahun. Dengan pengelolaan energi yang digunakan saat ini, PT. Vale di Sorowako menduduki kuartal I sebagai salah satu produsen pengolahan nikel yang bersih di dunia, termasuk untuk proyek yang berada di Pomalaa dam Bahodopi juga dicanangkan untuk berada di kuartal yang sama. Hal ini sebagai bentuk komitmen bersama yang telah disepakati dewan komisaris dan seluruh pemegang saham untuk memproduksi nikel dengan energi rendah karbon yang telah dituangkan ke dalam kebijakan dan diumumkan di kebutuhan listrik di Skotlandia pada tahun 2021.

Good Mining Practice (GMP)

Menurut Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 kaidah pertambangan yang baik meliputi:

1. Kaidah Teknik pertambangan yang baik.
2. Tata Kelola perusahaan pertambangan, GMP meliputi 6 aspek yaitu:



Gambar 4. Penerapan GMP PT. Vale Indonesia Tbk.

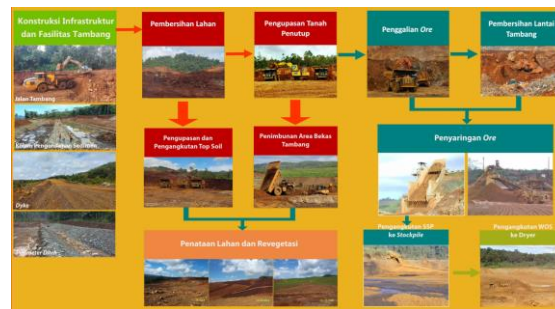
Aspek Teknis Pertambangan PT. Vale Indonesia

Dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan perusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang.



Gambar 5. Alur Kegiatan Pertambangan

Kegiatan pertambangan bijih nikel PT. Vale Indonesia Tbk, dilakukan dengan cara open-cast mining. Open-cast mining adalah metoda penambangan yang dipakai untuk menggalimineral deposit yang ada pada suatu batuan yang berada atau dekat dengan permukaan.



Gambar 6. Open-cast mining PT. Vale Indonesia Tbk.

Mitigasi Dampak Perubahan Iklim oleh PT. Vale Indonesia Pendekatan Teknologi

Dalam memitigasi dampak perubahan iklim PT. Vale Indonesia melakukan pendekatan teknologi dengan cara *fuel shifting*, *green power up*, *equipment electrification*, dan *efficiency improvement*.

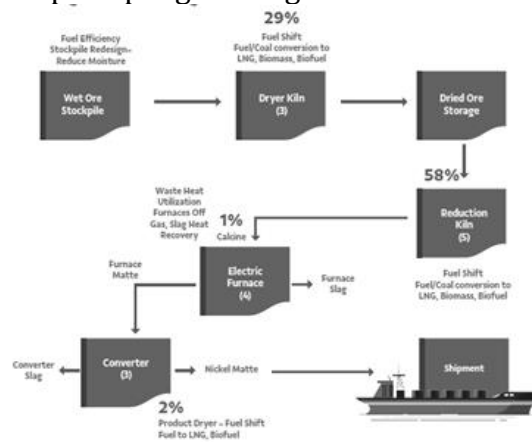
1. Fuel Shifting

Fuel shifting atau pergeseran bahan bakar merujuk pada proses peralihan penggunaan sumber bahan bakar fosil ke sumber energi terbarukan. *Fuel shifting* dapat melibatkan perusahaan mengurangi ketergantungannya pada bahan bakar fosil dalam operasi pertambangannya dan beralih menggunakan sumber energi terbarukan seperti energi surya, hidro, atau bioenergi. Hal ini dapat meliputi pemasangan panel surya atau pembangkit listrik tenaga air untuk menghasilkan listrik, penggunaan biodiesel atau bahan bakar alternatif lainnya untuk kendaraan, atau mengeksplorasi solusi energi yang berkelanjutan lainnya. Fuel shifting dapat memberikan beberapa manfaat bagi perusahaan, termasuk mengurangi jejak karbon dan ketergantungan pada pasar bahan bakar fosil yang fluktuatif. Hal ini juga dapat membantu perusahaan memenuhi persyaratan regulasi, meningkatkan reputasi dan citra publik mereka, serta potensial mengurangi biaya operasi dalam jangka panjang. Secara keseluruhan, fuel shifting adalah langkah penting untuk mencapai masa depan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, dan perusahaan seperti PT. Vale Indonesia memiliki peran dalam transisi ini.

Dalam kegiatan operasionalnya PT. Vale Indonesia membutuhkan sumber energi untuk berbagai macam keperluan seperti proses pertambangan, pemrosesan bijih nikel, transportasi, serta keperluan listrik untuk bangunan. Dalam proses pertambangan, PT. Vale Indonesia membutuhkan energi untuk mengoperasikan mesin dan peralatan pertambangan, termasuk alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, dan truk tambang yang digunakan untuk memindahkan batuan dan bahan lainnya. Dalam pemrosesan bijih nikel, sumber energi juga dibutuhkan untuk memproses bijih nikel menjadi produk akhir seperti feronikel dan nikel matte. Proses ini melibatkan penggunaan mesin-mesin besar seperti *furnace*, penggiling, dan konsentrator yang membutuhkan sumber daya energi yang signifikan. Dari segi transportasi, PT. Vale Indonesia juga memerlukan energi untuk transportasi karyawan, material dan produk. Perusahaan menggunakan kendaraan berbahan bakar fosil seperti mobil dan truk untuk transportasi dalam dan luar lokasi pertambangan. Selain itu, energi juga digunakan untuk penerangan dan pendingin gedung perkantoran, bangunan pabrik, dan perumahan karyawan di lokasi pertambangan serta peralatan listrik lainnya. Kebutuhan energi yang signifikan dalam operasi PT. Vale Indonesia menunjukkan betapa pentingnya pergeseran bahan bakar atau fuel shifting ke sumber energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan bagi perusahaan ini dan industri pertambangan secara keseluruhan.

Selama ini batubara sudah menjadi primadona dalam penggunaan bahan bakar di PT. Vale Indonesia. PT. Vale Indonesia menggunakan batu bara sebagai salah satu bahan bakar untuk

menghasilkan listrik yang digunakan dalam operasi tambangnya dan kebutuhan proses pengolahan bijih nikel di Sorowako, Sulawesi Selatan. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk memasok kebutuhan daya operasional perusahaan, seperti mesin-mesin tambang, fasilitas pengolahan bijih nikel, dan sistem transportasi di dalam lokasi tambang. Selain itu, PT. Vale Indonesia juga menggunakan batu bara untuk menghasilkan uap yang digunakan dalam proses pemurnian dan pengolahan bijih nikel menjadi produk nikel. Pemurnian bijih nikel melalui proses hidrometalurgi membutuhkan penggunaan uap dalam jumlah besar, dan batu bara menjadi salah satu sumber energi utama yang digunakan untuk menghasilkan uap tersebut. Namun, PT. Vale Indonesia berupaya untuk mengurangi konsumsi batu bara dan beralih ke sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan, seperti LNG dan biomassa, untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan operasinya. Dalam kasus PT. Vale Indonesia, perusahaan ini berupaya untuk mengurangi konsumsi batu bara dengan memilih gas alam cair (LNG) dan biomassa sebagai bahan bakar alternatif. LNG adalah bahan bakar yang lebih bersih dibandingkan dengan batu bara, menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida yang lebih rendah. Dengan menggunakan LNG, PT. Vale Indonesia dapat mengurangi jejak karbonnya dan meningkatkan kualitas udara di sekitar operasinya. Biomassa, di sisi lain, adalah sumber energi terbarukan yang dapat berasal dari berbagai material organik seperti serpihan kayu, limbah pertanian, dan sampah rumah tangga. Biomassa adalah netral karbon karena karbon dioksida yang dilepaskan saat pembakarannya diserap oleh tanaman selama fotosintesis. Dengan menggunakan biomassa, PT. Vale Indonesia dapat mengurangi ketergantungannya pada bahan bakar non-terbarukan dan berkontribusi pada pengembangan ekonomi sirkular.



Gambar 7. Peluang *Fuel Shifting* di PT Vale Indonesia

Gambar diatas menunjukkan peluang *fuel shifting* yang ada di PT. Vale Indonesia. Secara keseluruhan, keputusan PT. Vale Indonesia untuk beralih dari batu bara ke LNG dan biomassa merupakan langkah positif dalam mengurangi dampak lingkungannya dan mempromosikan praktik energi berkelanjutan.

2. Green Power Up

Untuk memenuhi kebutuhan energi yang telah disebutkan diatas, PT. Vale Indonesia telah juga memanfaatkan beberapa sumber energi terbarukan sebagai wujud praktik *Green Power UP* untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca dari kegiatan operasional pertambangannya. Beberapa sumber energi terbarukan yang telah diadopsi oleh PT. Vale Indonesia adalah:

- Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PT. Vale Indonesia telah membangun beberapa instalasi PLTS di lokasi pertambangannya di Sorowako, Sulawesi Selatan. PLTS di PT. Vale

Indonesia memiliki kapasitas 6,4 MW dan telah beroperasi sejak tahun 2019. Hal ini memungkinkan PLTS untuk menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi sebagian dari kebutuhan listrik di lokasi operasi PT. Vale Indonesia di Sorowako, Sulawesi Tenggara. PLTS di PT. Vale Indonesia menggunakan panel surya tipe monokristalin, yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis panel surya lainnya. Energi yang dihasilkan oleh PLTS di PT. Vale Indonesia disalurkan melalui jaringan listrik internal perusahaan dan diintegrasikan dengan jaringan listrik nasional. PLTS di PT. Vale Indonesia dilengkapi dengan sistem pengendalian dan pemantauan yang canggih, yang memungkinkan PT. Vale Indonesia untuk memantau kinerja PLTS secara real-time dan melakukan perbaikan atau perawatan ketika diperlukan. PLTS di PT. Vale Indonesia dirancang untuk menghasilkan energi yang lebih murah daripada sumber energi konvensional seperti bahan bakar fosil. Hal ini membantu PT Vale Indonesia menghemat biaya operasional dan memperkuat keberlanjutan keuangan perusahaan.

- Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PT. Vale Indonesia juga menggunakan PLTA di lokasi pertambangannya untuk memanfaatkan tenaga air yang tersedia untuk menghasilkan energi listrik. PT. Vale Indonesia memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Air sebagai sumber energi listrik utama. PT. Vale Indonesia memiliki tiga unit Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang disebut PLTA Balambanno, PLTA Larona dan PLTA Karebbe dengan total Kapasitas 365 MW. PLTA Balambanno memanfaatkan aliran sungai dari tiga danau yakni Matano, Mahalona, dan Towuti. PLTA Balambanno sendiri diketahui mampu menghasilkan daya listrik sebesar 110 megawatt. Sedangkan, PLTA Larona mampu berkontribusi sebesar 165 megawatt untuk kebutuhan listrik Vale Indonesia. Terakhir, PLTA Karebbe mampu memproduksi listrik sebesar 90 megawatt. Sebagai catatan, Vale Indonesia telah memanfaatkan dan mengoperasikan PLTA sejak tahun 1979 diawali dengan PLTA Larona. Kemudian, PLTA Balambanno mulai dapat digunakan sejak tahun 1999. Sementara, PLTA Karebbe telah beroperasi sejak tahun 2011. Vale Indonesia mengklaim penggunaan PLTA ini mampu mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebanyak 1 juta Ton Co₂-Eq per tahun dibandingkan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara.
- Penggunaan biodiesel. PT. Vale Indonesia telah memperkenalkan penggunaan biodiesel sebagai alternatif untuk bahan bakar diesel di kendaraan operasionalnya. Biodiesel terbuat dari bahan-bahan nabati yang dapat diperbaharui, sehingga lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. PT. Vale Indonesia menggunakan bahan bakar Biodiesel B30 untuk menjalankan operasional kendaraan alat berat dan ringan. Dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel, PT. Vale Indonesia mampu mengurangi emisi karbon sebesar 61.600 Ton Co₂-Eq per tahun.

Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti PLTS, PLTA dan biodiesel PT. Vale Indonesia berupaya untuk mengurangi dampak lingkungan dari operasi pertambangannya dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang berbahaya bagi lingkungan.

3. Equipment Electrification

Selain *fuel shifting* dan *green power up* PT. Vale Indonesia juga telah melaksanakan program *equipment electrification* atau elektrifikasi peralatan di lokasi pertambangannya di Sorowako, Sulawesi Selatan. Program ini bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh alat-alat berat yang digunakan dalam operasi pertambangan dan meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. Salah satu aspek dari program *equipment electrification* di PT. Vale Indonesia adalah penggantian alat berat konvensional yang menggunakan bahan bakar

fosil dengan alat berat listrik atau elektrik. Perusahaan telah mengganti sebagian besar alat beratnya dengan alat berat listrik, seperti truk tambang dan *excavator* yang dioperasikan dengan baterai *lithium-ion*. Selain itu, PT. Vale Indonesia juga memperkenalkan program pengoptimalan penggunaan energi pada alat-alat beratnya dengan cara menggunakan teknologi-teknologi canggih untuk mengontrol dan memantau konsumsi energi pada setiap alat berat. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengurangi penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi operasionalnya. Dalam upaya untuk terus meningkatkan program *equipment electrification*, PT. Vale Indonesia juga terus melakukan penelitian dan pengembangan terhadap teknologi listrik dan sistem pengisian daya baterai untuk alat beratnya. Sementara itu untuk mengurangi konsumsi energi fosil, PT. Vale Indonesia juga menggunakan elektrik boiler untuk memproduksi uap yang berfungsi menjaga aliran sulfur cair dan produksi lainnya. Dari penggunaan ini perseroan mampu mengurangi penggunaan energi fosil sebanyak 59.199 barel minyak dan mampu mengurangi emisi karbon sebanyak 28.331 Ton Co₂-Eq. Hal ini membuktikan bahwa perusahaan sedang berkomitmen untuk mengurangi dampak lingkungan dari operasi pertambangannya dan meningkatkan efisiensi operasionalnya melalui penggunaan teknologi-teknologi inovatif dan ramah lingkungan.

4. Ekologi Industri PT. Vale Indonesia

Ekologi industri merupakan konsep yang menjadikan industri sebagai ekosistem buatan manusia yang beroperasi dengan cara yang mirip dengan ekosistem alami, limbah atau produk antar satu proses digunakan sebagai masukan ke dalam proses lainnya untuk menghasilkan produk. Ekologi industri menggunakan prinsip ekosistem alami dan mengubah dari sistem linear ke siklus tertutup. Ekologi industri digunakan sebagai perangkat menuju pembangunan berkelanjutan (Purwanto, 2020). Konsep ekologi industri erat kaitannya dengan proses produksi bersih (*clean production*) dan saling melengkapi. Kedua konsep tersebut mencakup penghindaran polusi untuk melindungi lingkungan dan meningkatkan profitabilitas. Prinsip dalam ekologi industri ialah penggunaan *close loop* melalui penggunaan kembali, memaksimalkan penggunaan material dan energi, meminimalisir timbulnya limbah, menjadikan semua limbah sebagai produk potensial dan mencari pasar untuk produk tersebut (Amalia S.T, M.T, 2022). Tujuan dari ekologi Industri ini yaitu memajukan dan menerapkan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), menjaga daya dukung alam, menjaga kualitas hidup, menjaga kekuatan ekonomi sistem industri perdagangan dan sektor komersial. Untuk prinsip *sustainable development* adalah penggunaan sumber daya alam (SDA) berkelanjutan, Menjamin mutu hidup masyarakat, memelihara kelangsungan hidup ekologi sistem alami (*environmental equity*), (Amalia S.T, M.T, 2022). PT. Vale Indonesia juga telah melaksanakan beberapa program efisiensi untuk meningkatkan kinerja operasional dan mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan pertambangannya. Beberapa program tersebut meliputi:

- **Program Optimalisasi Konsumsi Energi.** PT. Vale Indonesia telah memperkenalkan sistem kontrol dan pemantauan energi yang canggih untuk memantau konsumsi energi pada setiap proses dan fasilitas di lokasi pertambangannya. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi area-area yang mengkonsumsi energi yang besar dan mengambil tindakan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi penggunaan energi berlebihan.
- **Program Pengurangan Penggunaan Air dan Pengelolaan Air Limbah.** PT. Vale Indonesia juga telah memperkenalkan program untuk mengurangi konsumsi air dan mengoptimalkan pengelolaan air limbah dari kegiatan pertambangannya. Hal ini mencakup pemantauan dan pengurangan konsumsi air pada setiap fasilitas dan sistem pengolahan air limbah yang efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan pertambangan. PT. Vale

Indonesia juga memiliki program untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangannya. Perusahaan memanfaatkan teknologi terbaru untuk mendaur ulang limbah dan mengurangi jumlah limbah yang dikirim ke tempat pembuangan akhir. PT. Vale Indonesia juga telah mengambil langkah-langkah untuk mengurangi konsumsi air dari kegiatan pertambangannya. Salah satunya adalah dengan memperkenalkan teknologi pengolahan air limbah yang efektif dan program pengoptimalan penggunaan air di setiap fasilitas di lokasi pertambangan.

- **Program Penggunaan Teknologi Digital.** PT. Vale Indonesia juga telah memperkenalkan program untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi dampak lingkungan dengan menggunakan teknologi digital. Ini mencakup penggunaan sistem pengawasan jarak jauh untuk mengontrol alat berat, penggunaan teknologi sensor untuk memantau kualitas udara, dan penggunaan aplikasi digital untuk mengelola limbah dan penggunaan energi.

Dengan menjalankan berbagai program efisiensi tersebut, PT. Vale Indonesia telah menunjukkan komitmen perusahaan untuk mengurangi dampak lingkungan dari operasi pertambangannya dan meningkatkan efisiensi operasionalnya. Program-program tersebut membantu perusahaan untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan memenuhi persyaratan regulasi terkait lingkungan.

Pendekatan Tambang dan Reklamasi

Selain melalui pendekatan teknologi, dalam memitigasi dampak perubahan iklim PT. Vale Indonesia juga melakukan pendekatan Tambang dan Reklamasi dengan cara *sustainable mining practice, reforestation outside concession area, progressive reclamation of post mined area, dan biodiversity program*. Hal tersebut termasuk dalam konsep ekologi industri.

1. Sustainable Mining Practice

PT. Vale Indonesia sebagai perusahaan pertambangan berkomitmen untuk menerapkan praktik pertambangan berkelanjutan guna meminimalkan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat setempat. Berikut ini beberapa praktik pertambangan berkelanjutan yang telah diterapkan oleh PT. Vale Indonesia:

- Sistem Manajemen Lingkungan (EMS). PT. Vale Indonesia memiliki EMS yang membantu perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko dan dampak lingkungan. Sistem ini juga membantu perusahaan mematuhi peraturan dan standar lingkungan.
- Manajemen air. Perusahaan telah menerapkan sistem manajemen air yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kualitas air. PT. Vale Indonesia juga bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk memantau dan mengelola sumber daya air.
- Konservasi keanekaragaman hayati. Perusahaan telah menerapkan berbagai program untuk melestarikan dan mengembalikan keanekaragaman hayati di daerah di mana ia beroperasi. Misalnya, PT. Vale Indonesia telah mendirikan pusat keanekaragaman hayati yang melakukan penelitian dan program pendidikan tentang keanekaragaman hayati setempat.
- Pengembangan masyarakat. PT. Vale Indonesia telah menerapkan berbagai program untuk mendukung pengembangan masyarakat setempat. Program-program ini termasuk inisiatif pendidikan, kesehatan, dan pengembangan ekonomi.
- Pengelolaan limbah. Perusahaan telah menerapkan sistem pengelolaan limbah yang bertujuan untuk mengurangi pembuangan limbah dan meningkatkan praktik pembuangan limbah. PT. Vale Indonesia juga bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk mengelola limbah dengan efektif.

Secara keseluruhan, PT. Vale Indonesia berkomitmen untuk menerapkan praktik pertambangan berkelanjutan guna meminimalkan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat setempat.

2. Reforestation Outside Concession Area

Selanjutnya, PT. Vale Indonesia berkomitmen untuk melakukan upaya penghijauan di luar wilayah konsesi sebagai bagian dari komitmennya terhadap praktik pertambangan berkelanjutan. Berikut ini beberapa upaya penghijauan yang telah dilakukan oleh PT. Vale Indonesia:

- Kolaborasi dengan masyarakat setempat. PT. Vale Indonesia bekerja sama dengan masyarakat setempat dalam mengidentifikasi area yang cocok untuk upaya penghijauan di luar wilayah konsesinya. Kolaborasi ini membantu memastikan bahwa upaya penghijauan sejalan dengan kebutuhan dan prioritas masyarakat setempat.
- Program penghijauan. PT. Vale Indonesia telah menerapkan program penghijauan yang bertujuan untuk mengembalikan lahan yang rusak dan meningkatkan tutupan hutan di area sekitar operasinya. Perusahaan menggunakan berbagai jenis pohon yang merupakan spesies asli daerah dan cocok untuk kondisi iklim dan tanah setempat.
- Edukasi dan kesadaran. PT. Vale Indonesia juga memberikan edukasi kepada masyarakat setempat tentang pentingnya upaya penghijauan dan manfaat dari memiliki ekosistem hutan yang sehat. Hal ini membantu membangun kesadaran dan dukungan untuk upaya penghijauan di kalangan masyarakat setempat.
- Monitoring dan evaluasi. PT. Vale Indonesia secara berkala melakukan monitoring dan evaluasi terhadap kemajuan upaya penghijauannya untuk memastikan bahwa tujuan yang diinginkan tercapai. Ini meliputi pengukuran tingkat kelangsungan hidup pohon yang ditanam dan penilaian dampak dari upaya penghijauan terhadap ekosistem setempat.

Secara keseluruhan, upaya penghijauan PT. Vale Indonesia di luar wilayah konsesi menunjukkan komitmen perusahaan terhadap praktik pertambangan berkelanjutan dan pengelolaan lingkungan. Upaya ini tidak hanya membantu mengembalikan ekosistem hutan tetapi juga memberikan sejumlah manfaat bagi masyarakat setempat, seperti meningkatkan kualitas udara dan air, meningkatkan keanekaragaman hayati, dan memberikan peluang ekonomi baru.

3. Progressive Reclamation of Post Mined Area

PT. Vale Indonesia memiliki komitmen untuk melakukan rehabilitasi lahan pasca tambang yang sudah ditambang. Berikut ini beberapa upaya yang telah dilakukan oleh PT. Vale Indonesia dalam hal progressive reclamation:

- Perencanaan rehabilitasi. PT. Vale Indonesia memiliki rencana rehabilitasi yang terintegrasi dengan perencanaan operasional pertambangannya. Rencana ini mencakup langkah-langkah konkret yang harus dilakukan dalam setiap tahap operasi pertambangan dan pasca tambang.
- Penanaman vegetasi. PT. Vale Indonesia telah menanamkan sekitar 2,3 juta pohon di area pasca tambang sebagai bagian dari program rehabilitasi. Pohon-pohon yang ditanam ini dipilih berdasarkan spesies yang cocok untuk kondisi setempat dan mampu menopang ekosistem hutan yang sehat.
- Rekayasa tanah. PT. Vale Indonesia melakukan rekayasa tanah untuk memperbaiki kondisi tanah di area pasca tambang. Rekayasa tanah meliputi pengerukan tanah dari daerah sekitar, pengurangan tekanan air tanah, dan penambahan material organik untuk meningkatkan kesuburan tanah.

- Pengelolaan air. PT. Vale Indonesia melakukan pengelolaan air untuk menghindari terjadinya erosi dan pencemaran air di area pasca tambang. Hal ini dilakukan dengan membangun sistem drainase yang baik dan memperkuat lereng untuk mencegah terjadinya longsor.
- Monitoring dan evaluasi. PT. Vale Indonesia secara berkala melakukan monitoring dan evaluasi terhadap rehabilitasi lahan pasca tambang untuk memastikan bahwa upaya rehabilitasi berjalan dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan.

Secara keseluruhan, PT. Vale Indonesia telah melakukan upaya yang signifikan dalam hal *progressive reclamation* untuk memulihkan area pasca tambang. Dengan rehabilitasi lahan yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan, PT. Vale Indonesia berkomitmen untuk meminimalkan dampak negatif pertambangan dan memperbaiki kondisi lingkungan.

4. *Biodiversity Program*

Program *biodiversity* adalah upaya untuk menjaga dan melindungi keanekaragaman hayati di bumi. Program ini melibatkan pelestarian ekosistem, perlindungan spesies yang terancam punah, serta promosi praktik pengembangan berkelanjutan yang dapat meminimalkan kerusakan lingkungan. Program *biodiversity* sangat penting karena beberapa alasan. Pertama, program ini membantu menjaga keseimbangan ekosistem dengan mempertahankan interaksi alami antara spesies. Kedua, program ini menyediakan layanan ekologi penting seperti penyerbukan, konservasi tanah, dan penyaringan air. Ketiga, program *biodiversity* memberikan kontribusi pada kesejahteraan budaya, sosial, dan ekonomi masyarakat yang bergantung pada sumber daya alam untuk kehidupan mereka. Dalam kasus PT. Vale Indonesia, program *biodiversity* mereka dapat melibatkan langkah-langkah seperti restorasi habitat, penghijauan kembali, konservasi satwa liar, dan praktik penggunaan lahan yang berkelanjutan. Inisiatif semacam itu dapat memiliki dampak positif pada lingkungan dan masyarakat sekitar operasi perusahaan. Secara keseluruhan, program *biodiversity* sangat penting untuk keberlanjutan jangka panjang planet kita, dan perusahaan seperti PT. Vale Indonesia memiliki peran penting dalam mempromosikan dan mendukung inisiatif semacam itu.

KESIMPULAN

Pemanfaatan energi bersih menjadi sangat penting dalam merealisasikan program NZE. Baterai, sebagai sumber energi pengganti dari bahan bakar fosil, menjadi sangat penting dalam mengurangi emisi GRK. Nikel, sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baterai, menjadi pusat perhatian karena keberadaannya memiliki sumbangsih dalam mendukung energi bersih namun dihasilkan dari pengolahan yang tidak berkelanjutan dan menimbulkan emisi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji strategi penurunan emisi dari industri nikel yang cukup besar di Indonesia yaitu PT. Vale Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT. Vale Indonesia telah berkomitmen untuk memitigasi pemanasan global dengan dua pendekatan yaitu pendekatan teknologi dan pendekatan tambang dan reklamasi. Pendekatan teknologi dilakukan dengan *fuel shifting*, *green power up*, *equipment electrification* dan *efficiency improvement*. *Fuel shifting* dilakukan dengan mengganti bahan bakar yang digunakan dalam pembangkit listrik dari batu bara menjadi gas alam. Hal ini dilakukan untuk mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. *Green power up* dilakukan dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti solar dan hidro. *Equipment electrification* dilakukan dengan mengganti mesin diesel dengan mesin elektrik. Hal ini dilakukan untuk mengurangi emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar diesel. *Efficiency*

improvement dilakukan dengan mengoptimalkan penggunaan energi dalam proses produksi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi GRK yang dihasilkan. Dalam konteks global, upaya penurunan emisi harus terus ditingkatkan agar program Net Zero Emission dapat tercapai pada tahun 2060. Oleh karena itu, Indonesia perlu terus memperkuat komitmennya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan beralih ke energi bersih, termasuk melalui pemanfaatan nikel sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baterai. PT Vale Indonesia sebagai produsen nikel terbesar di Indonesia harus berperan aktif dalam mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan penambangan nikel, serta memperkuat komitmennya dalam mendukung program Net Zero Emission dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, M. (2018). The Potential of Nickel Industry in Indonesia and Analysis of Large Scale Electric Vehicle Battery Production. *Journal of Energy and Power Engineering*, 12(3), 153-157.
- Amalia, S. T., M. T. (2021). Ekologi Industri. Retrieved from https://repository.dinus.ac.id/docs/ajar/PL_11_ECO-INDUSTRY.pdf
- Aprilianto, A. R., & Ariefianto, R. M. (2021). Peluang dan Tantangan menuju Net Zero Emission (NZE) Menggunakan Variable Renewable Energy (VRE) Pada Sistem Ketenagalistrikan Di Indonesia. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, 2(2), 1-13.
- Bahan Ajar Kuliah Kerja Dalam Negeri Fakultas Manajemen Pertahanan Universitas Pertahanan RI. Jakarta.
- Brennan, T. J. (2013). Energy efficiency policy puzzles. *Energy Journal*, 34(2), 1-25. <https://doi.org/10.5547/01956574.34.2.1> (Year of Publication). Title of book. Publisher.
- Dahlan, M. H. (2017). Pemanasan Global dan Dampaknya terhadap Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(3), 94-103.
- Dewi, H. K. (2022, January 24). Ini Upaya Vale Indonesia (INCO) untuk Kurangi Emisi Karbon. *Kontan.Co.Id*. <https://industri.kontan.co.id/news/ini-upaya-vale-indonesia-inco-untuk-kurangi-emisi-karbon>
- DJ, W. (2022, February 23). Vale Indonesia Mulai Operasikan Truk Listrik di Area Tambang. *Katadata.Co.Id*. <https://katadata.co.id/syahrizalsidik/berita/62ebe446aea85/vale-indonesia-mulai-operasikan-truk-listrik-di-area-tambang>
- Dr. Medrilzam, MPE. (2021). Pembangunan Rendah Karbon Indonesia & Net-Zero Emission Menuju Ekonomi Hijau [Seminar presentation].
- International Energy Agency (IEA). (2021). Net Zero by 2050. Roadmap for the Global Energy Sector. Revised version October. IEA. <https://www.iea.org/>
- International Energy Agency. (2021). Energy and Climate Change. Retrieved March 6, 2023, from <https://www.iea.org/topics/energy-and-climate-change>
- Judono, B. H., & Purwanto, P. (2017). Kajian Penerapan Teknologi Alternatif Dalam Pengolahan Laterit Nikel Di Indonesia. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 8(1), 33-41.
- Kementerian ESDM. (2021). Proyeksi dampak kebijakan NZE bagi industri batubara global.
- Maghfuri, A., Thamrin, S., & Kuntjoro, Y. D. (2022). Strategi penurunan emisi pembangkit listrik tenaga uap di Kabupaten Cilacap dalam mendukung nationally determined contribution. *Jurnal Ketahanan Energi*, 8, 66-80.
- Majalah Internal PT. Vale. (2021). Embracing our new purpose. <http://www.vale.com/indonesia/bh/sustainability/report-id/pages/default.aspx>
- Nationally Determined Contribution (NDC) Pertama Republik Indonesia. (n.d.). https://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/resources/ndc/terjemahan_NDC.pdf

- Nugraha, A. B., & Setyawan, E. (2019). Analisis Strategi CSR PT. Vale Indonesia Tbk. dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Sekitar Wilayah Operasinya. *Jurnal Ilmu Manajemen*, 7(4), 2254-2268.
- Nurbaiti. (2022). Pengelolaan nikel Indonesia terhadap pertahanan negara dan ketahanan energi.
- Nurhidayati, D., Hadiyanto, H., & Azizah, N. (2021). The Analysis of Indonesia's Nationally Determined Contribution on Climate Change. *Journal of Physics: Conference Series*, 1755(1), 012041.
- Pratiwi, N., & Hendrawati, H. (2020). Evaluasi Implementasi Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim Pasca Perjanjian Paris. *Warta Kebijakan Kehutanan, Lingkungan, dan Perubahan Iklim*, 3(1), 65-76.
- PT Vale. (2022a). Kegiatan operasional. <https://www.vale.com/indonesia/id/aboutvale/kegiatan-operasional>
- PT Vale. (2022b). Lingkungan dan keberlanjutan. <https://www.vale.com/indonesia/id/aboutvale/keberlanjutan>
- PT. Vale Indonesia Tbk. (2020). Reinforcing and inspiring. Vale.
- PT. Vale. (2022). Sejarah Vale di Indonesia. <https://www.vale.com/in/indonesia/sejarah-vale-di-indonesia>
- PTVI. (2023). Presentation to UNHAN [PowerPoint slides]. Retrieved from [insert URL]
- Chaniago, A. (2023).
- Purwanto, P. (2020). Industria ecology [Lecture notes]. Green Technology Research Center, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro. https://www.researchgate.net/publication/344013283_EKOLOGI_INDUSTRI_Industrial_Ecology
- Respati, A. R. (2022, December 21). Menilik PLTA Balambano, pemasok listrik aktivitas tambang nikel Vale Indonesia. *Kompas.com*. <https://money.kompas.com/read/2022/12/21/081000926/menilik-plta-balambano-pemasok-listrik-aktivitas-tambang-nikel-vale-indonesia?page=all>
- United Nations Environment Programme. (2022). Energy. <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/energy>
- United States Energy Information Administration. (2022). International Energy Outlook 2022. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
- Vale Indonesia. (2021). 2021 PT. Vale Indonesia Annual Report.