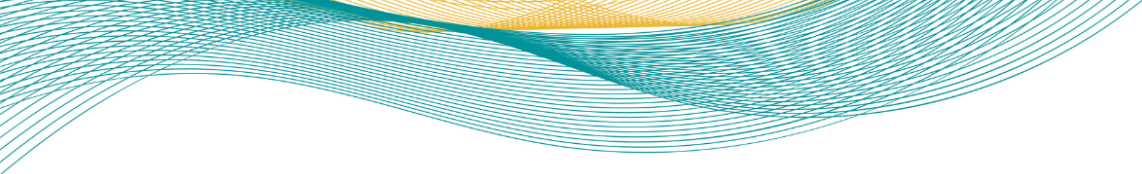


INOVASI LESTARI

PT Vale Indonesia Tbk

Umar Kasmon, dkk





INOVASI LESTARI

PT VALE INDONESIA Tbk

Umar Kasmon, dkk

Diterbitkan oleh:



Ganeca
Environmental Services
PT Ganeca Environmental Services



INOVASI LESTARI

PT VALE INDONESIA Tbk

PENULIS

Umar Kasmon
Andi Afiyuddin
Dian Try Saputri
Azhar
Fauziah Nur Aisyah
Gresa F. Alberto
Bima Sakti Satria
Bella Regita

Baharuddin
Haniena Divi
Rusli Judda
Munir Masse
Syamsu Alam
Irfa Darajat
Rajab Sanusi
Soultan Simamora

Laudza Adi Nugraha
Tuah Kudratzat
Arie Dewanto
Wahyu Setiadjati
Fahmi Izdiharrudin
Baso Murdin
Muhammad Ihsan

PENYUNTING

Rizki Pratiwi
Muhammad Sonny Abfertawan
Heksantia Rahmadinda Yasya
Siska Nuraprianisandi

ISBN 978-623-91772-3-2
62 halaman
Ukuran buku B5 (17,6 x 25 cm)
Diterbitkan pada tahun 2024



Copyright © 2024 by PT Ganeca Environmental Services

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. For permission requests, write to the publisher, at the address below.

Diterbitkan oleh:



PT Ganeca Environmental Services
Jl. Lodaya No. 42s, Kec. Lengkong
Kota Bandung, Jawa Barat 40264, Indonesia.

Kerjasama dengan:



PT Vale Indonesia Tbk
Plant Site Sorowako, Kecamatan Nuha,
Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan

KATA PENGANTAR

Buku Inovasi Lestari PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) ini merupakan dokumentasi dari bentuk komitmen Perusahaan untuk selalu berinovasi dalam upaya pengelolaan lingkungan pada setiap tahapan kegiatan. Penerbit memahami bahwa segala kegiatan utama maupun penunjang penambangan di PT Vale tidak dapat dihindarkan dari potensi dampak lingkungan. Mengacu pada prinsip dasar Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainability Development*), peran pengelolaan lingkungan yang komprehensif menjadi hal yang sangat berperan penting untuk Perusahaan implementasikan.

Inovasi dalam upaya pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan oleh PT Vale mendasar pada 5 (lima) aspek lingkungan di antaranya *Reduce, Reuse, Recycle* Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun atau 3R Limbah B3, 3R Limbah non B3, Pengendalian Pencemaran Air, Emisi, dan Energi. Kolaborasi antar *Department* di PT Vale menjadikan buku ini terintegrasi mulai dari proses kegiatan usaha, timbulan risiko dampak, penanggulangan dampak, hingga *forecast* respon lingkungan terhadap upaya pengendalian yang dilakukan.

Penerbit berharap dengan diterbitkannya buku kompilasi inovasi lingkungan PT Vale ini dapat menginspirasi kegiatan dan/atau usaha sejenis untuk mereplikasi dan menerapkan pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan, sebagaimana yang telah dilakukan PT Vale. Maksud hal tersebut tak lain ialah untuk menunjang implementasi *sustainable mining*.

Hormat kami,

Penerbit

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	v
MENGAPA INOVASI LINGKUNGAN DIPERLUKAN?	1
MENGENAL PROSES BISNIS PT VALE INDONESIA Tbk	2
INOVASI LESTARI	6
Program 3R Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) PROPAM BOS BOB	6
Program Optimalisasi Penggantian <i>Oil Engine</i> Menggunakan <i>Centrifugal Filter</i> OPO-CENTER.....	16
Program 3R Limbah <i>Non</i> Bahan Berbahaya dan Beracun (Non B3) <i>Track Shoe Regrouser</i>	26
Program Sensor Level Pengendali <i>Overflow</i> Lintas <i>Section</i> di <i>Matte Pond</i> SEL POLISI di MP	33
Program Penggunaan <i>Biomass</i> Sebagai Pereduksi di <i>Reduction Kiln</i> PROBIOTIK	43
Program Jalur Alternatif <i>Auxiliary Grid</i> ROJALI	51
PENUTUP	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Batas Kontrak Karya PT Vale Indonesia Tbk.....	2
Gambar 2. Proses Bisnis dan Rantai Pasok PT Vale Indonesia Tbk.....	3
Gambar 3. Jenis Alat Tambang PT Vale Indonesia Tbk.....	3
Gambar 4. Alur Program PROPAM BOS BOB.....	7
Gambar 5. Rekomendasi Utama Kajian <i>Life Cycle Assessment</i> Tahun 2022	9
Gambar 6. <i>Life Cycle Assessment</i> (Implementasi PROPAM BOS BOB)	9
Gambar 7. <i>Circular Business Model</i> (Implementasi Program PROPAM BOS BOB).....	10
Gambar 8. Keterkaitan Program Inovasi PROPAM BOS BOB dengan Ekonomi Sirkular	11
Gambar 9. Pemanfaatan Kembali <i>Jumbo Bag</i> pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale.....	14
Gambar 10. Kegiatan Penggunaan <i>Jumbo Bag</i> Sebelum Program.....	15
Gambar 11. Kegiatan Penggunaan <i>Jumbo Bag</i> Sesudah Program	15
Gambar 12. Diagram alir program inovasi OPO-CENTER	17
Gambar 13. Keterkaitan Program Inovasi OPO-CENTER dengan Ekonomi Sirkular	18
Gambar 14. Alur Proses Program <i>Regrouser</i>	27
Gambar 15. <i>Life Cycle Assessment</i> (Implementasi <i>Track Shoe Regrouser</i>)	28
Gambar 16. <i>Circular Business Model</i> (Implementasi Program <i>Track Shoe Regrouser</i>)	28
Gambar 17. Strategi Ekonomi Sirkular.....	30
Gambar 18. Kondisi <i>Track Shoe</i> sebelum implementasi	32
Gambar 19. Kondisi <i>Track Shoe</i> saat fabrikasi <i>regrouser</i>	32
Gambar 20. Kondisi <i>Track Shoe</i> saat setelah terpasang.....	32
Gambar 21. Kondisi <i>Track Shoe</i> setelah 1,5 bulan Implementasi	32
Gambar 22. Alur Implementasi Program.....	34
Gambar 23. <i>Life Cycle Assessment</i> (Implementasi SEL POLISI di MP)	36
Gambar 24. <i>Circular Business Model</i> (Implementasi Program SEL POLISI di MP).....	36
Gambar 25. Implementasi Strategis Ekonomi Sirkular pada Program SEL POLISI di MP	37
Gambar 26. Sistem Resirkulasi Air pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale	41
Gambar 27. Alur Implementasi Program.....	44

Gambar 28. <i>Life Cycle Assessment</i> (Implementasi PROBIOTIK)	45
Gambar 29. <i>Circular Business Model</i> (Implementasi Program PROBIOTIK)	46
Gambar 30. Implementasi strategis praktis ekonomi sirkular pada program PROBIOTIK	46
Gambar 31. Sistem Penggunaan Reduktan Batubara pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale.....	50
Gambar 32. Alur Implementasi Program ROJALI.....	52
Gambar 33. <i>Life Cycle Assessment</i> (Implementasi ROJALI)	53
Gambar 34. <i>Circular Business Model</i> (Implementasi Program ROJALI).....	53
Gambar 35. Implementasi Strategis Praktis Ekonomi Sirkular pada Program ROJALI	54
Gambar 36. Sistem Jalur Alternatif <i>Auxiliary Grid</i> pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale	59
Gambar 37. Kondisi Lapangan Jalur Alternatif <i>Auxiliary Grid</i>	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Inventori Limbah B3	8
Tabel 2. Jumlah Unit dan Kapasitas Oli Mesin	20
Tabel 3. Timbulan Oli Bekas dari Program OPO-Center tahun 2023 (ton)	21
Tabel 4. Konsumsi dan penghematan air setelah program diaplikasikan	38
Tabel 5. Kondisi lapangan sensor pengendali <i>overflow</i>	42
Tabel 6. Perhitungan Hasil Absolut Program ROJALI	56

MENGAPA INOVASI LINGKUNGAN DIPERLUKAN?

Aktivitas pertambangan bijih nikel di Indonesia memberikan dampak positif yang luas di berbagai sektor pembangunan nasional yang berkelanjutan. Namun sejalan dengan itu, kegiatan pertambangan nikel juga berpotensi memberikan dampak kurang baik terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan pengelolaan lingkungan yang komprehensif serta mampu terintegrasi dengan rencana penambangan. Aktivitas penambangan bijih nikel yang didukung dengan banyak kegiatan utama dan penunjang sangat berpotensi menimbulkan limbah dengan jumlah yang tidak sedikit, termasuk **Limbah B3, Limbah non B3, air, emisi, dan pemakaian energi**. Kondisi ini menyebabkan tantangan terhadap pengelolaan lingkungan yang beragam untuk setiap perusahaan, bergantung pada kegiatan dan potensi dampak yang ditimbulkan. Oleh karena itu, perencanaan pengelolaan lingkungan ini harus dilakukan secara komprehensif dengan memperhatikan berbagai aspek yang bertujuan untuk konservasi sumber daya alam, baik air, tanah, maupun udara.

Berdasar pada komitmen dan amanah dari Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan kebijakan-kebijakan turunannya, PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) menyusun beberapa program inovasi lestari yang bermaksud untuk mendukung pengelolaan lingkungan yang kompatibel dengan proses kegiatan usaha PT Vale. Inovasi-inovasi tersebut diantaranya:

- Program Pemanfaatan Kembali *Jumbo Bag* Bekas Sebagai Wadah Debut Alat Pengendalian Pencemaran Udara (**PROPAM BOS BOB**)
- Program Optimalisasi Penggantian *Oil Engine* Menggunakan *Centrifugal Filter* (**OPO-CENTER**)
- Program *Track Shoe Regrouser* dalam Menurunkan Limbah *Scrap Metal* untuk Mewujudkan Pertambangan Berkelanjutan (**TRACK SHOE REGROUSER**)
- Program Penggunaan Sensor Level Air Pengendali *Overflow* di Pabrik Pengolahan Nikel untuk Mewujudkan Pertambangan Berkelanjutan (**SEL POLISI di MP**)
- Program Penggunaan *Biomass* Sebagai Pereduksi di *Reduction Kiln* (**PROBIOTIK**)
- Program Jalur Alternatif *Auxiliary Grid* untuk Mewujudkan Pertambangan Berkelanjutan (**ROJALI**)

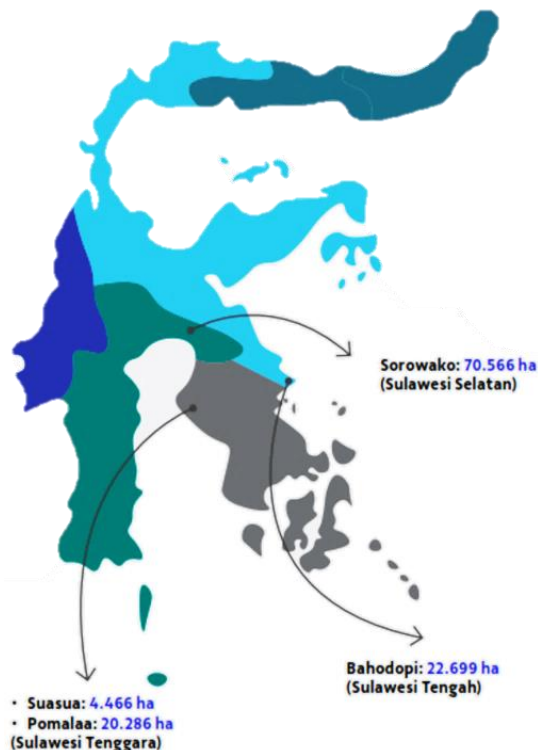
Selain untuk mendukung *sustainable mining*, pemilihan program inovasi tersebut disadari PT Vale sebagai upaya yang sangat memungkinkan dan dapat berdampak secara tidak langsung terhadap risiko dan kualitas lingkungan. Dimulai dari timbulan LB3 maupun LB3 yang berjumlah besar akibat dari kegiatan *maintenance* penambangan, timbulan air limbah dengan jumlah yang tidak sedikit dan potensi penggunaan *recycle water* atau resirkulasi, risiko bahaya emisi yang mengandung polutan bagi lingkungan (dalam hal ini Gas Rumah Kaca), serta penggunaan energi dengan kapasitas tinggi untuk pengolahan bijih nikel.

MENGENAL PROSES BISNIS

PT VALE INDONESIA Tbk

Informasi Umum PT Vale Indonesia Tbk

PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) merupakan Perusahaan yang bergerak di bidang penambangan dan pengolahan mineral, khususnya nikel. Kegiatan penambangan dan pengolahan bijih nikel PT Vale utamanya berlokasi di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Selatan. Adapun lokasi fasilitas pendukung seperti Pelabuhan berada di Desa Balantang dan Desa Mangkasa, Kecamatan Malili. Selain itu, sebagaimana tercantum dalam Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), kegiatan penambangan PT Vale tidak hanya beroperasi di Provinsi Sulawesi Selatan saja, tetapi juga Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Sesuai dengan perjanjian Kontrak Karya yang dimiliki PT Vale sejak tahun 1968, PT Vale diberikan akses untuk berkegiatan pengambilan bahan galian nikel dan mineral pengikutnya. Selanjutnya, pada tahun 2014 PT Vale mendapatkan persetujuan perubahan (amandemen) Kontrak Karya sebagai hasil renegosiasi Kontrak Karya. Adapun luas blok penambangan sebesar 118.435 ha. Informasi sederhana terkait sebaran lokasi kegiatan PT Vale dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Batas Kontrak Karya PT Vale Indonesia Tbk

Penambangan Bijih Nikel

Secara garis besar, kegiatan yang berlangsung di PT Vale mencakup eksplorasi, penambangan, pengolahan bijih nikel, serta sarana-prasarana lainnya. Terkait proses bisnis (kegiatan utama penambangan) sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 2**, inovasi lingkungan PT Vale diterapkan untuk beberapa aspek kegiatan yang dicakup dalam rangkaian kegiatan tersebut.



Gambar 2. Proses Bisnis dan Rantai Pasok PT Vale Indonesia Tbk

Pada diagram di atas, kegiatan penambangan bijih nikel, penyaringan bijih, hingga sebelum diinput ke *dryer Kiln* membutuhkan mobilisasi dengan ritase yang banyak. Alat utama yang digunakan terdiri dari alat gusur (*dozer* dan *backhoe*), alat muat (*shovel*), dan alat angkut (*truck*). Alat tambang ini digunakan selama operasional penambangan, baik di Blok Sorowako Barat, Blok Sorowako Timur, dan Blok Petea (**Gambar 3**). Tantangan yang dihadapi PT Vale pada tahap operasional penambangan ialah peremajaan komponen dari alat berat itu sendiri. Operasional yang baik dan mencapai target tidak dapat dipisahkan dari perawatan dan kinerja alat yang baik pula.



Gambar 3. Jenis Alat Tambang PT Vale Indonesia Tbk

Penggunaan Air pada Pengolahan Bijih Nikel

Setelah proses penambangan dan mobilisasi, kegiatan pengolahan bijih nikel mulai dari *dryer Kiln* hingga *converter* menerapkan proses *pyrometallurgy* dengan injeksi elemen sulfur. *Pyrometallurgy* sendiri merupakan proses ekstraksi logam menggunakan energi panas dengan suhu yang tinggi. Ekstraksi *pyrometallurgy* melibatkan beberapa proses seperti: pemanggangan, reduksi karbotermik, reduksi bijih sulfida dan reduksi metalotermik. Proses ini menggunakan unit *Plant* yang terdiri dari *Dryer Kiln*, *Reduction Kiln*, *Electric Furnace* dan *Converter*. Tingginya suhu pada unit tersebut mengharuskan adanya penjagaan kondisi atau pendinginan dengan cara mengalirkan air di dinding unit agar tidak terjadi rekahan. Sebagian air limbah yang ditimbulkan dari area *Process Plant* ini diresirkulasi oleh PT Vale untuk menekan penggunaan air bersih (*Process water* atau *make up water*). Walau demikian, upaya resirkulasi di area pengolahan bijih nikel belum sepenuhnya optimal karena belum terkontrol dan masih diperlukan *improvement*.

Sumber Daya Listrik

Selain penggunaan air, mengingat kegiatan PT Vale yang sebagian besar terdiri dari proses termal juga secara tidak langsung membutuhkan proses penunjang lainnya, seperti suplai energi dengan kapasitas yang tinggi, sejalan dengan produksi yang ditargetkan PT Vale. Sumber energi utama yang digunakan PT Vale ialah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berada di tiga (3) lokasi: PLTA Larona, PLTA Balambano, dan PLTA Karebbe.

Stasiun Pembangkit Larona adalah stasiun pembangkit listrik generasi pertama yang berkapasitas 3 x 55 MW dan beroperasi secara terus menerus. Pembangkit Listrik Larona digerakkan oleh aliran air dari Danau Towuti yang mengalir ke Sungai Larona dan kemudian dibendung oleh Bendungan Batubesi. Aliran air dari reservoir Bendung Batubesi selanjutnya dialirkan melalui kanal ke Generator Larona. Pada bagian hilir PLTA Larona, terdapat bendungan dan PLTA Balambano yang berkapasitas 2 x 55 MW dan beroperasi terus menerus. Pada bagian hilir PLTA Balambano selanjut telah dibangun PLTA ketiga yaitu PLTA Karebbe yang mulai beroperasi pada tahun 2012. Kapasitas PLTA Karebbe adalah 2 x 45 MW. Listrik dari ketiga PLTA tersebut sebagian besar disuplai ke pabrik pengolahan bijih nikel, fasilitas pendukung dan perumahan di Sorowako. Sebagian daya listrik tersebut juga disalurkan ke masyarakat di sekitar wilayah KK PT Vale.

Selain PLTA, sumber energi yang digunakan oleh PT Vale juga terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Pembangkit listrik ini terdiri dari turbin uap berkapasitas 28 MW, *generator* diesel berkapasitas 40 MW, dan pembangkit listrik diesel dengan kapasitas desain 25 MW. Suplai listrik dari PLTD ini digunakan sebagai daya cadangan apabila kinerja PLTA tidak maksimal, *maintenance* jalur, maupun saat kondisi darurat.

Pengendalian Pencemaran Udara

Proses *pyrometallurgy* pada pengolahan bijih nikel PT Vale yang memanfaatkan energi panas ini memerlukan serangkaian unit pengendalian pencemaran lingkungan, salah satu yang paling berperan ialah Alat Pengendalian Pencemaran Udara (APPU). Pembakaran suhu tinggi tentu menimbulkan debu yang tidak diperbolehkan rilis ke lingkungan tanpa adanya penanganan. Dalam praktiknya, PT Vale menggunakan *Electrostatic Precipitator* (ESP) dan *Multicyclone* (MC) untuk menangkap debu sebelum rilis udara ambien. Setelah debu diikat oleh APPU, selanjutnya debu tersebut dikumpulkan dalam wadah berupa *jumbo bag* dan disimpan sementara di Tempat Penyimpanan Limbah B3 (TPS LB3). Wadah tersebut merupakan material *consumable* yang pada awalnya digunakan untuk *single-use* (satu kali pakai).

INOVASI LESTARI

Program 3R Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3)

PROPAM BOS BOB

Tim Inovator: Umar Kasmon, Fauziah Nur Aisyah, Bima Sakti Satria, Bella Regita

E-mail: Umar@vale.com

Pengelolaan limbah merupakan tantangan penting dalam upaya menjaga lingkungan dan keberlanjutan lingkungan. Salah satu solusi yang banyak diterapkan adalah penggunaan *jumbo bag* atau tas berukuran besar dalam pengumpulan dan pengangkutan limbah. **PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale)** sebagai perusahaan pertambangan nikel yang memiliki prinsip *sustainable mining* melakukan sebuah inovasi program Pemanfaatan Kembali *Jumbo Bag* Bekas Sebagai Wadah Debu Alat Pengendalian Pencemar Udara (PROPAM BOS BOB) guna menurunkan kuantitas kemasan bekas limbah B3 dari proses produksi nikel.

Motivasi Awal

Jumbo bag merupakan salah satu material *consumable* yang digunakan di beberapa titik di area *packaging* untuk menampung material *product oversize* & debu dari alat pengendalian pencemar udara (ESP dan *cyclone*). Berdasarkan data 4 tahun terakhir menunjukkan bahwa konsumsi *jumbo bag* setiap tahun mencapai lebih dari 4,48 ton/tahun. *Jumbo bag* termasuk ke dalam kemasan bekas B3 yang mana sebelumnya *jumbo bag* hanya digunakan untuk pemakaian satu kali pakai yang akan menambah timbulan limbah B3 PT Vale.

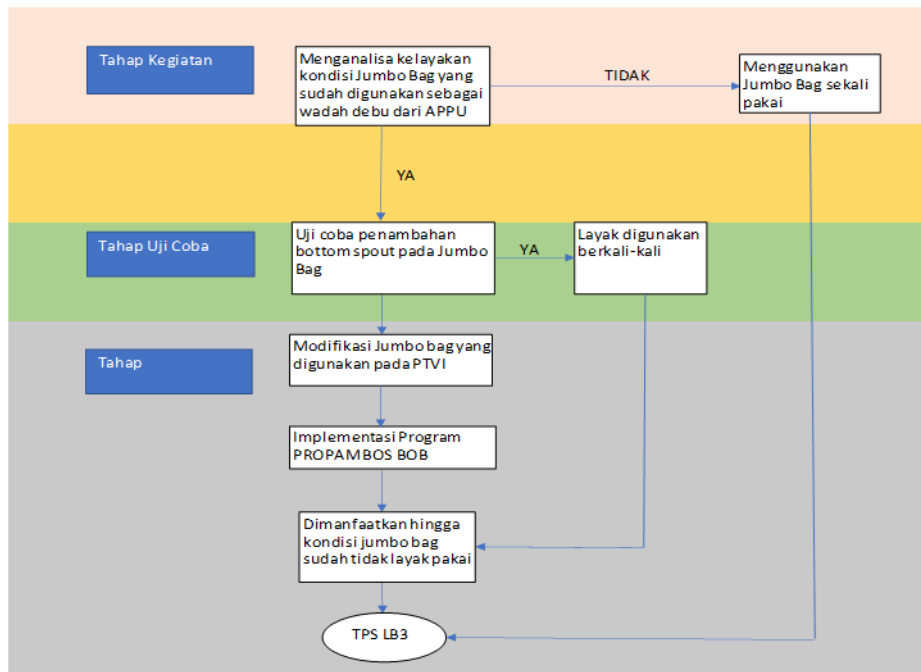
Deskripsi Program Inovasi

Inovasi ini pertama kali dicetuskan oleh tim internal PT Vale untuk mengurangi timbulan limbah kemasan bekas B3 serta mengurangi konsumsi atau pembelian *jumbo bag* baru. Selain itu, PT Vale ingin meningkatkan optimalisasi pemanfaatan limbah B3. Dalam inovasi ini terdapat perubahan desain *jumbo bag* sehingga bisa digunakan berkali-kali untuk mengurangi konsumsi *jumbo bag* dengan penambahan *bottom spout* yang bisa dibuka tanpa merusak *bottom bag* saat akan dicampurkan ke dalam *hopper*.

Inovasi ini **pertama kali diimplementasikan** di Indonesia oleh PT Vale pada sektor Tambang Mineral menurut *best practice* tahun 2017-2022 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan belum pernah diimplementasikan oleh perusahaan lain. Inisiatif ini didasarkan pada **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 6 tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah B3 pasal 121 poin b.1** yang menyatakan bahwa kemasan bekas Limbah B3, untuk mengemas Limbah B3 dengan

karakteristik yang sama dikecualikan dari kewajiban untuk memiliki Persetujuan Teknis.

Inovasi ini pertama kali dilakukan di area *Converter Process Plant* PT Vale. Metode inovasi ini menggunakan metode kuantitatif bersifat deskriptif. Alur program inovasi **PROPAM BOS BOB** dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Alur Program PROPAM BOS BOB

Perhitungan intensitas penggantian oli, absolut pengurangan timbulan oli bekas dan penghematan biaya:

Timbulan Limbah B3 (ton)

$$\text{Timbulan Kemasan Bekas (ton)} = [\text{Berat kemasan B3}] \times [\text{Jumlah Penggunaan Kemasan B3}]$$

Absolut Pengurangan (ton)

$$\begin{aligned} \text{Absolut pengurangan (ton)} = \\ \text{Timbulan Kemasan Bekas Tanpa Program Tahun ke N-1 (Ton)} - \text{Timbulan Kemasan Bekas Setelah Program Tahun ke N (Ton)} \end{aligned}$$

Penghematan Program PROPAM BOS BOB (Rp)

$$\text{Pengurangan (ton)} = [\text{Absolut Pengurangan (ton)}] \times \text{Biaya pengelolaan kemasan bekas} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{ton}} \right)$$

Program 3R Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) (PROPAM BOS BOB) merupakan program hasil rekomendasi dari kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) PT Vale, dimana program ini menurunkan dampak lingkungan terbesar, yaitu program untuk mengurangi penggunaan *jumbo bag* baru dari proses PT Vale Indonesia Tbk, sehingga program ini mampu menurunkan timbulan limbah B3. Program ini juga diimplementasikan di area dengan **hotspot** limbah B3 terbesar, yaitu di *Process Plant* (unit *converter*).

Pelaksanaan PROPAM BOS BOB, berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat penggunaan limbah B3 kembali yang biasanya dibuang ke *landfill* menjadi berguna sebagai kemasan. Program **PROPAM BOS BOB** juga termasuk kedalam peluang perbaikan LCA untuk *raw material* dengan detail pemanfaatan *waste as input* dan *energy instead of material*.

Tabel 1. Inventori Limbah B3

Jenis Limbah B3 Dominan	Kode Limbah B3	Tahun			Satuan
		2021	2022	2023*	
Slag Nikel	B403/N102	4.073.056	3.932.628	2.230.770	ton
Minyak pelumas bekas (Oli Bekas) dan Grease	B105d	1108,67	1.078,25	565,39	ton
Kain majun bekas (<i>used rags</i>) dan yang sejenis	B110d	284,28	185,34	99,63	ton
Refraktori bekas yang dihasilkan dari fasilitas termal	B417	9,65	330,96	380,076	ton
Limbah terkontaminasi B3 (Filter oli bekas)	A108d	71,759	48,246	24,88	ton
Limbah terkontaminasi B3 (Tanah Terkontaminasi Minyak)	A108d	33,322	37,91	22,78	ton
Aki/Baterai Bekas	A102d	69,132	44,87	41,58	ton
Limbah klinis memiliki karakteristik infeksius	A337-1	34,865	30,21	16,58	ton
Filter bekas dari fasilitas pengendalian pencemaran udara	B109d	32,169	19,22	11,89	ton
Kemasan Bekas B3	B104d	17,9	17,75	11,97	ton
Limbah Elektronik	B107d	13,17	10,80	4,26	ton
Bahan Kimia Kadalua	A338-1	17,875	5,57	9,36	ton
Material Terkontaminasi Bahan Kimia	A338-2	7,29	4,95	3,34	ton
Slag atau <i>bottom ash</i> insinerator	A347-2	5,348	4,15	1,67	ton
Debu dan fiber asbes	A103d	4,002	3,73	0,55	ton
Peralatan Laboratorium Terkontaminasi B3	A337-4	0,856	0,41	0,54	ton
Sludge dari fasilitas penyimpanan	A331-2	27,258	3,14	0,15	ton

*Januari s.d. Juni 2023

Sumber : Data Internal PT Vale

Berdasarkan inventori limbah B3 pada **Tabel 1**, program ini berkontribusi dalam penurunan timbulan limbah kemasan bekas B3 sebesar 0,2 ton.

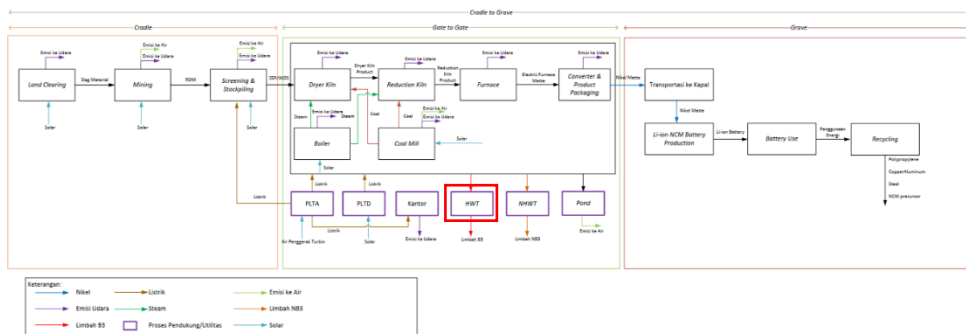
Berdasarkan rekomendasi utama kajian *life cycle assessment* tahun 2022 yang dikaji oleh pihak ketiga (PT Properindo Enviro Tech). PT Vale melakukan program **PROPAM BOS BOB** untuk mengurangi potensi dampak GWP dan photochemical oxidation dan pengolahan serta pengangkutan limbah B3.

Rekomendasi Utama

Rekomendasi harus didasarkan pada kesimpulan akhir kajian dan merefleksikan konsekuensi yang logis dan beralasan dari kesimpulan. Secara umum terdapat beberapa rekomendasi program yang dapat dilakukan sebagai upaya dalam mengurangi berbagai aspek potensi dampak tersebut antara lain:

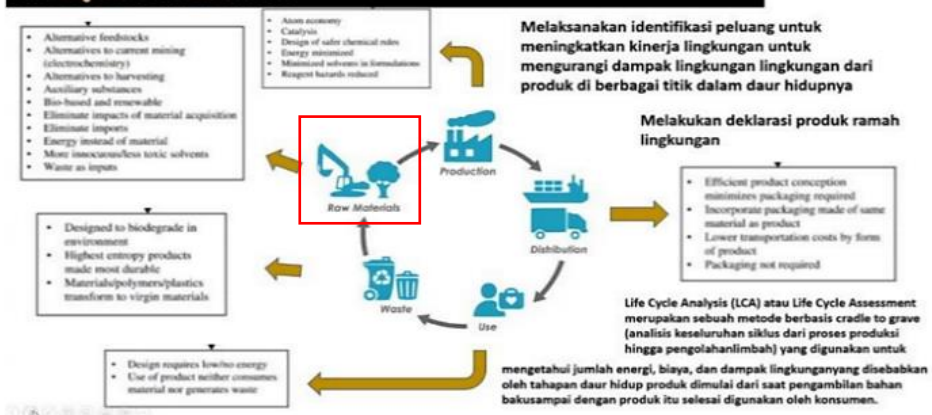
1. Melakukan kegiatan **efisiensi energi** untuk mengurangi potensi dampak GWP, *photochemical oxidation*, dan *cumulative energy demand* yang disebabkan dari penggunaan energi baik energi bahan bakar maupun listrik.
2. Melakukan kegiatan yang mendukung **penurunan pencemar udara** sehingga mengurangi potensi dampak GWP, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, *photochemical oxidation*, penurunan biotik, karsinogenik, dan *toxicity* yang disebabkan dari berbagai parameter emisi yang dirilis ke udara.
3. Melakukan kegiatan **pengurangan dan/atau pemanfaatan limbah B3** sehingga dapat mengurangi potensi dampak GWP dan *photochemical oxidation* dari pengolahan dan pengangkutan limbah B3 yang dihasilkan.
4. Melakukan kegiatan **3R limbah padat non B3** sehingga dapat mengurangi potensi dampak GWP, *photochemical oxidation*, dan *land use change* dari pengolahan dan pengangkutan limbah padat non B3 yang dihasilkan.
5. Melakukan kegiatan **efisiensi air** sehingga dapat mengurangi potensi dampak *water footprint* dari penggunaan air yang diambil dari alam.
6. Melakukan pengolahan untuk **menurunkan beban pencemar air** sehingga dapat mengurangi potensi dampak penurunan biotik, karsinogenik, dan *toxicity* yang disebabkan dari berbagai parameter beban pencemar air yang dirilis ke air dan tanah.

Gambar 5. Rekomendasi Utama Kajian *Life Cycle Assessment* Tahun 2022



Gambar 6. *Life Cycle Assessment* (Implementasi PROPAM BOS BOB)

PELUANG PERBAIKAN LINGKUNGAN AKIBAT PENERAPAN Life Cycle Assessment



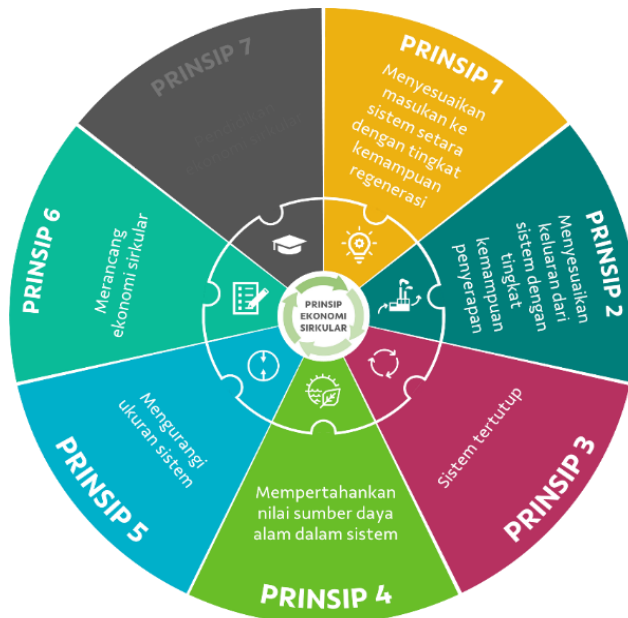
Gambar 7. Circular Business Model (Implementasi Program PROPAM BOS BOB)

Pada tahun 2023, sering kali ditemukan hasil uji oli *engine* pada alat berat yang memiliki nilai *soot* diatas **60 ufm** dan nilai TBN dibawah **10 mgKOH/g**. Kondisi oli yang sudah tidak memungkinkan untuk digunakan dan memerlukan penggantian oli. Hal ini meningkatkan intensitas penggantian *oil engine* pada alat berat. Ukuran molekul oli mineral sangat berbeda-beda sehingga menjadikan oli ini banyak mengandung kotoran. Alhasil, meningkatnya kegiatan penggantian *oil engine* selaras dengan peningkatan **cost production dan timbulan limbah**. Adapun limbah yang ditimbulkan berupa filter bekas, kain majun/*absorbent*, dan oli bekas.

Ide atau inovasi ini muncul dari analisa tim MEM PT Vale, dimana proses filter oli yang baik akan menyaring segala hal yang terbawa oleh pelumas saat bersirkulasi di mesin. Berdasarkan hasil analisa dan me-review umur oli *engine* pada *dozer* D8R, menyimpulkan bahwa umur oli *engine* bisa diperpanjang jika jumlah jelaga berkurang. Selain itu, jumlah produksi bijih nikel yang dihasilkan lebih banyak, alhasil nantinya dapat mengurangi kegiatan *maintenance* yang selaras dengan pengurangan kuantitas oli bekas dan majun bekas. Inovasi ini pertama kali diimplementasikan di Indonesia pada sektor Tambang Mineral menurut *best practice* 2017-2023 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan belum pernah diimplementasikan pada sektor Tambang Mineral.

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular

Program **PROPAM BOS BOB** memiliki keterkaitan dengan model ekonomi sirkular yang berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat penggunaan limbah B3 kembali yang biasanya dibuang ke *landfill* menjadi berguna sebagai kemasan. Program ini masuk ke dalam prinsip-prinsip sirkular ekonomi (Suarez-Eiroa B., dkk., 2018), seperti:



■ Tidak relevan

Gambar 8. Keterkaitan Program Inovasi PROPAM BOS BOB dengan Ekonomi Sirkular

Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Program ini dapat menghemat energi dan material yaitu dengan meningkatkan produktivitas sumber daya. Program ini juga meningkatkan umur hidup *jumbo bag* yang dulunya sekali pakai menjadi berulang kali pakai sehingga dapat menekan limbah B3 yang dihasilkan.

Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program ini dapat menggantikan proses dengan proses tingkat timbulan sampah yang lebih rendah (eco efisiensi). Sama halnya dengan prinsip nomor 1, program ini dapat menurunkan pembelian *jumbo bag* dan mengurangi limbah B3 yang dihasilkan sebesar 1,11 ton.

Prinsip 3: Sistem tertutup

Program ini dapat mempromosikan dan meningkatkan daur ulang limbah B3 dengan menggunakan kembali *jumbo bag* bekas sebagai wadah debu alat pengendalian pencemar udara dan produk *oversize*.

Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya dalam sistem

Program ini dapat meningkatkan daya tahan yaitu panduan praktis untuk penggunaan kembali. Penggunaan kembali *jumbo bag* bekas akan mempertahankan nilai sumber daya dalam sistem dalam hal ini debu alat pengendalian pencemar udara dan produk *oversize*.

Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Program ini dapat mempromosikan pengadaan ramah lingkungan.

Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program ini dapat mengoptimalkan kemasan dan meningkatkan daya tahan. *Jumbo bag* termasuk ke dalam kemasan bekas B3 yang mana sebelumnya *jumbo bag* hanya digunakan untuk pemakaian satu kali pakai. Namun, dengan adanya program ini *jumbo bag* bekas dapat digunakan berulang kali.

Prinsip 7: Pendidikan ekonomi sirkular

Program ini tidak relevan dengan prinsip nomor 7 karena tidak terdapat *evidence* pendidikan ekonomi sirkular.

Perubahan sistem dengan adanya program **PROPAM BOS BOB** yaitu terjadinya perubahan sub-sistem yang **mendukung value chain optimization** dalam hal transportasi material berupa bijih nikel. Penjelasan terkait perbandingan kondisi sebelum dan setelah adanya program **PROPAM BOS BOB** dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kondisi sebelum adanya program
Product oversize dan debu dari alat pengendalian pencemar udara ditampung dalam *jumbo bag* sekali pakai. Tidak terdapat penggunaan kembali pada *jumbo bag* yang telah digunakan karena kondisi *jumbo bag* bekas yang mudah rusak.
- b. Kondisi setelah adanya program
Perubahan desain *jumbo bag* dengan penambahan *bottom spout* yang bisa dibuka tanpa merusak *bottom bag* saat akan dicampurkan ke dalam *hopper* meningkatkan umur atau *life-time jumbo bag* lebih lama dan dapat digunakan berkali-kali. Sehingga dapat menekan penggunaan *jumbo bag* baru dan mengurangi timbulan *jumbo bag* bekas.

Dampak Lingkungan Program PROPAM BOS BOB

Perhitungan Timbulan Kemasan Bekas

Timbulan Kemasan Bekas Tanpa Program Penggunaan <i>jumbo bag</i> Normal)	= (Berat <i>jumbo bag</i> Normal x Jumlah
Timbulan Kemasan Bekas Setelah Program Jumlah Penggunaan <i>jumbo bag</i> Modifikasi)	= (Berat <i>jumbo bag</i> Modifikasi x

Berat <i>jumbo bag</i> Normal	= 0,004 ton / buah
-------------------------------	--------------------

Berat <i>jumbo bag</i> Modifikasi	= 0,007 ton / buah
-----------------------------------	--------------------

Timbulan Kemasan Bekas Tahun 2021 (<i>baseline</i>)= Jumlah <i>jumbo bag</i> x Berat <i>jumbo Bag</i>	
	= 1520 buah x 0,004 ton/buah
	= 6,08 ton

Perhitungan Absolut dan Penghematan Anggaran Tahun 2022

Timbulan Kemasan Bekas Tahun (2022) = Jumlah <i>jumbo bag</i> x Berat <i>jumbo bag</i>	
Berat <i>jumbo bag</i> Normal	= 0,004 ton / buah
Berat <i>jumbo bag</i> Modifikasi	= 0,007 ton / buah
Jumlah <i>jumbo bag</i> Normal	= 1120 buah

Jumlah *jumbo bag* Modifikasi = 70 buah
 Timbulan Kemasan Bekas Tahun 2022 = Jumlah *jumbo bag* x Berat *jumbo bag*
 = (1120 x 0,004) + (70 x 0,007) ton
 = 4,97 ton
 Absolut pengurangan (ton) = Timbulan kemasan bekas B3 tahun *Baseline*
 (2021) – Timbulan kemasan bekas B3 tahun 2022
 = 6,08 ton – 4,97 ton
 = 1,11 ton
 Penghematan (Rp) = Absolut x Biaya pengelolaan kemasan bekas
 (Rp)/ton
 = 1,11 ton x Rp11.900.000,00/ton
 = Rp56.280.000,00

Perhitungan Absolut dan Penghematan Anggaran Tahun 2023

Timbulan Kemasan Bekas Tahun (2022) = Jumlah *jumbo bag* x Berat *jumbo Bag*
 Berat *jumbo bag* Normal = 0,004 ton / buah
 Berat *jumbo bag* Modifikasi = 0,007 ton / buah
 Jumlah *jumbo bag* Normal = 230 buah
 Jumlah *jumbo bag* Modifikasi = 150 buah
 Timbulan kemasan bekas Tahun 2023 = Jumlah *jumbo bag* x Berat *jumbo Bag*
 = (230 x 0,004) + (150 x 0,007) ton
 = 1,37 ton
 Absolut pengurangan (ton) = Timbulan kemasan bekas B3 tahun *Baseline*
 (2021) – Timbulan kemasan bekas B3 tahun 2023
 = 6,08 ton – 1,37 ton
 = 4,71 ton
 Penghematan (Rp) = Absolut x Biaya pengelolaan kemasan bekas
 (Rp)/ton
 = 4,71 ton x Rp11.900.000,00/ton
 = Rp245.448.000,00

Pengembangan inovasi ini sebagai upaya pengurangan kemasan bekas limbah B3 ini dilakukan oleh perusahaan sendiri yang juga memberikan nilai tambah berupa **perubahan rantai (*value chain optimization*) dan keuntungan** seperti berikut:

a. Produsen/perusahaan

- Produksi *nickel matte* lebih efisien karena mempercepat proses daur ulang *product oversize* dan debu pengendalian pencemar udara ke dalam *Process plant*;
- Program ini dapat menghemat biaya produksi dari pengurangan konsumsi *Jumbo bag* sebesar Rp56.280.000,00 pada tahun 2022;
- Program ini dapat mengurangi timbulan limbah B3 sebesar 1,11 ton pada tahun 2022;
- Program ini dapat mengurangi biaya pengelolaan limbah B3 (kemasan bekas B3).

b. Supplier

- Perspektif baru untuk diterapkan di industri nikel;
- Berkontribusi terhadap penurunan konsumsi *jumbo bag*;
- Adanya peluang untuk mereplikasi program di tempat lain;
- Mendapatkan keuntungan dari penjualan *Jumbo bag* sebesar Rp29.400.000,00.

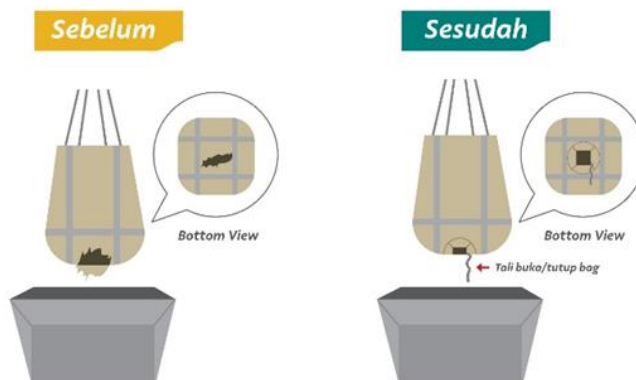
c. Konsumen

- Terjaga kuantitas pasokan *nickel matte* ke konsumen;
- Terjaga kualitas *nickel matte* ke konsumen;
- Konsumen mendapatkan produk yang lebih ramah lingkungan.

Secara garis besar, dapat ditarik kesimpulan terkait upaya efisiensi ini yang mencakup beberapa hal:

1. Dalam inovasi Program Pemanfaatan Kembali *jumbo bag* Bekas Sebagai Wadah Debu Alat Pengendalian Pencemar Udara (PROPAM BOS BOB), PT Vale Indonesia tidak hanya melakukan perubahan *design jumbo bag* yang dapat digunakan berkali-kali tetapi juga berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat penggunaan limbah B3 kembali yang biasanya dibuang ke *landfill* menjadi berguna sebagai kemasan;
2. Pengembangan inovasi ini sebagai upaya pengurangan kemasan bekas limbah B3 dan memberikan nilai tambah berupa perubahan rantai (*value chain optimization*) dan keuntungan bagi produsen/perusahaan, *supplier* dan konsumen;
3. Program ini dapat menghemat biaya produksi dari pengurangan konsumsi *jumbo bag* sebesar Rp56.280.000,00 dan timbunan limbah B3 sebesar 1,11 ton pada tahun 2022 dan akan terus diimplementasikan hingga tahun berikutnya.

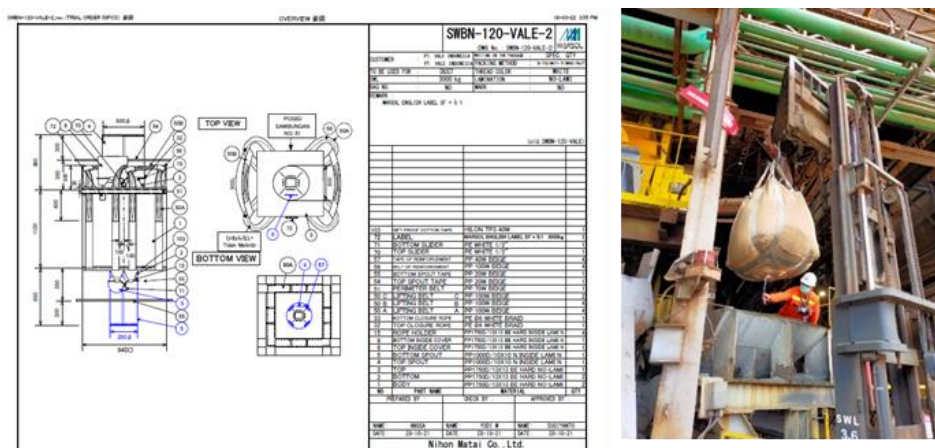
Visualisasi Program PROPAM BOS BOB



Gambar 9. Pemanfaatan Kembali *Jumbo Bag* pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale



Gambar 10. Kegiatan Penggunaan *Jumbo Bag* Sebelum Program



Gambar 11. Kegiatan Penggunaan *Jumbo Bag* Sesudah Program

Program Optimalisasi Penggantian Oil Engine Menggunakan *Centrifugal Filter*

OPO-CENTER

Tim Inovator: Gresa F. Alberto, Rusli Judda, Munir Masse, Bima Sakti Satria W., Bella Regita
E-mail: GresaF.Alberto@vale.com

PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) sebagai perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi, pertambangan, dan pengolahan bijih nikel. Dalam menunjang operasionalnya, PT Vale memiliki *workshop* pemeliharaan alat berat yang dikenal dengan sebutan MEM (*Mobile Equipment Maintenance*). Kegiatan pemeliharaan (PM *Check*) alat berat pada normalnya dilakukan dalam interval 350 jam. Adapun parameter yang dianalisa untuk menunjukkan oli *engine* tersebut harus diganti adalah kandungan jelaga (*soot*) dan TBN masih dalam kondisi normal.

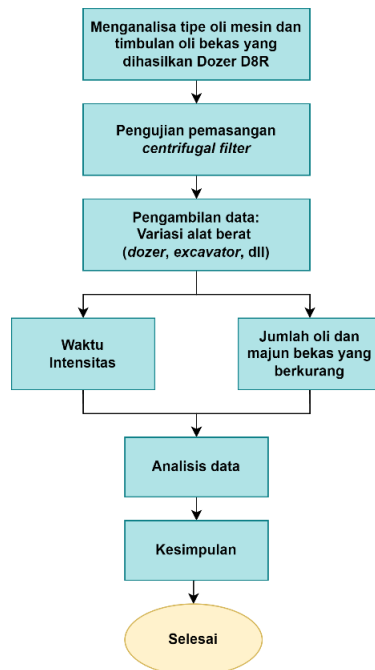
Melakukan perawatan alat berat sudah menjadi rutinitas yang harus dilakukan oleh pengguna alat berat. Dengan melakukan perawatan, hal tersebut bertujuan untuk menjaga performa mesin sehingga titik kenyamanan masih dapat dirasakan dengan optimal salah satunya dengan *maintenance* alat berat. Hal ini meningkatkan terjadinya timbulan oli bekas. Oli bekas merupakan produk samping yang dihasilkan di area perbengkelan dan perawatan alat-alat berat dan kendaraan ringan selama kegiatan operasional PT Vale Indonesia Tbk.

Biasanya kualitas oli ditentukan berdasarkan *running hours* mesin, kekentalan oli yang diukur dengan cara mengukur banyaknya putaran mesin pada pengaduk oli, atau berdasarkan lama waktu pemakaian oli. Dengan demikian, pengguna bisa mengganti oli secara teratur dan mesin produksi akan menjadi lebih terpelihara.

Deskripsi Program Inovasi

Program Inovasi **Optimalisasi Penggantian Oli Menggunakan *Centrifugal Filter* (OPO-Center)** ini pertama kali dilakukan di MEM *Plant Site* PT Vale. Metode inovasi ini menggunakan metode eksperimen berbentuk deskriptif, selain itu menggunakan pengujian waktu konsumsi. Inovasi ini mulai dipasang pertama kali pada *Dozer D8R* milik PT Vale.

Metode inovasi tersebut diawali dengan memahami jumlah timbulan jelaga dari oli mesin tiap proses *maintenance*, setelah dianalisa dengan durasi PM *Check* 350 jam, secara visual terlihat bahwa jelaga oli masih bisa diturunkan, setelah itu tim MEM berinisiatif menambah *centrifugal filter* pada mesin dan melakukan PM *Check* setiap 500 jam. Hasilnya terlihat bahwa jumlah jelaga dan oli bekas berkurang setelah dipasang *centrifugal filter*. Begitu juga dengan timbulan majun bekas juga akan berkurang karena frekuensi *maintenance* alat berat menurun. Berikut diagram alir inovasi penambahan *centrifugal filter*.



Gambar 12. Diagram alir program inovasi OPO-CENTER

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular

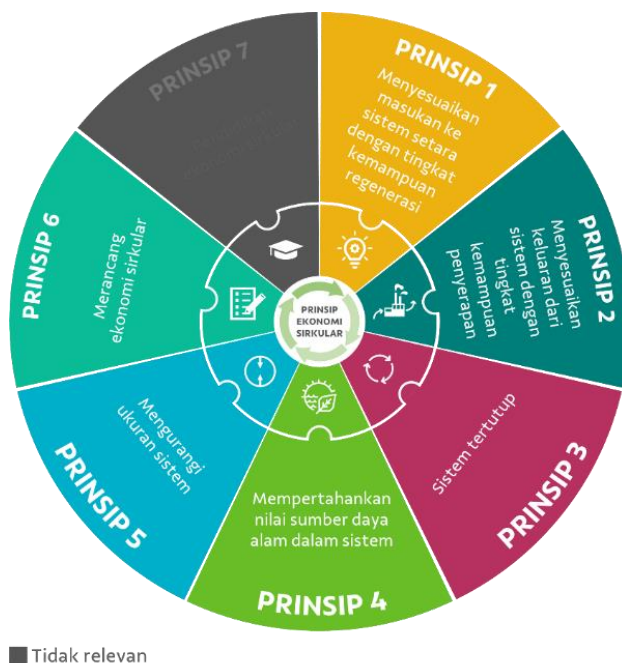
Pemanfaatan *centrifugal filter* (OPO-CENTER) untuk meningkatkan kinerja dan kualitas *oil engine* oleh PT Vale juga diterapkan dengan berdasar pada tujuh (7) prinsip *circular economy*.

Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Program ini dapat menghemat energi dan material yaitu dengan meningkatkan produktivitas sumber daya. Program ini juga meningkatkan umur oli mesin yang dulunya banyak menghasilkan jelaga yang membuat oli mesin cepat kotor, dengan adanya *centrifugal filter* maka umur oli mesin menjadi lebih lama dan menghasilkan jelaga yang sedikit sehingga dapat menekan limbah B3 yang dihasilkan.

Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program ini dapat meminimalisir proses penyerapan dengan proses tingkat timbulan limbah *absorbent pad* dan majun bekas yang lebih rendah (*eco efisiensi*).



Gambar 13. Keterkaitan Program Inovasi OPO-CENTER dengan Ekonomi Sirkular

Prinsip 3: Sistem tertutup

Program ini dapat mempromosikan dan meningkatkan daur ulang limbah B3 dengan menggunakan kembali oli bekas sebagai pengganti bahan bakar yang kemudian dialirkan ke unit *Dryer* dan *Reduction Kiln* sebagai sumber energi dalam operasional sehari-harinya sesuai izin pemanfaatan LB3 melalui Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia Nomor SK.39/1/KLHK/2021 tentang Perpanjangan Izin Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun untuk Kegiatan Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Atas Nama PT Vale Indonesia Tbk.

Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya dalam sistem

Program ini dapat meningkatkan daya tahan yaitu panduan praktis untuk penggunaan kembali. Penggunaan kembali oli bekas akan mempertahankan nilai sumber daya dalam sistem dalam hal ini produksi penambangan bijih nikel dan proses penghijauan lahan reklamasi.

Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Program ini dapat mempromosikan pengadaan ramah lingkungan.

Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program ini dapat mengoptimalkan kinerja mesin pada alat berat dan meningkatkan daya tahan mesin. Mesin alat berat dulunya tidak menggunakan *centrifugal filter* yang mana menghasilkan banyak jelaga dan waktu *maintenance* yang singkat. Namun, dengan adanya program ini, timbulan oli bekas dapat berkurang.

Program ini berdampak pada terjadinya perubahan komponen yang mendukung **material improvement** dalam hal transportasi material untuk kegiatan operasional pertambangan bijih nikel. Berikut perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan:

a. Kondisi sebelum adanya program

Pergantian oil *engine* pada unit *Dozer* D8R dilakukan setiap 350 jam operasi sesuai standar oli yang digunakan. Setelah MEM melakukan analisa dan melakukan *review* umur oli *engine* ternyata umur oli *engine* bisa diperpanjang ke 500 jam dengan syarat mengurangi jumlah jelaga/*soot* yang ada di oli mesin.

b. Kondisi setelah adanya program

Analisa perbandingan hasil uji nilai *soot* sebelum adanya program OPO-Center dan setelah implementasinya dilakukan untuk melihat keberhasilan program. Program OPO-Center adalah optimalisasi penggantian oil *engine* pada alat berat dengan menambahkan *centrifugal filter* untuk menyaring jelaga (*soot*) pada oli *engine*. Pada Program OPO-Center yang dilakukan pada unit *dozer* (DZ4064) menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai *soot* pada oli *engine* yang diuji.

Selain itu, analisis dari uji laboratorium ini juga membuktikan bahwa umur oli *engine* dapat diperpanjang dari 350 jam menjadi 500 jam. Saat ini sudah terdapat 8 unit alat berat berupa *dozer* yang telah menerapkan program ini. Hal ini membuktikan bahwa penerapan program OPO-Center berjalan efektif dan dapat diterapkan pada alat berat lainnya.

Perubahan pada mesin alat berat dengan penambahan *centrifugal filter* yang bisa dibersihkan dengan mudah tanpa merusak mesin saat *maintenance* akan meningkatkan umur atau *life-time* oli mesin lebih lama dan alat *centrifugal filter* dapat digunakan berkali-kali. Sehingga dapat menekan penggunaan oli baru dan mengurangi timbunan oli bekas, majun bekas, dan filter bekas.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Dampak positif dari penerapan inovasi OPO-CENTER ini efektif dan dibuktikan oleh PT Vale melalui perhitungan matematis sebagai berikut:

1. Perhitungan Intensitas Penggantian Oli

$$\text{Intensitas penggantian oli} = \frac{\text{Estimasi waktu operasional alat berat (Jam)}}{\text{Qty interval (Jam)}}$$

Estimasi waktu operasional alat berat (jam/tahun) = 4000 jam/tahun

Frekuensi penggantian oli sebelum adanya program = 350 jam

Frekuensi penggantian oli setelah adanya program = 500 jam

Intensitas penggantian oli sebelum adanya program = 4000 jam/tahun / 350 jam

= 12 kali/tahun

Intensitas penggantian oli setelah adanya program = 4000 jam/tahun / 500 jam

= 8 kali/tahun

2. Perhitungan Absolut dan Penghematan Anggaran :

Jumlah unit yang dimiliki = 130 unit

Jumlah unit yang dipasang *centrifugal* filter (2023) = 1 unit *Dozer D8 9EM* (uji coba)

Jumlah unit yang dipasang *centrifugal* filter (2024) = 10 unit *Dozer D8 9EM*

Kapasitas oli pada mesin unit *Dozer* = 43 Liter

Tabel 2. Jumlah Unit dan Kapasitas Oli Mesin

Unit	Populasi	Kapasitas Oli Mesin (L)
HAULMASTER 621G DBB	10	38
HAULMASTER 621K NYY	7	33
DOZER D8 9EM	29	43
DOZER D8 DWJ UP	27	43
DOZER D6 PPP	9	28
DOZER D10 RJG	4	68
EXCAVATOR 20 TON (320D)	12	30
GRADER 16 FEET (16H)	8	36
GRADER 24 FEET (24H)	2	99
LOADER 4 m ³ (966 G/H)	3	35
LOADER 6 m ³ (988H)	7	60
LOADER 11 m ³ (992 G/K)	12	120

Tahun 2023

Perhitungan timbulan oli bekas dari hasil uji coba program OPO-Center tahun 2023 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Timbulan Oli Bekas dari Program OPO-Center tahun 2023 (ton)

Unit	Population	EO Capacity (L)	Engine Oil Consumption (L)		Engine oil Reduction (ton)
			Qty Interval 350 jam	Qty Interval 500 jam	
Trial					
DOZER Dozer D8 9EM	1	43	516	344	0,15
Potential Implementation					
HAULMASTER 621G DBB	10	38	4,56		3,98
HAULMASTER 621K NYY	7	33	2,772		2,42
DOZER D8 9EM	28	43	14,448		12,61
DOZER D8 DWJ UP	27	43	13,932		12,16
DOZER D6 PPP	9	28	3,024		2,64
DOZER D10 RJG	4	68	3,264		2,85
EXCAVATOR 20 TON (320D)	12	30	4,32		3,77
GRADER 16 FEET (16H)	8	36	3,456		3,02
GRADER 24 FEET (24H)	2	99	2,376		2,07
LOADER 4 m³ (966 G/H)	3	35	1,26		1,10
LOADER 6 m³ (988H)	7	60	5,04		4,40
LOADER 11 m³ (992 G/K)	12	120	17,28		15,08
TOTAL					67

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan oli bekas pada unit tanpa *Centrifugal filter* (2023)
 - Timbulan oli bekas pada unit setelah dilakukan uji coba (2023)

$$= 67 \text{ ton} - 66,85 \text{ ton}$$

$$= 0,15 \text{ ton}$$

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan oli bekas (Rp)/ton

$$= 1,11 \text{ ton} \times \text{Rp}11.900.000,00/\text{ton}$$

$$= \text{Rp}1.785.000,00$$

Perhitungan timbulan majun bekas dari hasil uji coba program OPO-Center tahun 2023 dapat dilihat pada tabel berikut :

Jumlah majun yang digunakan tiap penggantian oli mesin = 1 ea

Berat majun bekas = 2 kg

Tabel 4. Timbulan Majun Bekas dari Program OPO-Center tahun 2023 (ton)

Unit	Population	Absorbent Consumption (ea)		Absorbent Reduction (ea)	Weight Absorbent Reduction (ton)
		Qty Interval 350 jam	Qty Interval 500 jam		
Trial					
DOZER Dozer D8 9EM	1	12	8	4,00	0,01
Potential Implementation					
HAULMASTER 621G DBB	10	120		120,00	0,24
HAULMASTER 621K NYY	7	84		84,00	0,17
DOZER D8 9EM	28	336		336,00	0,67
DOZER D8 DWJ UP	27	324		324,00	0,65
DOZER D6 PPP	9	108		108,00	0,22
DOZER D10 RJG	4	48		48,00	0,10
EXCAVATOR 20 TON (320D)	12	144		144,00	0,29
GRADER 16 FEET (16H)	8	96		96,00	0,19
GRADER 24 FEET (24H)	2	24		24,00	0,05
LOADER 4 m ³ (966 G/H)	3	36		36,00	0,07
LOADER 6 m ³ (988H)	7	84		84,00	0,17
LOADER 11 m ³ (992 G/K)	12	144		144,00	0,29
TOTAL					3,10

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan majun bekas pada unit tanpa *Centrifugal filter* (2023) - Timbulan majun bekas pada unit setelah dilakukan uji coba (2023)

= 3,10 ton – 3,09 ton

= 0,01 ton

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan majun bekas (Rp)/ton

= 0,01 ton x Rp11.900.000,00/ton

= Rp119.000,00

Perhitungan timbulan filter bekas dari hasil uji coba program OPO-Center tahun 2023 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Timbulan Filter Bekas dari Program OPO-Center tahun 2023 (ton)

Unit	Population	Quantity Filter (ea)		Filter Reduction (ea)	Weight Filter (kg)	Weight Filter Reduction (ton)
		Qty Interval 350 jam	Qty Interval 500 jam			
Trial						
DOZER Dozer D8 9EM	1	12	8	4,00	1,87	0,01
Potential Implementation						
HAULMASTER 621G DBB	10	120		120,00	1,87	0,22
HAULMASTER 621K NYY	7	84		84,00	1,87	0,16
DOZER D8 9EM	28	336		336,00	1,87	0,63
DOZER D8 DWJ UP	27	324		324,00	1,87	0,61
DOZER D6 PPP	9	108		108,00	1,87	0,20
DOZER D10 RJG	4	48		48,00	1,87	0,09
EXCAVATOR 20 TON (320D)	12	144		144,00	1,21	0,17
GRADER 16 FEET (16H)	8	96		96,00	1,8	0,17
GRADER 24 FEET (24H)	2	24		24,00	1,8	0,04
LOADER 4 m³ (966 G/H)	3	36		36,00	1,8	0,06
LOADER 6 m³ (988H)	7	84		84,00	1,8	0,15
LOADER 11 m³ (992 G/K)	12	144		144,00	1,8	0,26
TOTAL						2,77

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan filter bekas pada unit tanpa *Centrifugal filter* (2023) - Timbulan filter bekas pada unit setelah dilakukan uji coba (2023)

= 2,77 ton – 2,76 ton

= 0,01 ton

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan filter bekas (Rp)/ton

= 0,01 ton x Rp11.900.000,00/ton

= Rp119.000,00

Maka dari itu, pada tahun 2023 PT Vale telah melakukan penghematan sebanyak Rp2.023.000,00, meliputi Rp1.785.000,00 dari pengelolaan oli bekas, sebanyak Rp119.000,00 dari pengelolaan majun bekas, dan sebanyak Rp119.000,00 dari pengelolaan filter bekas. Penghematan yang dilakukan berpotensi untuk ditingkatkan di tahun-tahun selanjutnya dengan mengoptimalkan *Centrifugal filter*, selain itu juga sistem pengelolaan oli menjadi lebih efektif dan efisien secara keseluruhan.

Tahun 2024

Jumlah unit yang dipasang *Centrifugal filter* (2024) = 10 unit *Dozer D8 9EM*

Tabel 6. Timbulan Oli Bekas, Majun Bekas, Filter Bekas dari Implementasi Program OPO-Center Tahun 2024

Unit		DOZER Dozer D8 9EM
Population		10
EO Capacity (L)		43
Engine Oil Consumption (L)	Qty Interval 350 jam	5,16
	Qty Interval 500 jam	3,44
Engine oil Reduction (ton)		2
Absorbent Reduction (ea)		40
Weight Absorbent Reduction (ton)		0,16
Filter Reduction (ea)		39,84
Weight Filter Reduction (ton)		0,07

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan oli bekas sebelum program – Timbulan oli bekas setelah program OPO-Center
= **2 ton**

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan oli bekas (Rp)/ton
= 2 ton x Rp11.900.000,00/ton
= Rp23.800.000,00

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan majun bekas sebelum program – Timbulan majun bekas setelah program OPO-Center
= **0,16 ton**

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan majun bekas (Rp)/ton
= 0,16 ton x Rp11.900.000,00/ton
= Rp1.904.000,00

Absolut Pengurangan (ton) = Timbulan filter bekas sebelum program – Timbulan filter bekas setelah program OPO-Center
= **0,07 ton**

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan filter bekas (Rp)/ton
= 0,07 ton x Rp11.900.000,00/ton
= Rp833.000,00

Pada tahun 2024, penghematan yang dilakukan PT Vale meningkat secara signifikan dengan total Rp26.537.000,00, meliputi sebanyak Rp23.800.000,00 dari pengelolaan oli bekas, sebanyak Rp1.904.000,00 dari pengelolaan majun bekas, dan sebanyak Rp833.000,00 dari pengelolaan filter bekas. Upaya penghematan ini menjadi fokus utama PT Vale dalam mengurangi limbah B3 dari segala kegiatan dalam proses pengolahan bijih nikel.

Pengembangan inovasi ini sebagai upaya pengurangan oli bekas yang tergolong limbah B3 ini dilakukan oleh perusahaan sendiri yang juga memberikan nilai tambah berupa **perubahan rantai (*value chain optimization*)** dan keuntungan seperti berikut:

a. Produsen/perusahaan

- Produksi *nickel matte* lebih efisien karena mempercepat aktivitas produksi dan frekuensi perbaikan atau *maintenance* alat berat menurun;
- Program ini dapat menghemat biaya produksi dari pengurangan konsumsi oli baru dan dapat mengurangi timbulan limbah B3 sebesar 2,23 ton pada tahun 2024;
- Program ini dapat mengurangi biaya pengelolaan limbah B3 (oli bekas) sebesar Rp23.800.000,00 pada tahun 2024.

b. Supplier

- Perspektif baru untuk diterapkan di industri pertambangan;
- Berkontribusi terhadap penurunan konsumsi oli;
- Adanya peluang untuk mereplikasi program di tempat lain.

c. Konsumen

- Terjaga kuantitas pasokan *nickel matte* ke konsumen;
- Terjaga kualitas *nickel matte* ke konsumen;
- Konsumen mendapatkan produk yang lebih ramah lingkungan.

Program 3R Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun (Non B3)

Track Shoe Regrouser

Tim Inovator: Andi Afiyuddin, Baharuddin, Haniena Divi, Syamsu Alam, Irfa Darajat
E-mail: Andi.afiyuddin@vale.com

Penggunaan alat berat dalam kegiatan operasional penambangan menjadi salah satu faktor penting optimalisasi kegiatan. Dimulai dari kapasitas, jumlah unit, hingga ritase pengangkutan berpengaruh secara tidak langsung terhadap rencana dan target dan sekuen penambangan di **PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale)**. Dengan digunakannya alat-alat berat tersebut, perawatan yang rutin menjadi tanggung jawab PT Vale yang dilakukan secara periodik dan menyesuaikan terhadap jenis alat berat terkait. Salah satu unit yang berperan penting dalam kegiatan penambangan PT Vale adalah *bulldozer*, yaitu alat gusur yang berfungsi untuk menggali, meratakan permukaan tanah, juga mengangkut material-material seperti batu, tanah, dan hasil galian.

Motivasi Awal

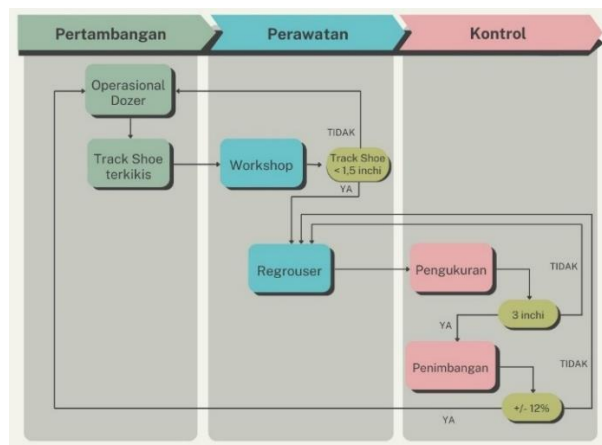
Pada unit *bulldozer*, terdapat *track shoe* yang berbentuk pelat dan berfungsi untuk memberikan traksi dan stabilitas pada *bulldozer* saat bergerak di medan seperti tanah, kerikil, lumpur, dan batuan. Secara tidak langsung, fungsi unit ini digunakan agar rangkaian kegiatan penambangan berjalan optimal. Pergerakan dan operasional *bulldozer* menyebabkan bagian *grouser* pada *Track Shoe* menjadi aus dan memerlukan penggantian secara berkala. Penggantian *Track Shoe* ini menyebabkan timbulan limbah *Scrap metal* yang tinggi karena penggunaan *bulldozer* yang aktif di area penambangan. Hal tersebut menyebabkan banyaknya timbulan limbah *Scrap metal* dan perlu memerlukan biaya dalam pengelolaannya.

Deskripsi Program Inovasi

PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) berinovasi dalam minimalisir jumlah timbulan *Scrap metal* dari kegiatan penggantian berkala *track shoe* unit *bulldozer*. Inovasi ini pertama kali diterapkan oleh PT Vale akibat dari banyaknya limbah *Scrap metal track shoe* dari *bulldozer* yang akibatkan dari bagian *grouser* yang sudah aus. Kejadian tersebut mengakibatkan besarnya timbulan limbah non B3 berupa *Scrap metal track shoe* yang tidak dapat digunakan lagi. Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi agar limbah *Scrap metal track shoe* dapat ditekan dari segi jumlahnya. Analisis potensi dilakukan ketika melihat bahwa bagian *track shoe* selain *grouser* yang aus masih bagus dan bisa digunakan kembali. Berdasarkan analisis potensi yang dilakukan maka diperoleh limbah *Scrap metal track shoe* dapat dilakukan *Regrouser* dengan penambahan pelat pada *grouser* yang telah aus. Dengan demikian,

potensi jumlah timbulan limbah non B3 dapat ditekan secara signifikan. Inovasi ini pertama kali diimplementasikan di Indonesia pada sektor Tambang Mineral atau menurut *best practice* tahun 2019-2022 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan belum pernah diimplementasikan pada sektor Tambang Mineral.

Penerapan program *Track Shoe Regrouser* ini dilakukan di *Mines Department* tepatnya di area *Mobile Equipment Maintenance* (MEM) PT Vale. Hal tersebut dikarenakan pada *Section* tersebut alat berat seperti *bulldozer* akan dilakukan perawatan, sehingga menghasilkan banyak limbah *Scrap metal*. Berikut alur program inovasi *Track Shoe Regrouser* (**Gambar 14**).



Gambar 14. Alur Proses Program *Regrouser*

Program *Track Shoe Regrouser* mendukung dalam mereduksi *waste lifecycles* pada alat berat, dimana berdasarkan kajian LCA alat berat ini merupakan **Hot Spot dari limbah non B3 dari segi emisi transportasi**. Limbah *track shoe* awalnya merupakan limbah non B3 yang dapat difungsikan kembali dengan baik dalam jangka waktu yang lebih lama, sehingga mengurangi kuantitas pergantian *track shoe* yang rusak dan mengurangi jumlah *Scrap metal* yang dihasilkan. Dengan berkurangnya kuantitas pergantian *track shoe* baru, maka dapat berkontribusi dalam pengurangan biaya dalam pembelian barang dan transportasi *track shoe* baru (*lower transportation costs by form of products*). PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) membuktikan penurunan emisi dari program *Track Shoe Regrouser* dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

Emisi GRK (ton CO₂ eq)

$$\frac{\text{Nilai Absolut Track Shoe Regrouser (ton)}}{\text{Kapasitas Truk Pengangkut (ton)}} \times \text{Konsumsi bahan bakar (lt)} \times \text{faktor emisi (ton/m}^3 \text{ diesel)}$$

Tahun 2022

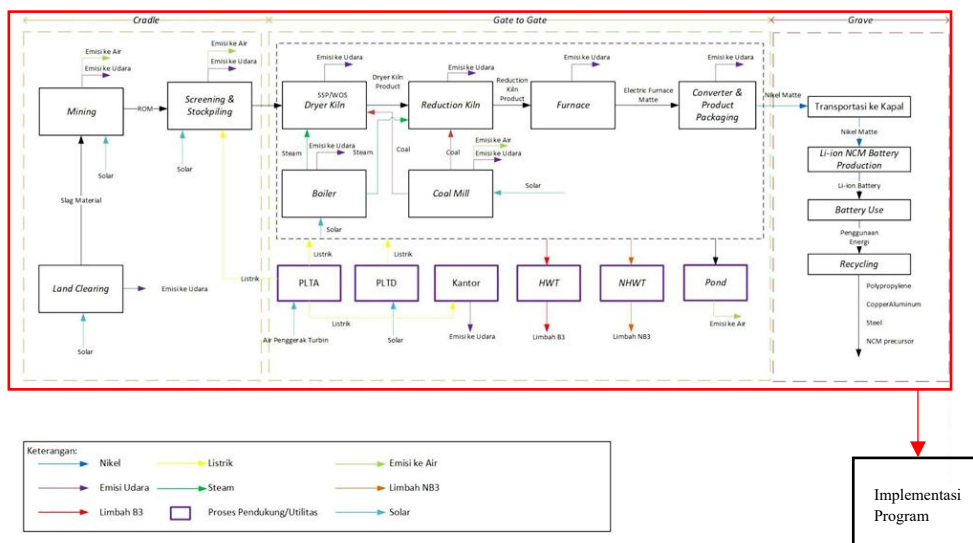
$$\begin{aligned} \text{Emisi GRK (ton CO}_2 \text{ eq)} &= \frac{66 \text{ (ton)}}{18 \text{ (ton)}} \times 4 \text{ (Lt/trip)} \times 2,055 \text{ (Ton/m}^3 \text{ Diesel)} \\ &= 0,03014 \text{ ton CO}_2 \text{ Eq} \end{aligned}$$

Tahun 2023

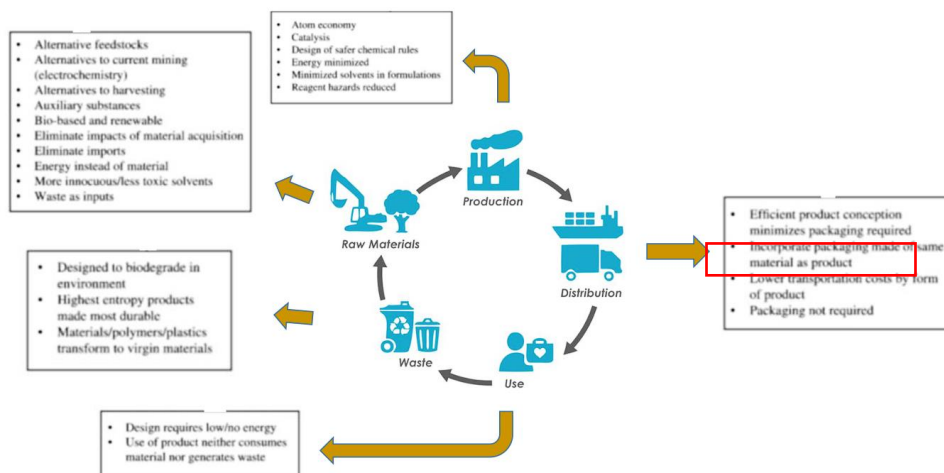
$$\text{Emisi GRK (ton CO}_2 \text{ eq)} = \frac{24 \text{ (ton)}}{18 \text{ (ton)}} \times 4 \text{ (Lt/trip)} \times 2,055 \text{ (Ton/m}^3 \text{ Diesel)}$$

$$= 0,01096 \text{ ton CO}_2 \text{ Eq}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka program ini mampu menurunkan gas rumah kaca pada tahun 2022 sebesar 0,03014 ton CO₂ Eq dan tahun 2023 sebesar 0,01096 ton CO₂ Eq. Adapun lingkup implementasi berdasarkan *life cycle assessment* PT Vale ini dapat dilihat pada **Gambar 15. Gambar**



Gambar 15. *Life Cycle Assessment (Implementasi Track Shoe Regrouser)*



Gambar 16. *Circular Business Model (Implementasi Program Track Shoe Regrouser)*

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular

Program *Track Shoe Regrouser* mendukung dalam ekonomi sirkular pada alat berat karena dalam implementasinya program ini akan memanfaatkan *track shoe* yang telah aus dan telah menjadi limbah non B3 yang dipergunakan kembali dengan menggunakan penambahan pelat pada *track shoe* yang aus. Strategi ekonomi sirkular PT Vale dapat dilihat pada **Gambar 17**. Perpanjangan masa pakai produk dan penurunan jumlah timbulan limbah non B3 secara tidak langsung dapat terjadi pula penghematan energi dan material sesuai pada prinsip 1. Kemudian dari sistem kerja *track shoe regrouser* program ini juga mendukung dalam pergantian proses dengan proses tingkat timbulan sampah yang lebih rendah (*eco-efficiency*) sesuai prinsip 2. Selain itu, *track shoe regrouser* juga masuk dalam kategori remanufaktur produk dan komponen dengan memodifikasi *track shoe* sesuai prinsip 3. Prinsip penggunaan kembali *track shoe* yang telah dilakukan *regrouser* meningkatkan daya tahan (memakaian kembali barang bekas) sesuai prinsip 4 dan program *track shoe* ini merupakan program untuk merancang metodologi baru untuk menjamin perbaikan berkelanjutan sesuai prinsip 6.

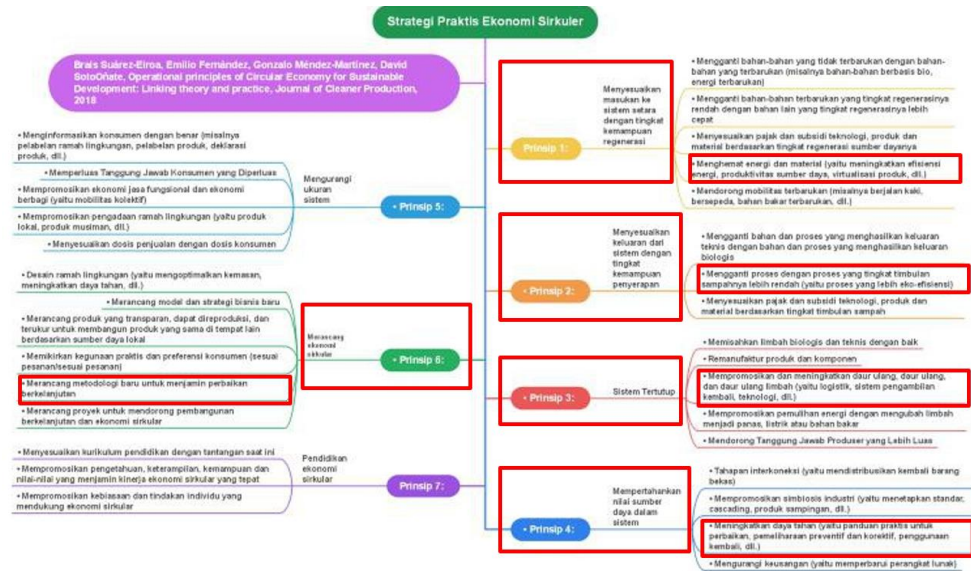
Program *Track Shoe Regrouser* berdampak pada terjadinya perubahan subsistem yang mendukung *value chain optimization* dalam hal memberikan keuntungan kepada internal perusahaan, produsen, supplier dan konsumen. Berikut perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan:

a. Kondisi sebelum adanya program

Inovasi ini diterapkan oleh PT Vale akibat dari banyaknya limbah *Scrap metal track shoe* dari *bulldozer* yang diakibatkan dari bagian *grouser* yang sudah aus. Kejadian tersebut mengakibatkan **besarnya timbulan limbah non B3 dari *Scrap metal track shoe*** yang tidak dapat digunakan lagi. Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi agar limbah *Scrap metal track shoe* dapat dimanfaatkan kembali dengan sistem 3R.

b. Kondisi setelah adanya program

Track Shoe Regrouser dilakukan untuk memanfaatkan kembali *track shoe* yang aus akibat dari pemakaian dengan memodifikasi bagian *grouser* dengan penambahan *plate*. Penambahan *grouser* pada *plate* ini mampu pertama, dilakukan penilaian pada *track shoe* untuk mengetahui apakah terdapat kerusakan lain seperti patah atau bengkok pada *track shoe*. Kemudian melakukan pengukuran tinggi *grouser* untuk mengetahui besar aus dan Panjang *plate* yang akan ditambahkan, kemudian penambahan *plate* sesuai dengan spesifikasi dan kriteria desain *track shoe*. Program ini mampu mengurangi timbulan limbah non B3 secara signifikan serta memperpanjang umur pakai *track shoe*.



Gambar 17. Strategi Ekonomi Sirkular

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Berdasar pada perhitungan nilai absolut, selanjutnya PT Vale melakukan kalkulasi penghematan anggaran seperti rincian berikut ini:

a) Perhitungan hasil absolut

Absolut pemanfaatan = Jumlah timbulan limbah *track shoe* yang di-*regrouser* (ton) tahun ke-N

❖ Tahun 2022

Absolut pemanfaatan = Jumlah timbulan limbah *track shoe* yang di-*regrouser* 2022 (ton)
= 66 ton

❖ Tahun 2023

Absolut pemanfaatan = Jumlah timbulan limbah *track shoe* yang di-*regrouser* 2023 (ton)
= 24 ton

b) Perhitungan penghematan anggaran

Rumus penghematan (Rp) = Absolut pemanfaatan (ton) x Biaya pengolahan *Scrap metal* (Rp/ton)

Biaya Pengolahan *Scrap Metal* = Rp22.500.000,00/ton

Penghematan setelah program (tahun ke-N) = Rp...

❖ Tahun 2022

Rumus penghematan (Rp) = Absolut pemanfaatan (ton) x Biaya pengolahan *Scrap metal* (Rp/ton)
= 66 ton x Rp22.500.000,00/ton
= Rp1.485.000.000,00

❖ Tahun 2023

$$\begin{aligned}\text{Rumus penghematan (Rp)} &= \text{Absolut pemanfaatan (ton)} \times \text{Biaya pengolahan Scrap metal (Rp/ton)} \\ &= 24 \text{ ton} \times \text{Rp}22.500.000,00/\text{ton} \\ &= \text{Rp}540.000.000,00\end{aligned}$$

Pengembangan inovasi **Track Shoe Regrouser** ini dilakukan oleh perusahaan sendiri yang juga memberikan **nilai tambah program** berupa **perubahan rantai (value chain optimization)** dan **keuntungan** seperti berikut:

a. Produsen/Perusahaan

- Produksi bijih *nickel matte* yang lebih ramah lingkungan;
- Menurunkan biaya penggantian *Track Shoe* baru sebesar Rp9.427.110.000,00.

b. Supplier

- Berkontribusi positif pada penurunan pencemaran, konsumsi energi serta emisi gas rumah kaca;
- Meningkatkan nilai pendapatan *supplier* sebesar Rp1.940.400.000,00.

c. Konsumen

- Terjaga kuantitas pasokan *nickel matte* ke konsumen;
- Terjaga kualitas *nickel matte* ke konsumen;
- Mendapatkan Nilai Penurunan Produk sebesar Rp176.000,00/Ton Ni

Secara garis besar, dapat ditarik kesimpulan terkait upaya efisiensi ini yang mencakup beberapa hal:

1. *Track Shoe Regrouser* merupakan salah satu upaya teknologi yang menawarkan solusi inovatif untuk menurunkan limbah *Scrap metal* yang bersumber dari perawatan peralatan berat;
2. Metode dan inovasi ini dirancang untuk mengurangi kebutuhan bahan baru dan mengurangi timbulan limbah hingga mencapai efisiensi penurunan sebesar 24 ton/tahun 2023;
3. Efisiensi timbulan limbah *Scrap metal* dari *track shoe* berdampak positif pada penurunan jejak karbon sebesar 0,01096 Co₂ Eq;
4. *Track shoe regrouser* menjadi simbol inovasi yang mewakili komitmen terhadap praktik berkelanjutan yang mendukung perlindungan lingkungan secara global

Visualisasi Program *Track Shoe Regrouser*



Gambar 18. Kondisi *Track Shoe* sebelum implementasi



Gambar 19. Kondisi *Track Shoe* saat fabrikasi regrouser



Gambar 20. Kondisi *Track Shoe* saat setelah terpasang



Gambar 21. Kondisi *Track Shoe* setelah 1,5 bulan Implementasi

Program Sensor Level Pengendali *Overflow* Lintas Section di *Matte Pond*

SEL POLISI di MP

Tim Inovator: Dian Try Saputri, Rajab Sunusi, Soultan Simamora, Fauziah Nur Aisyah
E-mail: Dian.Try.Saputri@vale.com

PT Vale Indonesia (PT Vale) melakukan proses pengolahan bijih nikel yang menggunakan unit *rotary dryer*, *Reduction kiln*, *electric furnace*, dan *converter*. Penggunaan air tercatat secara signifikan pada unit *furnace* yakni untuk pendinginan dinding *furnace*. Pendinginan dinding *furnace* bertujuan untuk menjaga kondisi dinding agar tidak merekah akibat suhu yang tinggi selama proses pengolahan bijih berlangsung. Namun, penggunaan air secara aktual di area tersebut terindikasi tidak efektif dan efisien akibat pengaturan sistem resirkulasi yang dilakukan secara manual.

Motivasi Awal

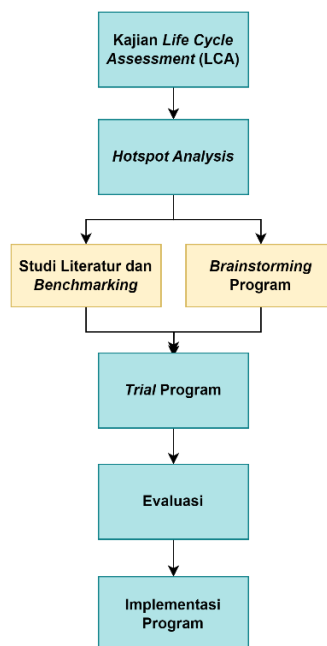
Proses pendinginan *furnace* menggunakan prinsip resirkulasi dengan bantuan *cooling tower*. Sistem resirkulasi di *Process Plant* didesain dalam rangka penghematan air bersih. Pada hal ini, air bersih yang digunakan diambil dari sumber air Danau Matano, Sorowako. Sistem resirkulasi *cooling tower* yang terhubung dengan *furnace* juga terhubung sebagai satu jaringan dengan pendinginan pada proses granulasi *converter*. Kemudian, air resirkulasi dari jaringan tersebut ditampung di *matte pond*. *Matte Pond* berfungsi sebagai kolam pengendapan sekaligus kolam pendinginan air secara fisik. Air yang sudah melalui proses pengendapan dan pendinginan kemudian dipompa ke *cooling tower*. *Cooling tower* berfungsi mendinginkan air hingga sepenuhnya dingin yang digunakan untuk menjaga suhu dinding *furnace*.

Pendinginan dinding *furnace* dibutuhkan untuk menjaga suhu dinding agar tidak rusak dan keropos. Pada saat proses pendinginan dinding *furnace* sering kali dilakukan penambahan air (*make up water*) yang tidak termasuk dalam sistem resirkulasi. Penambahan *make up water* dilakukan karena air resirkulasi tidak optimal dalam menjaga suhu dinding *furnace* akibat penguapan air dan kurangnya tekanan air. Namun, penambahan air dilakukan secara manual oleh operator sehingga jumlahnya sering kali tidak terkontrol dan tidak efisien. Hal tersebut menjadi indikasi pemborosan pemakaian air.

Deskripsi Program Inovasi

PT Vale Indonesia Tbk berinisiatif untuk merencanakan Program **Sensor Level Pengendali Overflow Lintas Section di Matte Pond (SEL POLISI di MP)** dalam rangka peningkatan efektivitas dan efisiensi penggunaan air di *Process Plant* Department. Maka dari itu, PT Vale berinisiatif untuk memasang sensor level air pengendali *Overflow* yang dipasang di *matte pond*. Sensor level air ini akan memberikan informasi apabila level air di *Matte Pond* sudah melebihi 390 cm. Informasi tersebut akan tersambung ke *human-machine interface (HMI)*. Notifikasi kemudian dikirimkan kepada operator dan *engineer* di area *converter* dan *furnace*, lalu akan dilakukan penutupan katup *make up water* atau penyesuaian terhadap kebutuhan air pendinginan.

Komitmen PT Vale dalam efisiensi dan penghematan air merupakan implementasi dari kajian *Life Cycle Assessment (LCA)* yang dilakukan di *hotspot* penggunaan air. Komitmen tersebut dituangkan dalam program pemasangan sensor level air di *Process Plant Department* PT Vale, khususnya pada Tim *Furnace and Converter Operation*, yang bernama Program **Sensor Level Pengendali Overflow Lintas Section di Matte Pond (SEL POLISI di MP)**. Alur program pemasangan sensor level air pengendali *Overflow* di pabrik pengolahan nikel PT Vale.



Gambar 22. Alur Implementasi Program

Upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan air dapat dikuantifikasi dengan metode perhitungan absolut. Perhitungan ini mempertimbangkan jumlah penggunaan air yang dapat dikurangi, biaya pajak, serta biaya pengolahan limbah. Metode perhitungan tersebut disajikan berikut ini

Efisiensi Air (m³)

Debit *Baseline* (m³) – Debit Setelah Program (m³)

Penurunan Beban Pencemar (ton)

Debit (m³) x Konsentrasi Pencemar (mg/L)

Penghematan Program SEL POLISI di MP (Rp)

Efisiensi Air (m³) x Harga 1 m³ Air Bersih

Biaya Pajak Air (Rp)

Biaya pajak air per 1 m³ = Rp31.997,00
(biaya pajak air sesuai Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 37 Tahun 2023
tentang Besaran Nilai Perolehan Air Permukaan)

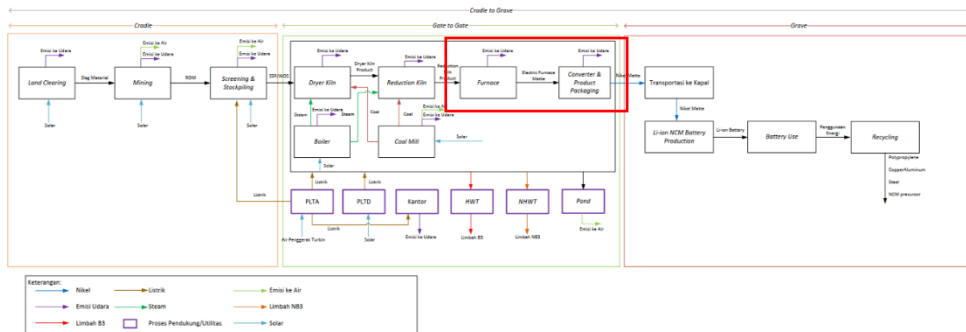
Biaya Pengelolaan Nikel Terlarut per Ton (Rp)

Biaya pengelolaan Ni *soluble* per ton = Rp685.959,00 (data internal PT Vale)

Biaya Pengelolaan Nikel Terlarut per Ton (Rp)

Biaya pengelolaan TSS per ton = Rp76.910,00 (data internal PT Vale)

Sensor level air pengendali *Overflow* yang dilaksanakan di unit *furnace* dan *converter* telah dikaji dalam kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) 2023 PT Vale. Pada kajian LCA dijelaskan bahwa produksi *nickel matte* termasuk ke dalam ruang lingkup *Production*. Pelaksanaan inovasi ini, berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat pengurangan konsumsi air sebesar 1.620.925 m³ dengan adanya program ini.



Gambar 23. Life Cycle Assessment (Implementasi SEL POLISI di MP)



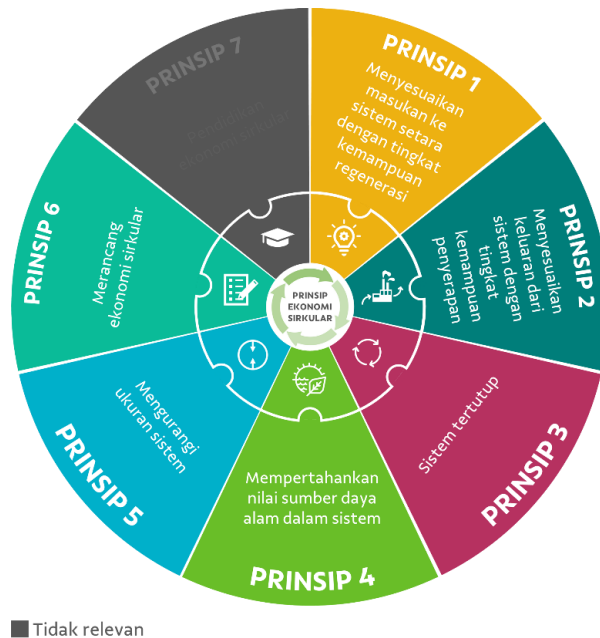
Gambar 24. Circular Business Model (Implementasi Program SEL POLISI di MP)

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular

Program inovasi lingkungan yang berkaitan dengan air akan berkaitan pula dengan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular merupakan sistem atau model ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian, sehingga meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh pendekatan ekonomi linear (Ellen MacArthur, 2013). Program ini secara langsung maupun tidak langsung berkaitan dengan 6 dari 7 prinsip ekonomi sirkular dengan penjelasan sebagai berikut.

Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Program ini berhasil menghemat air sebesar 1.620.925 m³. Secara langsung berhasil mengimplementasikan poin “menghemat energi dan material (produktivitas sumber daya)”.



Gambar 25. Impementasi Strategis Ekonomi Sirkular pada Program SEL POLISI di MP

Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program ini menurunkan produksi limbah cair dalam bentuk konsentrasi *total suspended solid* (TSS) sebesar 325 ton dan nikel yang larut di air sebesar 3,5 ton. Secara langsung berhasil mengimplementasikan poin “mengganti proses dengan proses yang tingkat timbulan sampah/limbah lebih rendah (proses eko-efisiensi)”.

Prinsip 3: Sistem tertutup

Sensor level air pengendali *Overflow* ini berperan dalam optimalisasi proses resirkulasi air yang telah diimplementasikan di area *furnace* dan *converter*. Secara langsung berhasil menerapkan poin “mempromosikan dan meningkatkan daur ulang dan daur ulang limbah (yaitu pengambilan kembali)”.

Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya alam sistem

Program ini berlokasi di *Matte Pond* yang proses resirkulasi airnya terhubung dengan unit *furnace* dan *converter*. Kandungan air di *Matte Pond* masih mengandung konsentrasi nikel yang akan diumpankan balik ke *converter* untuk proses *re-blending* dan menjadi produk *nickel matte*. Program ini berperan dalam mengendalikan potensi *loss nickel* akibat *Overflow* di *Matte Pond* setara 3,5 ton. Secara langsung berhasil mengimplementasikan poin “tahapan interkoneksi (yaitu mendistribusikan kembali barang bekas)”.

Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Program ini pada prinsipnya memasang sensor yang berkualitas baik melalui vendor yang terpercaya dan bertanggung jawab. Vendor tersebut akan tetap melakukan

layanan apabila terjadi masalah pada produk, dengan jaminan sensor bertahan lama dan mengurangi timbulan sampah metal. Program ini secara langsung mengimplementasikan poin “mempromosikan pengadaan ramah lingkungan (produk berkelanjutan)”.

Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program ini merupakan program baru yang bertujuan untuk konservasi air dan optimalisasi proses resirkulasi air di pabrik pengolahan nikel. Program ini secara langsung melaksanakan poin “merancang metodologi baru untuk menjamin perbaikan berkelanjutan”.

Program **Sensor Level Pengendali *Overflow* Lintas *Section* di *Matte Pond* (SEL POLISI di MP)** berdampak pada perubahan sub-sistem dimana terjadi perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan memberikan keuntungan dalam rantai nilai produk (*value chain optimization*) dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Kondisi sebelum adanya program
Kegiatan penambahan air resirkulasi di *furnace* hanya dilakukan secara manual oleh operator sehingga tidak terkontrol dan menyebabkan konsumsi air tidak efisien (boros) serta menyebabkan *Overflow* di *mattepond*. Setelah dibuka, operator sering kali meninggalkan *valve* dalam kondisi terbuka dan menyebabkan pemborosan air.
- b. Kondisi setelah adanya program
PT Vale Indonesia berinisiatif untuk melakukan Program Sensor Level Pengendali *Overflow* Lintas *Section* di *Matte Pond* (**SEL POLISI di MP**). Jika level air sudah diatas 390 cm akan ada alarm dan notifikasi yang tersambung ke *Control Room* Operator di *converter* dan *furnace* untuk segera menutup *make up water* agar tidak meluap.

Pada aplikasinya, program ini berkontribusi terhadap efisiensi sumber daya alam, yaitu air yang bersumber dari Danau Matano. Setelah program ini diimplementasikan, PT Vale telah melakukan efisiensi air sebanyak 1.620.925 m³, dengan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. Konsumsi dan penghematan air setelah program diaplikasikan

No	Bulan	Konsumsi Air (m ³)	Penghematan Air (m ³)
1	April 2023	780.134	Baseline
2	May 2023	654.831	125.302
3	Juni 2023	562.283	217.851
4	Juli 2023	580.326	199.807
5	Agustus 2023	598.991	181.142
6	September 2023	567.659	212.474
7	Oktober 2023	567.460	212.674
8	November 2023	535.488	244.646
9	Desember 2023	553.106	227.028
TOTAL		5.400.278	1.620.925

Sumber: Data internal PT Vale

Dampak Lingkungan Program SEL POLISI di MP

Program **SEL POLISI di MP** sangat berpotensi mengurangi dampak lingkungan yang timbul. Pada hal ini, mengurangi penggunaan air untuk proses pengolahan bijih nikel. Perhitungan penghematan atau efisiensi air dengan adanya program **SEL POLISI di MP** berdasarkan **Tabel 4** yaitu sebagai berikut:

Baseline (Sebelum Adanya Program):

Konsumsi air di Bulan April 2023 = 780.133 m³

Setelah Adanya Program

- **Konsumsi Air**

Konsumsi Air Bulan Mei 2023 = 654.831 m³

Konsumsi Air Bulan Juni 2023 = 562.283 m³

- **Efisiensi Air**

Efisiensi Air Bulan Mei 2023 = 780.133 m³ – 654.831 m³
= 125.302 m³

Efisiensi Air Bulan Juni 2023 = 780.133 m³ – 562.283 m³
= 217.851 m³

Dst...

- **Penghematan Air**

Debit = 1.620.925 m³

- **Konsentrasi Polutan**

Konsentrasi TSS = 200,2 mg/l → hasil sampling internal PT Vale

Konsentrasi Ni S = 2,16 mg/l → hasil sampling internal PT Vale

- **Penurunan Beban Polutan**

Penurunan beban TSS = (1.620.925 m³ x 1000 L/m³) x (200,2 mg/L/10⁹ ton/mg)
= **325 ton**

Penurunan beban Nikel Terlarut = (1.620.925 m³ x 1000 L/m³) x (2,16 mg/L/10⁹ ton/mg)
= **3,5 ton**

Selain itu, program ini juga berkontribusi terhadap penghematan biaya sebesar **Rp51.864.737.225,00** dengan rincian perhitungan sebagai berikut:

- Efisiensi Air Bersih = Absolut Efisiensi Air (m³) x Pajak Air (Rp/m³ air)
= 1.620.925 m³ x 31.997,00 Rp/m³
= **Rp51.864.737.225,00**

Keterangan: biaya pajak air sesuai Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 37 Tahun 2023

- Efisiensi Pengelolaan Air Limbah = Penghematan TSS + Penghematan Nikel Terlarut
= (325 ton x Rp76.913,-/ton) + (3,5 ton x Rp685.959,-/ton)
= **Rp27.397.582,00**
- **Total Penghematan** = Efisiensi Air Bersih + Efisiensi Pengelolaan Air Limbah
= **Rp51.892.134.807,00**

Program inovasi **SEL POLISI di MP** dilakukan oleh perusahaan dengan tujuan jangka panjang yakni pertambangan berkelanjutan dengan **mengurangi penggunaan air**. Adanya program ini memberikan nilai tambah berupa **perubahan rantai nilai (*value chain optimization*) dan keuntungan**, sebagai berikut:

a. Produsen/Perusahaan

- Efisiensi pemakaian air pengolahan nikel sebesar 1.620.925 m³;
- Penghematan biaya operasional senilai Rp51.892.134.807,00;
- Menerapkan *sustainability mining practice* pada aspek konservasi air.

b. Supplier

- Mendapatkan nilai positif terhadap ESG dan SGD's;
- Meningkatkan nilai pendapatan supplier sebesar Rp225.228.000,00.
- Berkontribusi terhadap konservasi air

c. Konsumen

- Berkontribusi terhadap konservasi air
- Mendapatkan nilai positif terhadap ESG dan SDG's

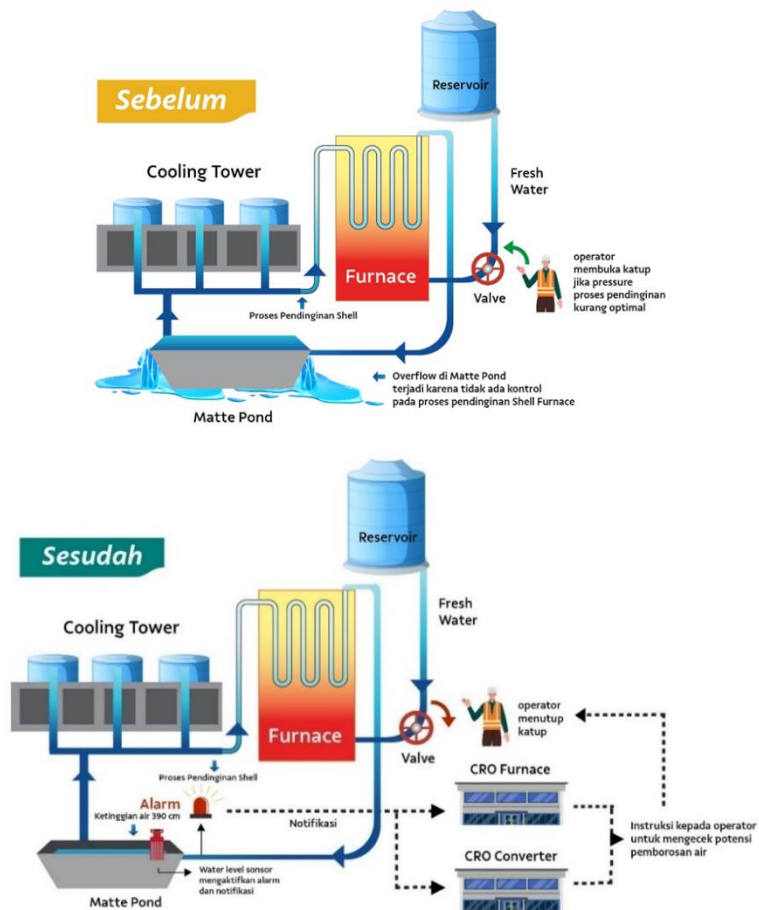


Program pemasangan sensor level air pada tahun 2023 berhasil menekan konsumsi air sebesar 1.620.925 m³ atau setara dengan penghematan sebesar Rp51.892.134.807,00 serta meningkatkan upaya daur ulang air pada proses produksi nikel. Upaya ini selaras dengan tujuan SDGs yaitu Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab, poin 12.5.1 Tingkat Daur Ulang Nasional.

Secara garis besar, dapat ditarik kesimpulan terkait upaya efisiensi ini yang mencakup beberapa hal:

1. Program Sensor level air pengendali *Overflow* adalah program efisiensi air dan penurunan beban pencemaran air dengan cara menjaga proses resirkulasi air secara optimal;
2. Pemasangan sensor level air PT Vale berhasil mengkonversi air sebesar 1.620.925 m³ dan penurunan beban pencemaran air limbah sebesar 325 ton untuk parameter TSS dan 3,5 ton untuk nikel terlarut; dan
3. Inovasi pemasangan sensor level air untuk kontrol resirkulasi air di *furnace* berdampak positif terhadap penghematan biaya sebesar **Rp51.892.134.807,00**.

Visualisasi Program SEL POLISI di MP



Gambar 26. Sistem Resirkulasi Air pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale



Tabel 5. Kondisi lapangan sensor pengendali *overflow*

Program Penggunaan Biomass Sebagai Pereduksi di *Reduction Kiln*

PROBIOTIK

Tim Inovator: Umar Kasmon, Bima Sakti Satria Wibawa, Laudza Adi Nugraha,
Tuah Kudratzat, Arie Dewanto
E-mail: Umar@vale.com

PT Vale Indonesia (PT Vale) memiliki pabrik pengolahan bijih nikel dengan prinsip pirometalurgi. Produksi nikel dengan menggunakan prinsip pirometalurgi memerlukan energi panas untuk melebur bijih nikel menjadi nikel dalam bentuk *matte* dan sejumlah *Slag*. Pengolahan bijih nikel merupakan proses kompleks yang melibatkan serangkaian tahapan seperti penambangan, penghancuran, pemisahan, dan pemurnian bijih untuk menghasilkan nikel yang kemudian digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Proses ini umumnya memerlukan konsumsi energi dan material lain yang sering kali berasal dari bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang signifikan selama proses pengolahan.

Motivasi Awal

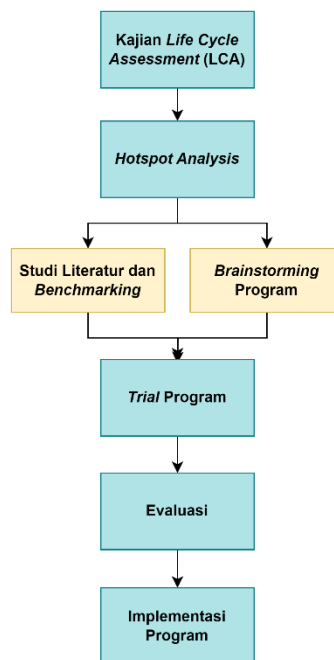
Salah satu pemrosesan dalam pembentukan *nickel matte* yang menimbulkan emisi GRK adalah kalsinasi, dimana *Reduction Kiln Feed* (RKF) yang telah dikeringkan oleh *Dryer Kiln* dimasukkan ke dalam *Reduction Kiln* dengan penambahan beberapa material, yaitu sulfur dan batubara sebagai reduktan. Batubara yang digunakan dimanfaatkan unsur karbonnya untuk proses reduksi. Batubara memiliki faktor emisi yang cukup besar dan merupakan bahan bakar tidak terbarukan. Dalam rangka mengutamakan prinsip *sustainability* perusahaan, maka PT Vale berusaha untuk mengganti batubara dengan material lain yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui.

Deskripsi Program Inovasi

Sesuai dengan nama program ini yakni **Program Penggunaan Biomass Sebagai Pereduksi di *Reduction Kiln* (PROBIOTIK)** berawal dari ide yang dicetuskan oleh tim internal PT Vale untuk menggantikan batubara sebagai reduktan dengan biomassa yang memiliki unsur karbon yang lebih tinggi daripada batubara. Berdasarkan berbagai pertimbangan, termasuk unsur-unsur pendukung yaitu *fixed carbon*, *ash*, *volatile matter*, dan *total moisture*, maka dipilih biomassa yang berasal dari cangkang sawit sebagai pengganti batubara sebagai reduktan. Selain itu, biomassa juga dapat terus diperbarui atau *sustainable* dan lebih ramah lingkungan. Inovasi ini pertama kali diimplementasikan di Indonesia pada sektor Tambang Mineral dan pengolahan bijih nikel atau menurut *best practice* tahun 2019 – 2022 dari Kementerian

Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan belum pernah diimplementasikan pada sektor Tambang Mineral.

Penerapan program **PROBIOTIK** ini dilakukan di *Process Plant* Department tepatnya di area *Reduction Kiln* PT Vale Indonesia Tbk. Adapun pada *Reduction Kiln* terdapat penambahan beberapa material, yaitu sulfur dan batubara yang nantinya diganti dengan biomassa. Berikut disampaikan alur program inovasi **PROBIOTIK**:



Gambar 27. Alur Implementasi Program

Upaya penurunan beban emisi dapat dikuantifikasi dengan metode perhitungan sesuai dengan *Guidelines* IPCC yang dirilis tahun 2006. Perhitungan ini mempertimbangkan *carbon content*, massa batubara dan biomassa yang digunakan, serta pajak karbon sesuai dengan *Guidelines* PNR 00056. Metode perhitungan tersebut disajikan pada poin-poin berikut:

Beban Emisi Batubara

$$\text{Beban Emisi Batubara} = \text{Carbon Content} \times \text{Massa Batubara} \times \text{Faktor Emisi}$$

Beban Emisi Biomassa

$$\text{Beban Emisi Biomassa} = \text{Carbon Content} \times \text{Massa Batubara} \times \text{Faktor Emisi (FE = 0)}$$

Penurunan Beban Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Penurunan beban emisi GRK = Beban Emisi Batubara – Beban Emisi Biomass

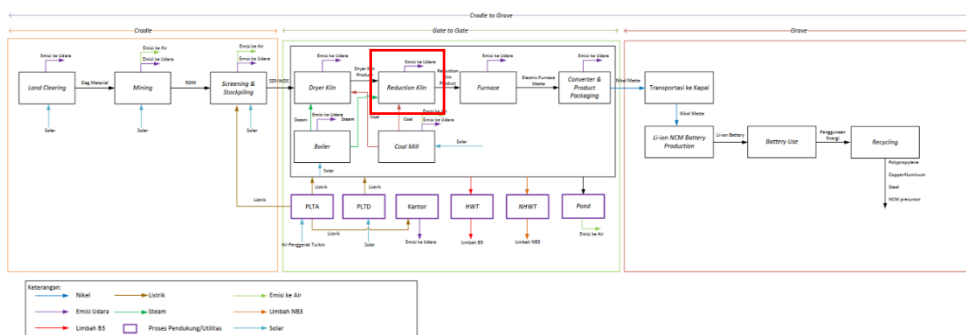
Penghematan Program PROBIOTIK (Rp)

Penghematan Program = Penurunan Bebas Emisi x Harga *Carbon Tax* (Rp)
(\$50 (Kurs \$1 = Rp16.371,00) *Guidelines* PNR 00056

Perubahan subsistem pada inovasi **PROBIOTIK** yaitu dengan melakukan modifikasi pada proses penggantian batubara dengan biomassa dari cangkang sawit pada unit *Reduction Kiln* nomor 1 dan 2 meningkatkan kadar karbon dalam *Reduction kiln*, sehingga disamping menghilangkan CO₂ secara harfiah, secara faktual juga mengurangi potensi pembakaran tidak sempurna yang berdampak pada meningkatnya kadar CO pada *stack*. Berdasarkan data yang diperoleh, intensitas konsumsi biomassa per satuan produk RKP nampak menurun sehingga penggunaan energi berkurang (*energy minimize*).

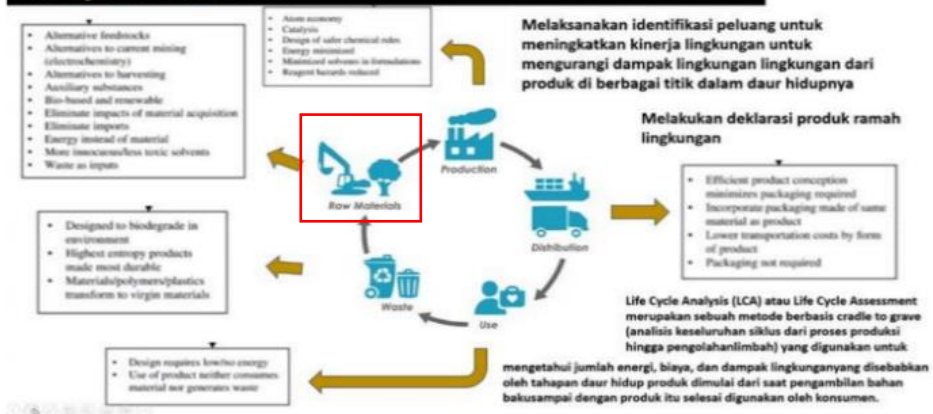
PROBIOTIK merupakan program hasil rekomendasi dari *Life Cycle Assessment* (LCA) PT Vale. Program ini berpotensi menurunkan dampak lingkungan terbesar, yaitu program untuk mengurangi volume pemakaian bahan bakar yang tidak terbarukan dari proses PT Vale Indonesia Tbk. Sehingga program ini mampu menurunkan dampak GWP, *Non-Renewable Energy*. Program ini juga diimplementasikan di area dengan *hotspot* GWP terbesar, yaitu di unit *Reduction Kiln*.

Pelaksanaan **PROBIOTIK**, berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat penggunaan sampah cangkang sawit yang biasanya dibuang ke *landfill* menjadi berguna sebagai pengganti batubara. Program **PROBIOTIK** juga termasuk ke dalam peluang perbaikan LCA untuk *raw material* dengan detail pemanfaatan *waste as input* dan *energy instead of material*.



Gambar 28. Life Cycle Assessment (Implementasi PROBIOTIK)

PELUANG PERBAIKAN LINGKUNGAN AKIBAT PENERAPAN Life Cycle Assessment



Gambar 29. Circular Business Model (Implementasi Program PROBIOTIK)

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular



Gambar 30. Implementasi strategis praktis ekonomi sirkular pada program PROBIOTIK

Program inovasi lingkungan yang berkaitan dengan emisi akan berkaitan pula dengan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular merupakan sistem atau model ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian, sehingga meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh pendekatan ekonomi linear (Ellen MacArthur, 2013).

Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Program **PROBIOTIK** memiliki kaitan pada prinsip 1, yaitu mengganti bahan-bahan yang tidak terbarukan dengan bahan terbarukan, yaitu dengan melakukan substitusi reduktan yang awalnya merupakan batubara, menjadi biomassa. **PROBIOTIK** mengganti bahan-bahan terbarukan yang tingkat regenerasinya rendah ke bahan yang tingkat regenerasinya lebih cepat. Pada hal ini, batubara merupakan bahan bakar yang berasal dari fosil tanaman yang tingkat regenerasinya 290 juta tahun yang diganti menjadi biomassa yang berasal dari sawit dengan waktu panen selama 5,5 bulan. **PROBIOTIK** mendorong mobilitas terbarukan, dengan mengganti reduktan dengan biomassa yang merupakan sumber daya baru terbarukan.

Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program **PROBIOTIK** berdampak pada berkurangnya cangkang sawit yang biasanya dibuang langsung ke *landfill*. Dengan melakukan pemanfaatan biomassa cangkang sawit tersebut, **PROBIOTIK** berkontribusi kepada berkurangnya subsidi pemerintah terhadap pengelolaan sampah di *landfill*.

Prinsip 3: Sistem tertutup

Penggunaan cangkang sawit sebagai biomassa pengganti batubara di unit *Reduction Kiln* sejalan dengan target PT Vale untuk mengurangi Gas Rumah Kaca hingga 33% pada tahun 2030. Batubara sebagai penyumbang Gas Rumah Kaca terbesar digantikan oleh biomassa cangkang sawit dengan memanfaatkan unsur karbon di dalamnya dengan kadar yang cukup tinggi sebagai pereduksi *ore*.

Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya alam dalam sistem

Perjanjian antar perusahaan terjalin dalam proses implementasi **PROBIOTIK**, dimana Pabrik Kelapa Sawit (PKS) diuntungkan karena tidak perlu melakukan pengelolaan dan mengeluarkan anggaran untuk limbah cangkang sawitnya. Industri biomassa juga diuntungkan karena produknya dibeli oleh industri secara partai besar, sehingga industri biomassa yang notabene merupakan UMKM yang dikelola oleh masyarakat di pedesaan akan mendapatkan pendapatan dengan jumlah yang sangat besar. PT Vale sebagai pabrik penghasil *nickel matte* juga diuntungkan karena adanya biomassa ini sejalan dengan komitmen perseroan untuk mereduksi Gas Rumah Kaca dan untuk mengimplementasikan kaidah-kaidah pertambangan berkelanjutan.

Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Pengadaan biomassa yang berasal dari cangkang sawit adalah produk musiman, dimana sawit sendiri akan matang dan bisa dipanen ketika umur buahnya sudah menginjak 5,5 bulan. Artinya dalam 1 tahun terjadi dua kali masa panen. Produk sawit juga merupakan produk lokal asli Indonesia, dimana penduduk memanen sawitnya dari kebun-kebun milik warga.

Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program **PROBIOTIK** terbukti berhasil pada masa *trial*-nya dan akan diimplementasikan di masa depan sebagai pengganti batubara. PT Vale merencanakan kesinambungan dan kebermanfaatan tidak hanya untuk perusahaan saja, namun juga untuk masyarakat setempat. PT Vale juga merencanakan akan membangun pabrik biomassa di Sulawesi dengan sumber biomassa yang berasal dari tanah Sulawesi juga. Tentu dengan adanya pabrik ini akan menambah lapangan pekerjaan baru, meningkatkan pendapatan masyarakat, serta dapat menghasilkan biomassa dengan harga yang terjangkau karena produk melimpah dan jarak tempuh ke pabrik menjadi lebih dekat.

Prinsip 7: Pendidikan ekonomi sirkular

Program **PROBIOTIK** merupakan yang pertama diimplementasikan di Vale Global Group dan di Indonesia sebagai reduktan pengganti batubara. *Sharing Knowledge* dilakukan di Internal Vale Group dan site lain ikut berlomba untuk melakukan replikasi program **PROBIOTIK**. Dalam berbagai kesempatan juga PT Vale melakukan *sharing progress* program dekarbonisasi PT Vale, yang salah satunya adalah program **PROBIOTIK**.

Perubahan sistem dari program **Program Penggunaan Biomass Sebagai Pereduksi di Reduction Kiln (PROBIOTIK)** akan berdampak pada alur proses yang dilakukan oleh perusahaan. Alur proses tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kondisi sebelum adanya program
Reduktan yang digunakan adalah batubara yang memiliki faktor emisi 95.297 tCO₂eq/TJ. Kebutuhan reduktan per tahunnya dapat mencapai 121.949.000 kg batubara. Sementara itu, batubara tidak banyak tersedia di area penambangan PT Vale. Maka dari itu, diperlukan pembelian dan transportasi batubara dari tambang batubara menuju *site* PT Vale di Sulawesi Selatan.
- b. Kondisi setelah adanya program
Dengan melakukan inovasi **PROBIOTIK**, biomassa dari cangkang sawit digunakan sebagai pengganti batubara. Saat ini dilakukan formulasi mulai dari 10% hingga 50% dengan menggunakan biomassa sebanyak 2.500.000 kg. Secara langsung, jumlah reduktan yang diperlukan berkurang signifikan. Selain itu, biomassa yang digunakan terdapat di tanah Sulawesi sehingga akan meminimalisir transportasi massa.
Pada implementasi program **PROBIOTIK** juga dilakukan “*Value Chain Optimization*” yang dapat memberikan keuntungan bagi *supplier* yaitu memiliki produsen baru di sektor pertambangan, serta adanya peluang untuk mereplikasi biomassa sebagai reduktan di industri lain. Selain itu, keuntungan bagi konsumen berupa menurunnya angka gas rumah kaca perusahaan dan semakin baiknya reputasi perusahaan sebagai perusahaan tambang yang mengindahkan *Good Mining Practice*.

Dampak Lingkungan Program PROBIOTIK

Dampak lingkungan yang dapat direduksi adalah berupa pengurangan GRK pada tahun 2023 sebesar 6.967 tCO₂-eq yang setara dengan penghematan biaya sebesar Rp888.893.500,00. Perhitungan nilai absolut dan penghematan program yakni sebagai berikut:

Perhitungan Hasil Absolut

Penggunaan batubara sejumlah biomassa	= 2.500.000 kg
Faktor emisi batubara (FE)	= 3,667 tCO ₂ eq/t
Carbon Content rerata 2022	= 76%
Emisi batubara	= Carbon Content x massa batubara x FE = 76% x 2.500 ton x 3,667 tCO ₂ eq/t = 6.967 tCO ₂ eq
Penurunan Beban Emisi GRK	= Emisi batubara yang digantikan oleh biomassa = 6.967 tCO₂eq

Perhitungan Penghematan Anggaran

Penghematan (Rp)	= Penurunan Beban Emisi GRK x Harga Carbon Tax (Rp) = 6.967 tCO ₂ eq x Rp836.550,00/ tCO ₂ eq = Rp58.282.440.000,00
------------------	--

Nilai tambah dari program inovasi ini adalah berupa perubahan rantai nilai (*value chain optimization*) dan keuntungan yang diperoleh dari program **PROBIOTIK** adalah:

a. Produsen/Perusahaan

- Mengurangi potensi gas CO dari pembakaran tidak sempurna;
- Mengurangi emisi GRK di *Reduction Kiln* sebesar 6.967 tCO₂eq;
- Produsen mendapatkan penghematan sebesar Rp58.282.440.000,00 dari pengaplikasian program ini.

b. Supplier

- Supplier mendapat konsumen baru di sektor tambang dengan pembelian yang cukup besar, setara dengan Rp 17,4 milyar;
- Memberdayakan masyarakat sekitar supplier untuk menyediakan biomassa;
- Membuka peluang kontrak jangka panjang dengan PT Vale, karena direncanakan sebanyak 50% reduktan di PT Vale akan menggunakan biomassa.

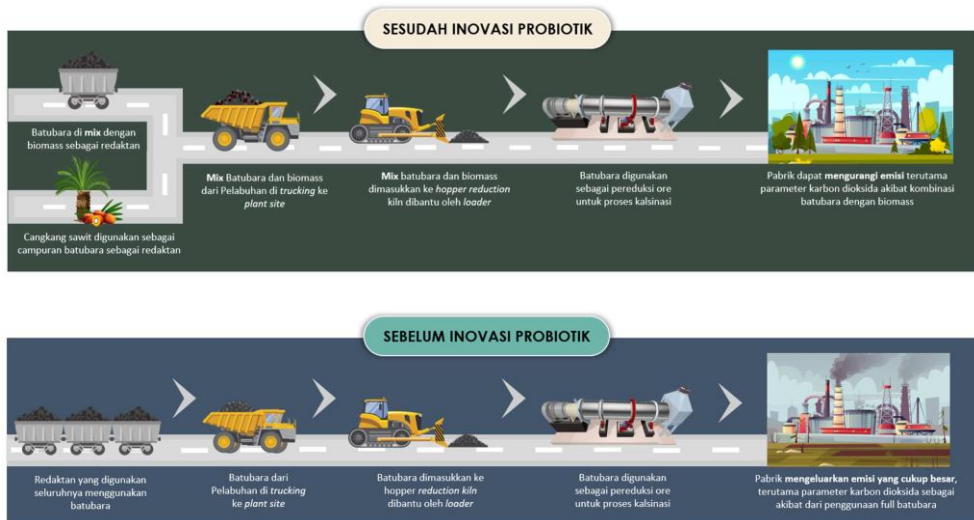
c. Konsumen

- Mengurangi material *non-renewable energy* yang digunakan untuk memproses produk.

Secara garis besar, dapat ditarik kesimpulan terkait upaya efisiensi ini yang mencakup beberapa hal:

1. Program **PROBIOTIK** PT Vale menjadi upaya penurunan beban emisi GRK dengan cara substitusi penggunaan batubara menjadi *biomassa* sebagai reduktan;
2. Implementasi **PROBIOTIK** dapat menurunkan emisi GRK sebesar 6.967 tCO₂eq dan efisiensi biaya sebesar Rp1.111.284.000,00.
3. **PROBIOTIK** menjadi salah satu komitmen PT Vale dalam menerapkan pengelolaan lingkungan hidup berkelanjutan serta *sustainable mining*.

Visualisasi Program PROBIOTIK



Gambar 31. Sistem Penggunaan Reduktan Batubara pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale

Program Jalur Alternatif *Auxiliary Grid*

ROJALI

Azhar, Wahyu Setiadjati, Fahmi Izdiharrudin, Baso Murdin,

Muhammad Ihsan, Soultan Simamora

E-mail: azhar@vale.com

Pada kegiatan utama **PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale)**, terdapat dua jenis pembebanan listrik yaitu beban *auxiliary* (suplai seluruh kebutuhan listrik *plantsite* selain *furnace*) dan beban tanur listrik (*furnace*). Kedua beban ini dipisahkan agar tidak saling terpengaruh yang bersumber dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pada saat ada perawatan rutin dan permasalahan salah satu jalur, maka energi *backup* diaktifkan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Selama proses perawatan dilakukan, energi harus terus disuplai melalui PLTD tersebut.

Motivasi Awal

PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) memiliki komitmen untuk menurunkan intensitas energi sebesar 5% atau sebesar 400 GJ/tNi pada tahun 2030. Hal tersebut berdasarkan data *Baseline* intensitas energi pada tahun 2017 yaitu sebesar 421,1 GJ/tNi. Jika berdasarkan data intensitas energi pada tahun 2017 tersebut, maka target penurunan intensitas energi yaitu sebesar 21,1%. Data terakhir yaitu per bulan Juni 2023, intensitas energi PT Vale berada di angka 416,55 GJ/tNi. PT Vale terus berupaya untuk menurunkan intensitas energi untuk mencapai target di angka 400 GJ/tNi. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan intensitas energi untuk mencapai 400 GJ/tNi diantaranya dengan melakukan inisiatif-inisiatif program salah satunya adalah dengan mengimplementasikan program “**Jalur Alternatif *Auxiliary Grid* (ROJALI)**”.

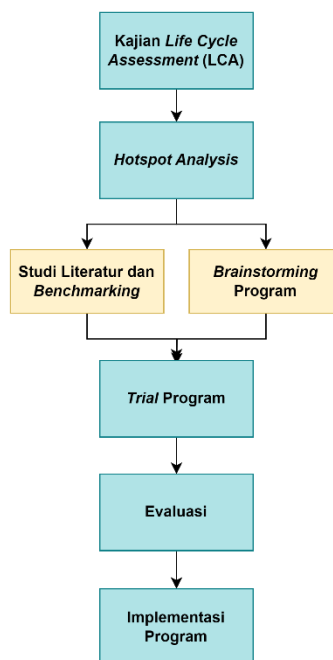
PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) mempunyai 7 unit pembangkit listrik tenaga air di 3 lokasi yang berbeda. Secara karakteristik ada dua jenis pembebanan, yaitu beban *auxiliary* (suplai seluruh kebutuhan listrik *plantsite* selain *furnace*) dan beban *furnace*. Dua beban ini dipisahkan antara satu dan lainnya agar tidak saling terpengaruh sehingga ada 2 pembangkit listrik tenaga air yang menyuplai beban *auxiliary* dan 5 pembangkit listrik tenaga air lainnya menyuplai beban *furnace*. Pada saat ada perawatan di salah satu jalur, maka digunakan energi dari pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yaitu pada proses *recovery auxiliary grid* akibat adanya gangguan pada sistem kelistrikan ataupun ketika adanya kegiatan pemeliharaan atau perbaikan peralatan termasuk busbar 150kV A21/A22.

Konfigurasi dua busbar 150kV A21/A22 dimana salah satunya merupakan jalur untuk menyuplai *auxiliary grid* dan jalur lainnya untuk menyuplai *furnace grid* membuat aktivitas pemeliharaan pada busbar 150kV A21/A22 sangat sulit untuk dilakukan dikarenakan aktivitas ini akan mengganggu proses produksi. Sehingga PT Vale harus mengalihkan sumber *power*

normal auxiliary yang dari 2 pembangkit listrik tenaga air (PLTA) ke sumber *power* dari PLTD sebesar 45MW selama kegiatan pemeliharaan atau perbaikan di salah satu busbar 150kV A21/A22 setiap tahunnya.

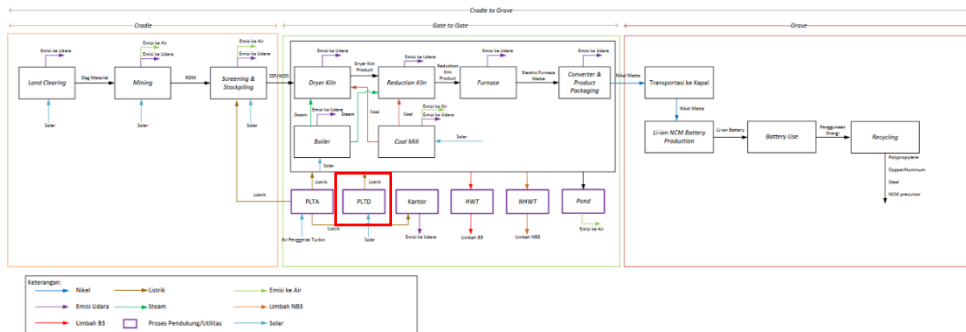
Deskripsi Program Inovasi

Hasil analisis dari *Life Cycle Assessment* (LCA) menyimpulkan bahwa terdapat potensi-potensi untuk menurunkan dampak lingkungan dari *global warming*. Salah satu potensi yang dapat dilakukan oleh PT Vale untuk menurunkan *global warming* yaitu menghilangkan kontribusi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sebagai sumber listrik di *Process Plant* pada lingkup *gate to gate*. Alur program inovasi jalur alternatif *auxiliary grid* (**ROJALI**) di PT Vale dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 32. Alur Implementasi Program ROJALI

Program **ROJALI** dilaksanakan di unit *Process Plant* yang telah dikaji dalam kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) 2023. Dalam kajian LCA, produksi *nickel matte* termasuk dalam ruang lingkup produksi. Pelaksanaan program ini berdampak pada *wasted capacity (resource pooling)*, dimana terdapat penghematan konsumsi HSD *fuel* dari PLTD menjadi Energi Baru Terbarukan dari PLTA.



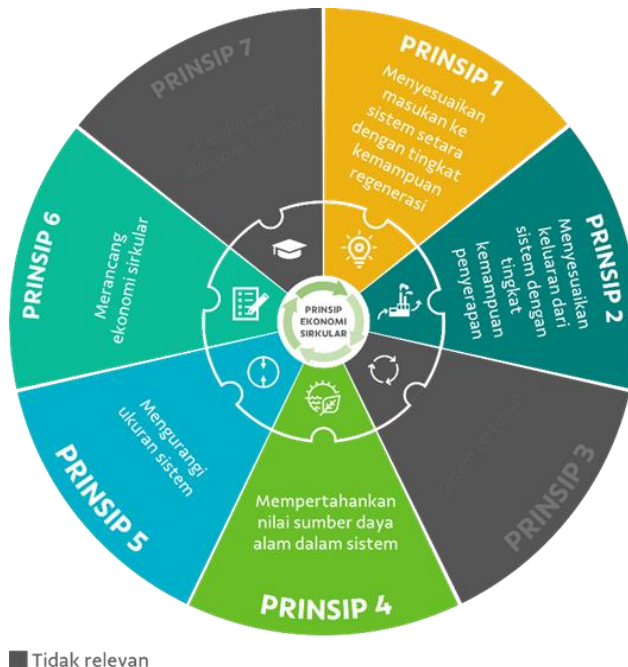
Gambar 33. Life Cycle Assessment (Implementasi ROJALI)



Gambar 34. Circular Business Model (Implementasi Program ROJALI)

Keterkaitan Program dengan Ekonomi Sirkular

Program inovasi lingkungan mengenai program **ROJALI** berkaitan juga dengan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular merupakan sistem atau model ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian, sehingga meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh pendekatan ekonomi linear (Ellen MacArthur, 2013). Kaitan program **ROJALI** dengan ekonomi sirkular diantaranya sebagai berikut:



Gambar 35. Impementasi Strategis Praktis Ekonomi Sirkular pada Program ROJALI

Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Program **ROJALI** ini secara praktis menonaktifkan penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang berbahan bakar HSD (Energi Fosil) menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang merupakan Energi Baru Terbarukan. Program ini berhasil menghemat konsumsi HSD sebesar 42.204.960 liter. Secara langsung mengimplementasikan poin “Mengganti bahan-bahan yang tidak terbarukan dengan bahan-bahan yang terbarukan (Energi Listrik Tenaga Air)”.

Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program **ROJALI** yang bersumber energi dari PLTA dalam praktiknya dapat menurunkan emisi Gas Rumah Kaca sebesar 77.978 ton CO₂e. Secara langsung mengimplementasikan poin “Mengganti proses dengan proses yang tingkat timbulan sampah/limbah lebih rendah (proses eco-efisiensi)”.

Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya alam sistem

Program **ROJALI** pada praktiknya menonaktifkan operasional PLTD yang memiliki daya tahan yang terbatas dibandingkan dengan PLTA yang memiliki daya tahan lebih baik. Secara langsung mengimplementasikan poin “Meningkatkan daya tahan”.

Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Dengan adanya program **ROJALI**, PT Vale mengurangi konsumsi HSD yang berarti tidak membutuhkan pengadaan barang untuk *maintenance* unit PLTD yang tidak ramah lingkungan. Selanjutnya yang dibutuhkan adalah pengadaan barang-barang yang ramah

lingkungan untuk pemeliharaan PLTA. Secara langsung mengimplementasikan poin “Mempromosikan pengadaan ramah lingkungan”.

Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program **ROJALI** merupakan metodologi baru yang diterapkan di PT Vale dan Tambang sejenis. Metode yang dilakukan yaitu dengan penambahan jalur alternatif bersumber PLTA untuk kebutuhan listrik *Auxiliary Grid* PT Vale. Secara langsung mengimplementasikan poin “Merancang metodologi baru untuk menjamin perbaikan berkelanjutan”.

Program Jalur Alternatif *Auxiliary Grid* (**ROJALI**) berdampak pada perubahan sub-sistem dimana terjadi perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan memberikan keuntungan dalam rantai nilai produk (*value chain optimization*) dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Kondisi Sebelum Adanya Program

Pada saat dilakukan pemeliharaan yang rutin dilakukan, kegagalan peralatan dan perbaikan insidental jaringan kelistrikan *auxiliary grid* PT Vale akan mengaktifkan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) agar tetap mengalirkan daya listrik dan tidak mengganggu proses produksi.

b. Kondisi Setelah Adanya Program

PT Vale Indonesia Tbk membangun fasilitas jalur alternatif pada gardu induk 150k yang bersumber dari PLTA. Sehingga, pada saat dilakukan pemeliharaan yang rutin dilakukan, kegagalan peralatan dan perbaikan insidental jaringan kelistrikan *auxiliary grid* tidak perlu menggunakan energi dari PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) kini bersumber dari PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Jalur alternatif *power supply auxiliary grid* ini merupakan fasilitas yang dibangun secara permanen sehingga aktivitas pemeliharaan tahunan secara rutin yang membutuhkan pengoperasian PLTD tidak lagi dibutuhkan sehingga dampak positif bisa dirasakan tiap tahunnya. Selain itu, fasilitas ini dapat dijadikan jalur alternatif ketika adanya kegagalan peralatan kelistrikan sehingga bisa meminimalisir biaya operasi dan mencegah produksi emisi gas rumah kaca (*Green House Gases*, GHG).

Dampak Lingkungan Program ROJALI

Setelah dilakukan implementasi dari program **ROJALI**, PT Vale melakukan hemat bahan bakar diesel sebanyak 42.204.960 liter (periode Januari-Juni 2023), efisiensi energi sebesar 787.220 GJ, penurunan emisi GHG sebesar 77.978 ton CO₂e, setara dengan penghematan biaya sebesar Rp571.266.645.000,00. Perhitungan penghematan energi berdasarkan hasil absolut dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Perhitungan Hasil Absolut Program ROJALI

Aktivitas		Pemeliharaan 150kV Busbar A21/A22	Penggantian DS 150kV Motorized	Breaker A2L4 fail (<i>unplan condition</i>)	Total Penghematan
Dari Pembangkit Tenaga Diesel	Bahan Bakar (L)	1.061.760	3.716.160	37.427.040	42.204.960
	Biaya (\$)	1.029.907,00	3.604.675,20	36.304.229,00	40.938.811,20
	Energi (GJ)	35.011,00	122.537,41	1.234.126,72	1.391.675,13
Jalur Alternatif dari PLTA	Bahan Bakar (L)	0	0	0	0
	Biaya (\$)	71.808,00	251.328,00	2.531.232,00	2.854.368,00
	Energi (GJ)	15.206,00	53.222,40	536.025,60	604.454,00
Penghematan	Biaya (\$)	958.099,00	3.353.347,00	33.772.997,00	38.084.443,00
	Energi (GJ)	19.804,29	69.315,01	698.101,12	787.220,42

Perhitungan penghematan atau efisiensi energi dengan adanya program **ROJALI** berdasarkan **Tabel 6** yaitu sebagai berikut:

Maintenance DS 150kV Busbar
MBDG Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 4 hari
 Index konsumsi HSD per-hari = 176.400 L/hari
 Pemakaian HSD dengan PLTD = 4 hari x 176.400 L/hari
 = 705.600 Liter

Cat Diesel Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 4 hari

 Index konsumsi HSD per-hari = 89.040 L/hari
 Pemakaian HSD dengan PLTD = 4 hari x 89.040 L/hari
 = 356.160 Liter'
 Total Konsumsi HSD = 705.600 Liter + 356.160 Liter
 = 1.061.760 Liter
 1 Liter = 0,3297 GJ sehingga:
 Total Energi dalam GJ = 1.061.760 Liter x 0,3297 GJ/Liter
 = **35.011 GJ**

ROJALI

Total energi dalam GJ = Energi dengan HSD x 0.43
 = 35.011 GJ x 0.43
 = **15.206 GJ**

Penggantian DS 150kV Motorized
MBDG Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 14 hari
 Index konsumsi HSD per-hari = 176.400 L/hari
 Pemakaian HSD dengan PLTD = 14 hari x 176.400 L/hari
 = 2.469.600 Liter

Cat Diesel Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 14 hari
 Index konsumsi HSD per-hari = 89.040 L/hari

Pemakaian HSD dengan PLTD = 14 hari x 89.040 L/hari
= 1.246.560 Liter

Total Konsumsi HSD = 2.469.600 Liter + 1.246.560 Liter
= 3.716.160 Liter

1 Liter = 0,3297 GJ sehingga:
Total Energi dalam GJ = 3.716.160 Liter x 0,3297 GJ/Liter
= **122.537 GJ**

ROJALI

Total energi dalam GJ = Energi dengan HSD x 0.43
= 122.537 GJ x 0.43
= **53.222 GJ**

Breaker A2L4 Shutdown MBDG Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 141 hari
Index konsumsi HSD per-hari = 176.400 L/hari
Pemakaian HSD dengan PLTD = 141 hari x 176.400 L/hari
= 24.872.400 Liter

Cat Diesel Power Generation

Jumlah hari *maintenance* = 141 hari
Index konsumsi HSD per-hari = 89.040 L/hari
Pemakaian HSD dengan PLTD = 141 hari x 89.040 L/hari
= 12.554.640 Liter

Total Konsumsi HSD = 24.872.400 Liter + 12.554.640 Liter
= 37.427.040 Liter

Total Energi dalam GJ = 37.427.040 Liter x 0,3297 GJ/Liter
= **1.234.126 GJ**

Hydropower Plant (Bypass)

Total energi dalam GJ = Energi dengan HSD x 0.43
= 1.234.126 GJ x 0.43
= **536.025 GJ**

Efisiensi Energi (GJ)

Energi *Hydropower Plant*) = Kebutuhan HSD *Power Generation*) – (Kebutuhan
= 1.391.675 GJ – 604.454 GJ
= **787.220 GJ**

Perhitungan Penghematan Anggaran

Penghematan (Rp) = (Harga Energi HSD *Power Generation*) – (Harga Energi
Hydropower Plant)
= (1.391.675 GJ x 29.42 USD/GJ) – (787.330 x 4.72
(USD/GJ)
= 38.084.443 USD x 15.381 Rupiah/USD
= **Rp585.776.817.783,00**

Program inovasi **ROJALI** dilakukan oleh PT Vale dan memberikan nilai tambah berupa perubahan rantai nilai (*value chain optimization*) dan keuntungan, sebagai berikut:

a. Produsen/Perusahaan

- Menerapkan *sustainable mining* di aspek efisiensi energi;
- Menghemat anggaran untuk pembelian bahan bakar diesel sebesar Rp585.776.817.783,00;
- Optimalisasi kinerja PLTA Larona, Balambano dan Karebbe.

b. Supplier

- Mendapatkan nilai positif terhadap *ESG* dan *SDG's*;
- Berkontribusi terhadap minimasi penggunaan energi fosil;
- Mendapatkan keuntungan senilai Rp30.448.605.000,00.

c. Konsumen

- Berkontribusi terhadap minimasi penggunaan energi fosil;
- Mendapatkan perspektif baru mengenai *green product*;
- Mendapatkan nilai positif terhadap *ESG* dan *SDG's* perusahaan.

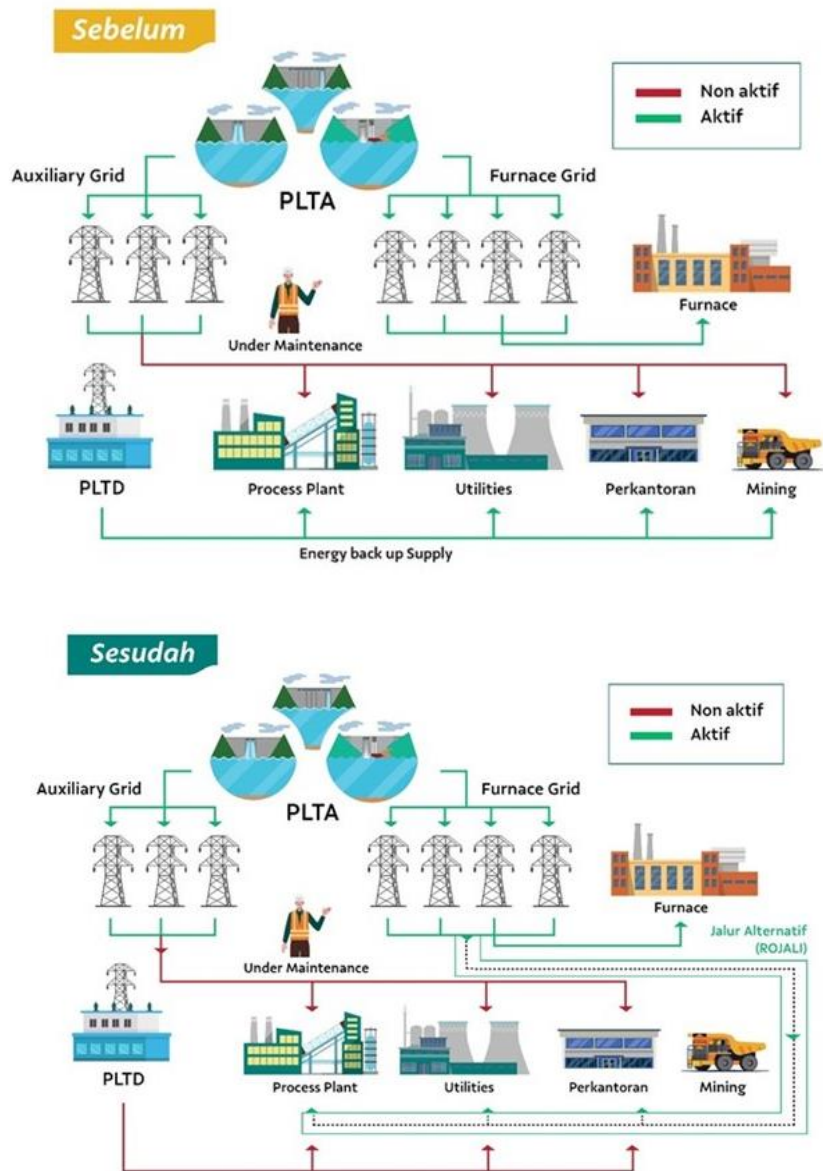


Program **ROJALI** pada tahun 2023 berhasil mengeliminasi konsumsi diesel sebanyak 42.204.960 liter atau setara dengan 787.220 GJ dengan nilai penghematan Rp585.776.817.783,00 selaras dengan tujuan SDGs yaitu Energi Bersih dan Terjangkau poin 7.3.1 Intensitas Energi Primer.

Secara garis besar, dapat ditarik kesimpulan terkait upaya efisiensi ini yang mencakup beberapa hal:

1. Program **ROJALI** yang diterapkan PT Vale berhasil menekan efisiensi pemakaian bahan bakar diesel sebanyak 42.204.960 liter (periode Januari-Juni 2023);
2. Efisiensi energi dan emisi dari program **ROJALI** secara tidak langsung juga terjadi sebesar 787.220 GJ dan 77.978 ton CO₂e untuk GRK atau *Green House Gases* (GHG);
3. Penghematan biaya dari implementasi program **ROJALI** berhasil dioptimalkan hingga mencapai **Rp571.266.645.000,00**.

Visualisasi Program ROJALI



Gambar 36. Sistem Jalur Alternatif *Auxiliary Grid* pada Proses Pengolahan Bijih Nikel PT Vale



Gambar 37. Kondisi Lapangan Jalur Alternatif *Auxiliary Grid*

PENUTUP

Memperhatikan berbagai kegiatan pertambangan yang beragam di **PT Vale Indonesia Tbk.** (PT Vale) inovasi yang dilakukan Perusahaan untuk mengupayakan penanggulangan aspek limbah (baik B3 maupun non B3), air, emisi, dan energi diharapkan dapat memberi *insight* dan gerakan pada pembaca terkait:

1. Segala potensi risiko penurunan lingkungan akibat kegiatan pertambangan dapat dikendalikan secara komprehensif dengan perencanaan yang baik dan dijadikan sebagai menjadi komitmen bersama dalam berkegiatan;
2. PT Vale terus menjunjung tinggi pengelolaan lingkungan agar dapat menurunkan potensi risiko tanpa harus menurunkan kualitas produksi;
3. Inovasi lestari PT Vale terbukti memberikan dampak positif terhadap kualitas lingkungan dan efisiensi biaya operasional maupun *maintenance* ;
4. Inovasi lestari PT Vale akan bertahap dilakukan pembaruan, seiring berjalannya teknologi dan dinamika pengelolaan lingkungan pertambangan;
5. Semua inovasi ini menjadi bagian dari upaya PT Vale untuk selalu menerapkan *sustainable mining*.

Keberhasilan implementasi inovasi lestari tidak terlepas dari semua *department* terkait di PT Vale Indonesia Tbk. Komunikasi, koordinasi, kesepahaman, keselarasan, dan tentunya komitmen menjadi kunci implementasi inovasi lingkungan yang optimal dan efektif. Dengan diterbitkannya buku **Inovasi Lestari PT Vale Indonesia Tbk.** ini, diharapkan dapat memberikan inspirasi dan motivasi kepada perusahaan lain untuk terus menjaga kelestarian lingkungan dan terus bertanggungjawab penuh atas kegiatan usaha yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Canterford J.H.. (1978). Leaching of Some Australian Nickeliferous Laterites With H_2SO_4 at Atmospheric Pressure. *Proc. Aust. Inst. Min. Metall* 265:19-26.
- [2] Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector. *Ellen MacArthur Foundation*, 1-112.
- [3] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. *Chapter 1. Introduction. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, 1-21.
- [4] Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [5] PNR 00056. Carbon Pricing Manual for Investments
- [6] Presiden Republik Indonesia. (2014). Peraturan No. 101: Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Republik Indonesia.
- [7] R Samsinar, R., Almanda, D., & Priatna, E. (2019). Sistem Peningkat Ganti Oli Berdasarkan Running Hours Mesin, Lama Waktu Pemakaian dan Kekentalan Oli pada Mesin Wire Drawing Berbasis Raspberry Pi 1. *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOMputeR)*, 2(2), 121-130.
- [8] Syahdanni, L. R. A., & Sutantra, I. N. (2018). Studi eksperimen pengaruh temperatur dan viskositas pelumas terhadap performa kendaraan transmisi manual (Honda Sonic 150R). *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), E61-E66.
- [9] Watanabe, T., Ono, S., Arai, H., & Matsumori, T. (1987). Direct Reduction of garnierite ore for production of ferro-nickel with a rotary *Kiln* at Nippon Yakin Kogyo Co., Ltd., Oheyama Works. *International Journal of Mineral Processing*, 19(1-4), 173-187.
- [10] Worrell, E., Price, L., Neelis, M., Galitsky, C., & Zhou, N. (2007). World best practice energy intensity values for selected industrial sectors.



ISBN 978-623-91772-3-2 (PDF)

