

Transforming Legacy, Shaping Possibilities:

Menggali Potensi yang Berkelanjutan Melalui
Inovasi Pengelolaan Lingkungan Tambang
Nikel PT Vale Indonesia Tbk.

Umar Kasmon, dkk



Penyunting

Rizki Pratiwi, dkk



TRANSFORMING LEGACY, SHAPING POSSIBILITIES:

**Menggali Potensi yang Berkelanjutan Melalui Inovasi
Pengelolaan Lingkungan Tambang Nikel PT Vale Indonesia Tbk.**

Penulis : Umar Kasmon, dkk

Penyunting : Rizki Pratiwi, dkk

Diterbitkan oleh:



PT Ganeca Environmental Services





Transforming Legacy, Shaping Possibilities:

Menggali Potensi yang Berkelanjutan Melalui Inovasi Pengelolaan Lingkungan Tambang Nikel PT Vale Indonesia Tbk.

Penulis :

- | | | |
|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. Umar Kasmon | 13. Bima Sakti Satria | 24. Andi Afiyuddin |
| 2. Reyhan Adista | 14. Fitriani Muhammad | 25. Bella Regita Cahyani |
| 3. Maharani Hasan | Oddang | 26. Gresa F. Alberto |
| 4. Wahyu Setyadjati | 15. Zulfikar Achirudin | 27. Rusli Judda |
| 5. Soultan Simamora | 16. Putu Kerta | 28. Munir Masse |
| 6. Faisal Putra Mahardika | 17. Amien Ubaydi | 29. Sainab Hisain Paragay |
| 7. Danny Setyawan | 18. Boas | 30. Mardan |
| 8. Hasliana Alimuddin | 19. Tarida Islami | 31. Achiruddin Achmady |
| 9. Irfa Darajat | 20. Anggada Satria | 32. Asnar Ranggo |
| 10. Lionie Butarbutar | 21. Laudza Adi Nugraha | 33. Haniena Divi |
| 11. Enos | 22. Fauziah Nur Aisyah | 34. Syafruddin |
| 12. Dian Ekawati | 23. Marthen P.R. | 35. Frederick S. |

PENYUNTING

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Rizki Pratiwi | 3. Nur Latifa Ristiaramdani |
| 2. Praditya Anggi Widhiananto | 4. Muhammad Sonny Abfertiawan |

ISBN 978-623-91772-5-6

83 halaman

Ukuran buku B5 (17,6 x 25 cm)

Diterbitkan pada tahun 2025



Copyright © 2025 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

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya buku ini dapat disusun dengan baik. Buku ini berisi kumpulan inovasi lingkungan yang lahir dari ide, komitmen, dan kerja sama berbagai insan di PT Vale Indonesia Tbk. Setiap program yang ditulis di dalamnya merupakan wujud nyata upaya perusahaan dalam menerapkan prinsip *sustainable mining*, yaitu kegiatan pertambangan yang tidak hanya berfokus pada produksi, tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan, efisiensi sumber daya, serta keberlanjutan bagi generasi mendatang.

Penyusunan buku ini dilatarbelakangi oleh semangat untuk mendokumentasikan beragam inovasi yang telah diimplementasikan, mulai dari aspek air, energi, emisi, limbah B3, hingga pengelolaan sampah. Seluruh program yang ditampilkan tidak hanya menunjukkan kreativitas dan kepedulian terhadap lingkungan, tetapi juga bukti kolaborasi lintas aspek dalam menjawab berbagai tantangan operasional.

Tujuan utama dari penerbitan buku ini adalah agar pengalaman berharga dari setiap program dapat menjadi inspirasi, baik di dalam maupun di luar perusahaan. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi bagi para praktisi lingkungan, akademisi, maupun pemangku kepentingan lain yang memiliki visi sama dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh tim inovasi yang telah menuangkan gagasan dan implementasi program dalam bentuk karya tulis. Apresiasi yang sama juga diberikan kepada semua pihak yang telah mendukung penyusun buku ini, mulai dari proses pengumpulan data, penulisan, hingga penerbitan. Semoga buku ini bermanfaat dan memberikan kontribusi nyata dalam perjalanan kita bersama menjaga bumi yang kita cintai.

Hormat kami,

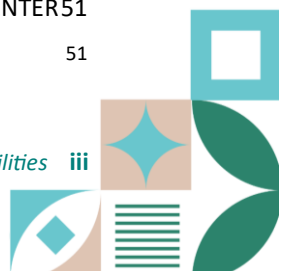
Penerbit





DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
KOMITMEN MENUJU LINGKUNGAN BERKELANJUTAN	1
MENGENAL PROSES BISNIS PT VALE INDONESIA Tbk.	2
EFISIENSI ENERGI	6
<i>Automatic Granulation Operational Node</i> AUTO-GRON	6
Umar Kasmon, Reyhan Adista, Maharani Hasan, Wahyu Setyadjati	6
EFISIENSI ENERGI	12
Rekayasa Level Slag Nikel di Tanur Listrik REALITAS	12
Reyhan Adista Ramadhani, Soultan Simamora, Faisal Putra Mahardika, Danny Setyawan, Umar Kasmon	12
EFISIENSI AIR DAN PENURUNAN BEBAN PENCEMAR	19
<i>Closed-Loop Effluent Water Recirculation for Slag Cooling</i> CLEAR SLAG COOLING	19
Hasliana Alimuddin, Irfa Darajat, Lionie Butarbutar, Enos	19
EFISIENSI AIR DAN PENURUNAN BEBAN PENCEMAR	25
Proses Resirkulasi Air Program <i>Intelligent Coagulant for Mine Water Treatment</i> INCO MATTE.....	25
Hasliana Alimuddin, Soultan Simamora, Lionie Butarbutar, Dian Ekawati	25
PENURUNAN EMISI.....	32
<i>Cascade Control for Sulfur Injection</i> CASE CLOSE.....	32
Soultan Simamora, Bima Sakti Satria, Fitrihan Muhammad Oddang, Zulfikar Achirudin, Faisal Putra Mahardika, Putu Kerta, Amien Ubaydi, Boas, Tarida Islami, Anggada Satria	32
PENURUNAN EMISI.....	38
<i>Technical Improvement of Gate for Efficient Reductant</i> TIGER.....	38
Soultan Simamora, Laudza Adi Nugraha, Faisal Putra Mahardika	38
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3.....	44
<i>Extending Refractory Brick Lifetime through Ladle Lining Optimization</i> (REFRA LIFE)	44
Fauziah Nur Aisyah, Marthen P.R, Andi Afyuddin, Bella Regita Cahyani	44
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3.....	51
Optimalisasi Penggantian <i>Oil Engine</i> Menggunakan <i>Centrifugal Filter</i> OPO - CENTER.....	51
Gresa F. Alberto, Rusli Judda, Munir Masse, Bima Sakti Satria W., Bella Regita	51





PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH NON – B3	61
Pemanfaatan Slag Nikel Sebagai Agregat Beton dan Batako atau <i>Paving Block</i> sebagai Material Konstruksi ECOTERAKO	61
Bella Regita, Lionie Butarbutar, Sainab Hisain Paragay, Mardan, Achiruddin Achmady	61
PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH NON – B3	66
Utilisasi Slag Nikel Sebagai Material Ramah Lingkungan Dengan Metode <i>Shreeding</i> di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano	66
Bella Regita, Lionie Butarbutar, Sainab Husain Paragay, Mardan, Achiruddin Achmady	66
PENGELOLAAN SAMPAH.....	73
<i>Enhanced Management of Bio-waste for Environmentally Resilient Solutions</i> Dengan Metode <i>Bucket System</i> EMBERS SOROWAKO	73
Andi Afiyuddin, Asnar Ranggo, Haniena Divi, Syafruddin, Irfat Darajat, Frederick S, Hendra Permana, Lionie Butarbutar	73
PENGELOLAAN SAMPAH.....	82
Transformasi Sampah Organik Menjadi Pakan Ternak Woliko dengan Inovasi Metode Biopond Bertingkat TRAMPIL WOLIKO	82
Afiyuddin, Asnar Ranggo, Haniena Divi, Syafruddin, Irfat Darajat, Frederick S, Hendra Permana	82
PENUTUP	89
DAFTAR PUSTAKA	90





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. Posisi Inovasi AUTO-GRON pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	7
Gambar 5. Konsep <i>Four Types of Waste Value</i>	9
Gambar 6. Proses Sebelum Inovasi AUTO-GRON.....	10
Gambar 7. Proses Setelah Implementasi Program AUTO-GRON	11
Gambar 8. Dokumentasi Progam AUTO – GRON	11
Gambar 9. Posisi Inovasi REALITAS pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	13
Gambar 10. Konsep <i>Four Types of Waste Value</i>	16
Gambar 11. Proses Sebelum Inovasi REALITAS	17
Gambar 12. Proses setelah Implementasi Program REALITAS	18
Gambar 13. Dokumentasi Progam REALITAS	18
Gambar 14. Diagram Alir Program <i>Clear Slag Cooling</i>	21
Gambar 15. Proses Sebelum Inovasi <i>Clear Slag Cooling</i>	24
Gambar 16. Proses Setelah Implemenetasi Program <i>Clear Slag Cooling</i>	24
Gambar 17. Dokumentasi Program <i>Clear Slag Cooling</i>	24
Gambar 18. Diagram Alir Program INCO MATTE.....	26
Gambar 19. Posisi Inovasi INCO MATTE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	26
Gambar 20. Konsep <i>Four Types of Water Value</i> Terkait Implementasi Program INCO MATTE	28
Gambar 21. Proses Sebelum Program INCO MATTE	30
Gambar 22. Proses Setelah Implementasi Program INCO MATTE	31
Gambar 23. Dokumentasi Program INCO MATTE	31
Gambar 24. Posisi Inovasi CASE CLOSE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	33
Gambar 25. Proses Operasional <i>Reduction Kiln</i> Sebelum Program CASE CLOSE	37





Gambar 26. Proses Operasional <i>Reduction Kiln</i> Setelah Implementasi Program CASE CLOSE	37
Gambar 27. Program TIGER GATE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale.....	39
Gambar 28. Skema Proses Operasional Reduction Kiln Sebelum Program TIGER	43
Gambar 29. Skema Proses Operasional Reduction Kiln Setelah Implementasi Program TIGER	43
Gambar 30. Keterkaitan Program Inovasi REFRA LIFE dengan <i>Life Cycle Assessment</i>	46
Gambar 31. Keterkaitan Program Inovasi REFRA LIFE dengan Ekonomi Sirkular	47
Gambar 32. Skema Program Sebelum dan Sesudah Adanya Inovasi REFRA LIFE.....	50
Gambar 33. Dokumentasi Kegiatan Implementasi Program REFRA LIFE	50
Gambar 34. Keterkaitan Program OPO-Center dengan <i>Life Cycle Assessment</i>	52
Gambar 35. Keterkaitan Program Inovasi dengan Ekonomi Sirkular	53
Gambar 36. Diagram Alir Uji Coba Program Ecoterako.....	62
Gambar 37. Implementasi Strategis Praktis Ekonomi Sirkular pada Program ECOTERAKO .	63
Gambar 38. Dokumentasi Program Ecoterako.....	65
Gambar 39. Diagram Alir Uji Coba Pemanfaatan Slag Nikel di <i>Community Development</i> ...	67
Gambar 40. Konsep <i>Four Types of Water Value</i> Terkait Implementasi Program Pemanfaatan Slag di Area Comdev.....	68
Gambar 41. Dokumentasi Program Pemanfaatan Slag di <i>Community Development</i>	72
Gambar 42. Ilustrasi Proses Sebelum Adanya Program Pemanfaatan Slag Nikel di Desa Tabarano	72
Gambar 43. Ilustrasi Proses Setelah Implementasi Program Pemanfaatan Slag Nikel di Desa Tabarano	72
Gambar 44. Program EMBERS SOROWAKO pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	74
Gambar 45. Konsep <i>Four Types of Water Value</i> Terkait Implementasi EMBERS SOROWAKO	79
Gambar 46. Kondisi Sebelum adanya Program EMBERS SOROWAKO	80
Gambar 47. Proses Kegiatan Setelah Implementasi Program EMBERS SOROWAKO	81





Gambar 48. Dokumentasi Kegiatan dan Produk Pupuk Pupuk Cair Program EMBERS SOROWAKO	81
Gambar 49. Program TRAMPIL WOLIKO pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale	83
Gambar 50. Konsep <i>Four Types of Water Value Terkait</i> Implementasi TERAMPIL WALIKO	87
Gambar 51. Kondisi Sebelum adanya Program TRAMPIL WOLIKO	88
Gambar 52. Kondisi Setelah Implementasi Program TRAMPIL WOLIKO	88
Gambar 53. Dokumentasi Kegiatan Program TRAMPIL WOLIKO	88





DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Analisis Kuantitas Air.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air	22
Tabel 3. Hasil Perhitungan Efisiensi Cr ⁶⁺ dan TSS	29
Tabel 4. Jumlah Unit dan Kapasitas Oli Mesin	56
Tabel 5. Timbulan Oli Bekas dari Program OPO – Center Tahun 2023 (ton).....	56
Tabel 6. Timbulan Majun Bekas dari Program OPO – Center tahun 2023 (ton).....	57
Tabel 7. Timbulan Filter Bekas dari Program OPO – Center tahun 2023 (ton).....	58
Tabel 8. Timbulan Oli Bekar, Majun Bekas, Filter Bekas dari Implementasi Program OPO – Center Tahun 2024	58
Tabel 9. Timbulan Oli Bekas dari Program OPO – Center Tahun 2023 (ton).....	68
Tabel 10. Jumlah Produksi Slag Nikel dari Tahun 2021 - 2025	69
Tabel 11. Neraca Pemanfaatan Slag Nikel.....	70







KOMITMEN MENUJU LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Perhatian terhadap isu lingkungan dan keberlanjutan semakin meningkat seiring dengan perubahan iklim global, krisis air bersih, serta tekanan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Di tingkat global, berbagai kesepakatan internasional seperti *Paris Agreement* mendorong negara dan industri untuk menurunkan jejak karbon dan beralih menuju praktik produksi yang lebih berkelanjutan. Dunia usaha kini tidak hanya diukur dari kinerja finansial, tetapi juga sejauh mana kontribusi mereka terhadap aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola (*Environmental, Social, and Governance/ESG*).

Sebagai salah satu perusahaan tambang nikel terkemuka di Indonesia, PT Vale Indonesia Tbk (PT Vale) menyadari tanggung jawabnya untuk tidak hanya memproduksi nikel demi mendukung transisi energi dunia, tetapi juga memastikan bahwa setiap tahap proses produksi dilakukan secara **bertanggung jawab terhadap lingkungan**. Komitmen perusahaan terhadap *sustainable mining* tercermin dalam berbagai inisiatif yang terus dikembangkan untuk mengelola dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan mendorong inovasi hijau.

Buku ini hadir sebagai bentuk dokumentasi resmi atas upaya perusahaan dalam mengelola enam aspek penting yang menjadi fokus utama keberlanjutan yang meliputi:

- Efisiensi air dan penurunan beban pencemar, yang menitikberatkan pada pengelolaan sumber daya air agar tetap lestari dan efisien, serta memastikan *effluent* yang dilepas ke lingkungan memenuhi standar kualitas yang dipersyaratkan.
- Penurunan emisi, yang mencakup pengendalian pencemaran udara dan penurunan pencemaran gas rumah kaca sejalan dengan target dekarbonisasi perusahaan.
- Efisiensi energi, yang berfokus pada efisiensi konsumsi energi serta peralihan ke sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan.
- Pengurangan dan pemanfaatan limbah B3 (LB3), yaitu pengurangan timbulan limbah B3 dan pemanfaatan sesuai ijin yang dimiliki.
- Pengurangan dan pemanfaatan limbah non-B3 (LNB3), upaya pengurangan dan pemanfaatan limbah non B3 sesuai regulasi dan ijin yang dimiliki.
- Pengelolaan sampah, yang mengupayakan pengurangan, pemilahan, dan pemanfaatan sampah untuk menciptakan nilai tambah melalui ekonomi sirkular.

Setiap program inovasi yang diulas dalam buku ini tidak hanya memecahkan permasalahan teknis, tetapi juga memberikan nilai strategis bagi perusahaan. Melalui pendekatan seperti *resource pooling*, *value chain optimization*, dan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), inovasi – inovasi ini mendukung pencapaian. Lebih dari sekedar kumpulan laporan teknis, buku ini dimaksudkan sebagai media pembelajaran, inspirasi, dan referensi praktis bagi karyawan, mitra bisnis, regulator, akademisi, dan masyarakat luas.

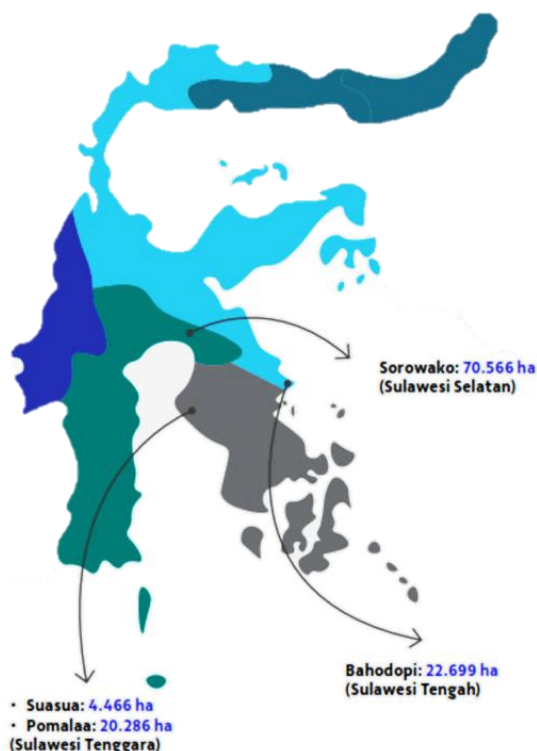




MENGENAL PROSES BISNIS PT VALE INDONESIA Tbk.

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 berlokasi utama di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Fasilitas pendukung, seperti pelabuhan berada di Desa Balantang dan Desa Mangkasa, Kecamatan Malili. Berdasarkan Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), kegiatan penambangan PT Vale tidak hanya beroperasi di Provinsi Sulawesi Selatan, tetapi juga mencakup wilayah di Provinsi Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Sesuai dengan perjanjian Kontrak Karya (KK) yang dimiliki sejak tahun 1968, PT Vale memperoleh hak untuk melakukan kegiatan penambangan bijih nikel dan mineral pengikutnya. Pada tahun 2014, PT Vale mendapatkan persetujuan atas perubahan (amandemen) Kontrak Karya sebagai hasil renegotiasi dengan pemerintah. Adapun luas blok penambangan yang dikelola mencapai 118.435 ha. Informasi 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

Bisnis proses PT Vale, sebagaimana ditunjukkan pada gambar di atas, dimulai dari kegiatan penambangan bijih nikel, penyaringan bijih, hingga tahap pengumpanan ke unit *dryer kiln*. Seluruh tahapan tersebut membutuhkan mobilisasi material dengan ritase yang tinggi. Alat utama yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi *dozer* dan *backhoe* sebagai alat gali, *shovel* sebagai alat muat, serta *dump truck* sebagai alat angkut. Seluruh peralatan tersebut dioperasikan pada kegiatan penambangan di Blok Sorowako Barat, Blok Sorowako Timur, dan Blok Petea.



Shovel



Truck



Backhoe



Bulldozer

Gambar 3. Jenis Alat Tambang PT Vale Indonesia Tbk



Tantangan utama yang dihadapi PT Vale pada tahap operasional penambangan adalah kebutuhan pembaharuan komponen alat berat. Kinerja operasional yang optimal dan pencapaian target produksi sangat bergantung pada kondisi, perawatan, serta keandalan alat yang digunakan. Oleh karena itu, strategi pemeliharaan dan pengelolaan peralatan menjadi aspek penting dalam menjaga kontinuitas dan efisiensi kegiatan penambangan.

Penggunaan Air pada Pengolahan Bijih Nikel

Setelah proses penambangan dan mobilisasi bijih selesai dilakukan, tahapan kegiatan selanjutnya adalah pengolahan bijih nikel. Proses ini meliputi tahapan dari *dryer kiln* hingga *converter*, yang seluruhnya menerapkan metode *pyrometallurgy* dengan injeksi elemen sulfur. *Pyrometallurgy* merupakan proses ekstraksi logam menggunakan energi panas bersuhu tinggi untuk memisahkan logam dari mineral pengotornya. Proses ini mencakup beberapa tahapan utama seperti pemanggangan (*roasting*), reduksi karbotermik, reduksi bijih sulfida, serta reduksi metalotermik.

Dalam sistem pengolahan ini, digunakan beberapa unit utama yaitu *Dryer Kiln*, *Reduction Kiln*, *Electric Furnace*, dan *Converter*. Setiap unit beroperasi pada suhu tinggi, sehingga memerlukan sistem pendinginan yang efektif untuk menjaga stabilitas struktur peralatan dan mencegah terjadinya rekahan akibat panas berlebih. Pendinginan dilakukan dengan mengalirkan air di sekitar dinding unit proses.

Sebagian air yang digunakan dalam sistem pendinginan tersebut kemudian diresirkulasi sebagai bentuk efisiensi proses, khususnya dalam mengurangi kebutuhan air bersih (*process water* atau *make-up water*). Namun demikian, sistem resirkulasi air pada area *process plant* masih memiliki peluang peningkatan lebih lanjut untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Sumber Daya Listrik

Selain penggunaan air, kegiatan PT Vale 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 yaitu PLTA Larona, PLTA Balambano, dan PLTA Karebbe.

PLTA Larona adalah stasiun pembangkit listrik generasi pertama yang berkapasitas 3 x 55 MW dan beroperasi secara terus menerus. PLTA 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 Kontrak Karya 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 saat kinerja PLTA tidak maksimal, *maintenance* jalur, maupun saat kondisi darurat.

Pengendalian Pencemaran Udara

Proses *pyrometallurgy* pada pengolahan bijih nikel PT Vale yang menggunakan energi panas bersuhu tinggi memerlukan serangkaian unit pengendalian pencemaran lingkungan untuk memastikan emisi tetap sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Salah satu unit terpenting dalam sistem ini adalah alat Pengendalian Pencemaran Udara (PPU). Proses pembakaran pada suhu tinggi berpotensi menghasilkan partikel debu dalam jumlah signifikan yang tidak diperbolehkan dilepaskan langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Dalam penerapannya, PT Vale menggunakan dua jenis alat utama untuk mengendalikan emisi partikulat, yaitu *Electrostatic Precipitator* (ESP) dan *Multicyclone* (MC). Kedua unit ini berfungsi untuk menangkap dan memisahkan debu dari aliran gas buang sebelum dilepaskan ke udara ambien. Debu yang berhasil ditangkap oleh APPU kemudian dikumpulkan dan ditampung dalam wadah khusus berupa *jumbo bag* untuk selanjutnya disimpan sementara di Tempat Penyimpanan Limbah B3 (TPS LB3).

Wadah *jumbo bag* tersebut merupakan material *consumable* yang pada awalnya dirancang untuk penggunaan sekali pakai (*single-use*). Namun demikian, seiring meningkatnya kesadaran terhadap efisiensi sumber daya dan pengelolaan limbah, terdapat peluang untuk melakukan optimalisasi pemanfaatan wadah tersebut agar lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi aspek keselamatan dan kepatuhan terhadap peraturan pengelolaan limbah B3.





EFISIENSI ENERGI

Automatic Granulation Operational Node

AUTO-GRON

Umar Kasmon, Reyhan Adista, Maharani Hasan, Wahyu Setyadjati

E-mail: Umar@vale.com

Di balik produk *nickel matte* yang menjadi komoditas unggulan, terdapat rangkaian proses panjang yang membutuhkan ketelitian dan efisiensi. Salah satu tahapan penting adalah granulasi, yaitu mengubah *nickel matte* cair menjadi butiran padat menggunakan semburan air bertekanan tinggi. Meskipun tampak sederhana, proses ini sangat sensitif terhadap kestabilan suhu dan kecepatan *conveyor*. Ketidakseimbangan sedikit saja dapat mempengaruhi kualitas produk, meningkatkan konsumsi energi, bahkan menambah emisi gas rumah kaca.

PT Vale menyadari bahwa efisiensi energi bukan hanya soal penghematan biaya, melainkan juga bagian dari tanggung jawab lingkungan dan dukungan terhadap target penurunan emisi nasional. Dari pemikiran itu lahirlah program ***Automatic Granulation Operational Node (AUTO-GRON)***, sebuah sistem automasi yang menggantikan metode manual dalam mengatur suhu dan kecepatan *conveyor* pada proses granulasi.

Motivasi Awal

Sebelum hadirnya program AUTO-GRON, pengaturan suhu *burner* dan *conveyor* dilakukan secara manual oleh operator. Cara ini rentan menimbulkan fluktuasi suhu di luar kisaran ideal ($\pm 130^{\circ}\text{C}$), sehingga kualitas *granule* sering tidak stabil. Kondisi ini berujung pada pemborosan bahan bakar *High Sulphur Diesel* (HSD), peningkatan emisi karbon, serta risiko keselamatan kerja akibat potensi kelalaian manusia.

Selain itu, ketidakstabilan operasi juga berdampak pada jejak karbon perusahaan. Setiap liter HSD yang terbakar menghasilkan emisi CO_2 yang signifikan, sehingga pemborosan energi langsung berkaitan dengan tingginya emisi gas rumah kaca. Situasi ini menuntut solusi yang bukan hanya efisien, tetapi juga sejalan dengan regulasi energi nasional (Permen ESDM No. 8 Tahun 2025 tentang Manajemen Energi) serta target *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia.

Deskripsi Program Inovasi

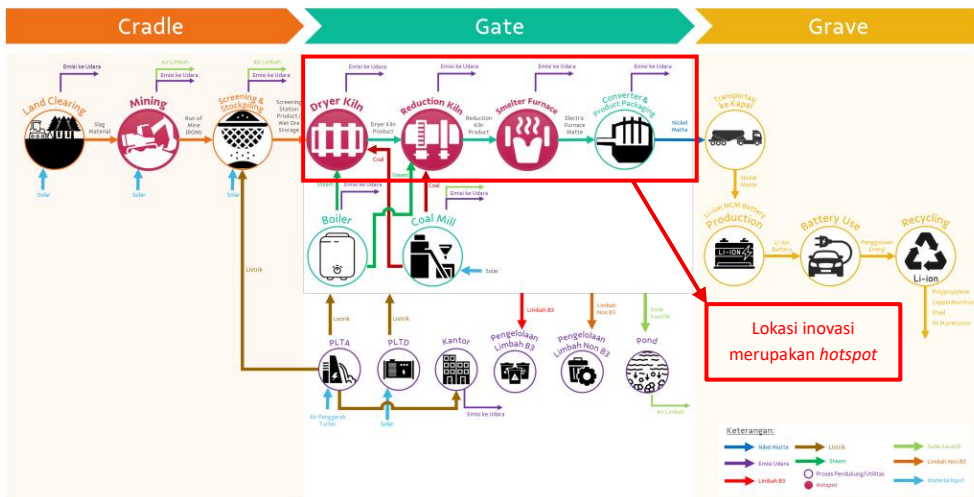
AUTO-GRON merupakan sistem automasi pada proses granulasi *nickel matte* yang mengatur suhu *burner* dan kecepatan *conveyor* secara *real-time*. Program ini bekerja dengan memanfaatkan sensor yang mendeteksi suhu secara terus-menerus, kemudian mengirimkan



data ke unit kontrol yang secara otomatis menyesuaikan bukaan *burner* dan kecepatan *conveyor*. Dengan mekanisme tersebut, proses granulasi dapat berlangsung pada kondisi suhu yang stabil dan konsisten. AUTO-GRON juga dirancang untuk bekerja sinkron antara pembakaran dan pergerakan *conveyor*, sehingga butiran *nickel matte* yang terbentuk memiliki kualitas lebih seragam.

Berbeda dengan metode manual yang sepenuhnya bergantung pada keterampilan operator, sistem ini menghadirkan standar operasi yang lebih presisi dan dapat diulang. Penggunaan kontrol otomatis ini sekaligus meningkatkan keandalan operasi dan mengurangi potensi risiko yang muncul akibat kesalahan manusia.

Program AUTO-GRON merupakan rekomendasi berdasarkan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) pada *Process Plant*. *Process Plant* membutuhkan pemakaian energi listrik (PLTA) terbesar, sehingga ditetapkan sebagai *hotspot process* pada kategori dampak *Cumulative Energy Demand* jenis *Renewable*. Program AUTO-GRON merupakan perubahan **sub-sistem** dengan mengurangi konsumsi Listrik.



Gambar 4. Posisi Inovasi AUTO-GRON pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program *Automatic Granulation Operational Node* (AUTO-GRON) berdampak pada perubahan sub-sistem pada alur proses produksi di perusahaan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan *stakeholder* lain. Surplus energi listrik dari program (AUTO-GRON) yang diproduksi oleh PT Vale didistribusikan kepada masyarakat melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN). PLN ikut terdampak melakukan efisiensi akibat dampak positif turunya intensitas konsumsi energi listrik di PT Vale diantaranya adalah sebagai berikut:



a. Kondisi sebelum adanya program

Sebelum adanya program inovasi ini, pengaturan *burner* yang menggunakan bahan bakar *High Sulphur Diesel* (HSD) dilakukan secara manual oleh operator sehingga sering terjadi pembakaran yang tidak optimal dan mengakibatkan pemborosan energi. Akibatnya, proses pengaturan kecepatan *conveyor* dan suhu *burner* **tidak terkontrol** karena keterbatasan data untuk melakukan strategi operasi produksi. Hal ini menyebabkan penggunaan HSD menjadi lebih efisien karena pembakaran berlangsung tepat di suhu yang dibutuhkan, tanpa kelebihan panas atau pembakaran berlebih yang membuang energi secara percuma. Efisiensi energi yang dihasilkan tidak hanya menurunkan konsumsi HSD, tetapi juga secara langsung mengurangi emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran.

b. Kondisi setelah adanya program

Dengan hadirnya program AUTO-GRON, pengaturan suhu *burner* kini dilakukan secara otomatis dan stabil sesuai kebutuhan proses. Otomasi ini membuat penggunaan HSD menjadi lebih efisien karena pembakaran berlangsung tepat di suhu yang dibutuhkan tanpa kelebihan panas atau pembakaran berlebih yang membuang energi secara percuma. Efisiensi energi yang dihasilkan tidak hanya menurunkan konsumsi HSD, tetapi juga secara langsung mengurangi emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Berdasarkan pada perhitungan nilai absolut. Selanjutnya, PT Vale melakukan kalkulasi penghematan energi seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Intensitas GHE (MWh/MT)} &= \text{Konsumsi Listrik Rerata (MWh) / Valvine Feed (MT)} \\ \text{Efisiensi Energi (GJ)} &= (\text{GHE Baseline} - \text{GHE Tahun ke-N}) \times \text{Ton Calcine (MT)} \times \\ &\quad \text{Konversi MWh ke GJ} \end{aligned}$$

Data dan Konversi

$$\begin{aligned} 1 \text{ MWh ke GJ} &= 3,6 \text{ GJ/MWh} \\ \text{Harga 1 GJ MWh} &= \text{Rp } 55.894/\text{GJ} \end{aligned}$$

Tahun 2024

Tahun 2022 sebagai tahun baseline sebelum program dimulai :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Konsumsi Energi 2024} &= 41.263 \text{ MWH} \\ \text{Rata-rata Calcine Feed 2024} &= 94.535 \text{ MT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas 2024} &= \text{Rerata Konsumsi Energi 2024 / Rerata Calcine Feed 2024} \\ &= 0,436 \text{ MWh/MT} \end{aligned}$$





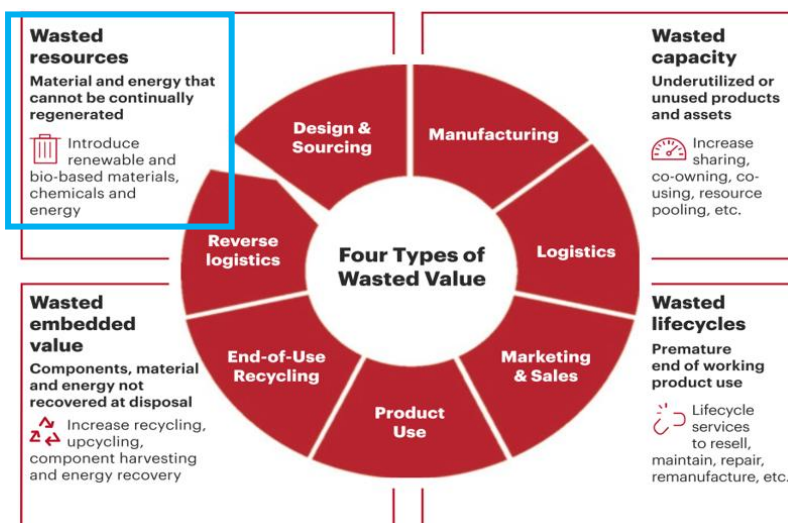
Selisih Intensitas 2024

$$\begin{aligned}
 &= \text{Intensitas Sebelum Program} - \text{Energi Setelah Program Tahun 2023} \\
 &= 0,444 \text{ MWh/MT} - 0,436 \text{ MWh/MT} \\
 &= 0,008 \text{ MWh/MT}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Energi

$$\begin{aligned}
 &= \text{Selisih Intensitas 2024} \times (\text{Rata-rata Calcine Feed 2023} \times 12 \times 4) \times \text{Konversi MWh ke GJ} \\
 &= (0,008 \text{ MWh/MT}) \times (94.535 \text{ MT} \times 12 \times 4) \times 3,6 \text{ GJ/MWh} \\
 &= 118.672 \text{ GJ}
 \end{aligned}$$

Implementasi AUTO-GRON sebagai upaya efisiensi pada proses produksi merupakan perubahan subsistem dan berdampak kepada efisiensi *stakeholder* lain. Penurunan konsumsi listrik di proses produksi, memberikan surplus energi listrik yang dapat didistribusikan kepada masyarakat. Selain itu apabila ditinjau dari *four types of wasted value* inovasi ini berada di siklus *waste resources* yang menggunakan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT).



Gambar 5. Konsep *Four Types of Waste Value*

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program AUTO-GRON berhasil menurunkan konsumsi energi sebesar 118.672 GJ di tahun 2024. Sehingga mendukung tujuan SDGs 7.3 yaitu pada tahun 2030 meningkatkan dua kali lipat angka perbaikan efisiensi nilai global.





13 PENANGANAN PERUBAHAN IKLIM



Selain itu, AUTO-GRON melakukan efisiensi sumber daya pada proses industri. Penurunan emisi GRK sebesar 45 Ton CO₂e, berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim di sektor industri yang tercantum dalam SDGs poin ke-13.

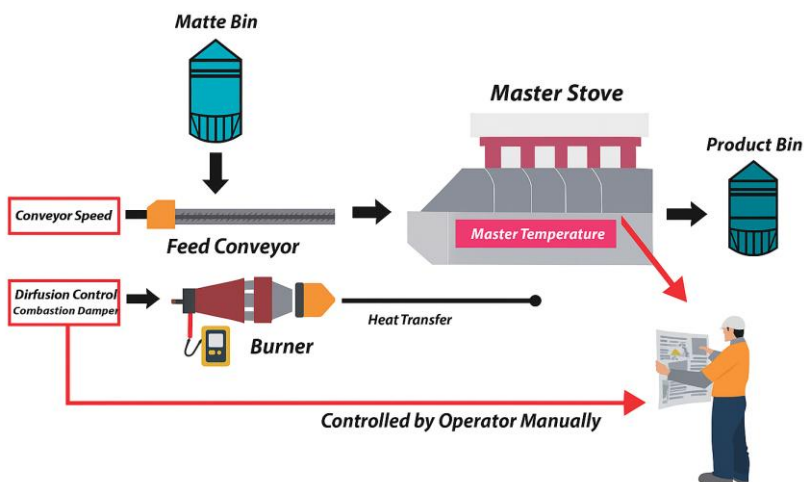
Simpulan

Secara garis besar, dapat ditarik simpulan terkait upaya efisiensi melalui Program AUTO-GRON yang mencakup beberapa hal:

1. Menghadirkan sistem automasi suhu dan *conveyor* yang meningkatkan stabilitas proses granulasi dan mengurangi risiko kesalahan manusia.
2. Berhasil menurunkan konsumsi energi sebesar 118.672 GJ di tahun 2024.
3. Mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 45 ton CO₂e/tahun, mendukung target penurunan emisi nasional.
4. Memberikan nilai tambah bagi rantai pasok energi dengan menghadirkan surplus daya yang dapat dimanfaatkan masyarakat.
5. Menjadi contoh nyata bahwa integrasi automasi industri dengan prinsip keberlanjutan dapat meningkatkan daya saing sekaligus menjaga lingkungan.

Visualisasi Program AUTO-GRON

Sebelum

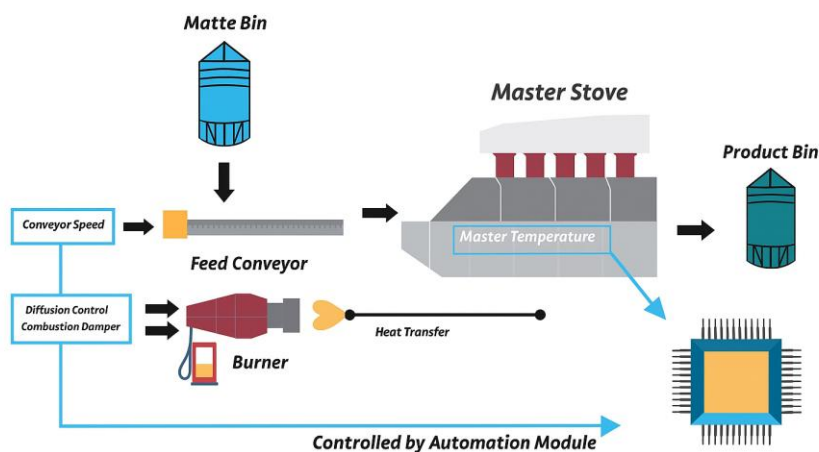


Gambar 6. Proses Sebelum Inovasi AUTO-GRON





Sesudah



Gambar 7. Proses Setelah Implementasi Program AUTO-GRON



Gambar 8. Dokumentasi Progam AUTO – GRON





EFISIENSI ENERGI

Rekayasa Level Slag Nikel di Tanur Listrik

REALITAS

Reyhan Adista Ramadhani, Soultan Simamora, Faisal Putra Mahardika,

Danny Setyawan, Umar Kasmon

E-mail: Umar@vale.com

Dalam proses peleburan nikel dengan teknologi *Reduction Kiln Electric Furnace* (RKEF), pengendalian level *slag* menjadi faktor krusial yang menentukan efisiensi energi. *Slag* yang terlalu tebal akan menyerap panas dari elektroda secara berlebihan, sehingga meningkatkan konsumsi listrik dan menurunkan efisiensi. Tantangan inilah yang dihadapi PT Vale, di mana metode pengukuran slag sebelumnya masih manual dan hanya dilakukan sekali dalam sebulan. Keterbatasan tersebut tidak hanya membuat konsumsi listrik lebih tinggi, tetapi juga membawa risiko keselamatan kerja operator karena pengukuran harus dilakukan langsung di area atap tanur listrik. Untuk menjawab tantangan ini, PT Vale menghadirkan inovasi **REALITAS (Rekayasa Level *Slag* Nikel di Tanur Listrik)** sebagai terobosan menuju efisiensi energi dan operasional yang lebih aman.

Motivasi Awal

Sebelum hadirnya inovasi REALITAS, pengukuran ketebalan slag di tanur listrik dilakukan secara manual hanya saat *shutdown* bulanan. Frekuensi yang sangat jarang membuat data tidak mencerminkan kondisi operasional harian, padahal ketebalan slag bisa berubah setiap saat mengikuti variasi kualitas bahan baku dan intensitas produksi. Akibatnya, strategi pengendalian proses sering kali tidak tepat, sehingga energi listrik terbuang sia-sia. Selain itu, metode manual membawa risiko keselamatan kerja yang tinggi. Operator harus melakukan pengukuran langsung di area atap tanur listrik dengan kondisi temperatur ekstrem. Potensi kecelakaan akibat paparan panas maupun kesalahan teknis membuat prosedur ini tidak hanya kurang efisien, tetapi juga berbahaya.

Dampak dari keterbatasan ini sangat nyata, slag yang dibiarkan menumpuk terlalu tebal menyerap panas berlebihan dari elektroda, bukan dari *calcine* yang seharusnya dilebur. Kondisi tersebut meningkatkan intensitas energi listrik hingga rata-rata *Gross Heat Energy* (GHE) mencapai 444 KWH/MT *calcine*, menambah biaya listrik, dan memperbesar jejak emisi gas rumah kaca. Situasi ini menegaskan perlunya solusi baru yang mampu melakukan pengukuran slag secara otomatis, akurat, dan aman sebagai dasar pengendalian operasi yang lebih efisien.



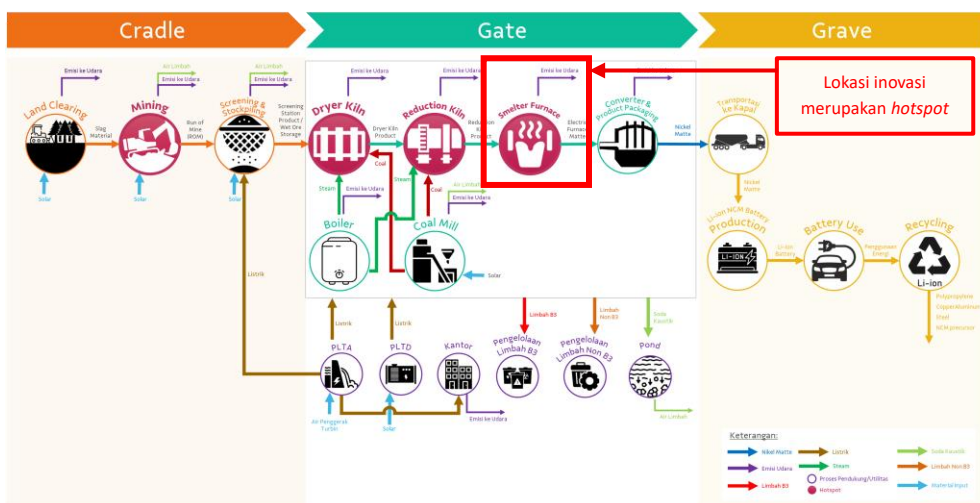
Deskripsi Program Inovasi

REALITAS merupakan inovasi pengendalian level *slag* pada tanur listrik berbasis teknologi *Mechanized Rod Measurement* (MRM). Sistem ini memungkinkan pengukuran ketebalan slag dilakukan secara otomatis dari jarak jauh tanpa menghentikan operasi tanur. Sebuah batang mekanis yang tahan panas diturunkan secara terkontrol ke dalam tanur untuk mendeteksi batas antara permukaan slag dan logam cair. Data hasil pengukuran kemudian ditransmisikan secara digital, sehingga operator dapat memantau kondisi slag setiap hari dengan akurasi tinggi.

Perbedaan mendasar dibandingkan metode manual adalah pada frekuensi dan keamanan. Jika sebelumnya pengukuran hanya dilakukan sebulan sekali saat *shutdown* dan mengharuskan operator bekerja langsung di area berisiko tinggi, maka melalui REALITAS, data dapat diperoleh secara harian tanpa paparan langsung terhadap temperatur ekstrem. Hal ini tidak hanya meningkatkan keselamatan kerja, tetapi juga menghadirkan data operasional yang jauh lebih representatif.

Data ketebalan slag yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk mengatur frekuensi dan volume proses *skimming* dan *tapping*. Dengan pengendalian yang lebih tepat, panas dari elektroda dapat dimanfaatkan optimal untuk peleburan *calcine*, bukan terserap oleh slag yang menumpuk. Alur operasional menjadi lebih stabil, konsumsi energi berkurang, dan efisiensi proses meningkat.

Selain itu, sistem REALITAS juga terintegrasi dengan strategi digitalisasi operasional PT Vale. Data yang dihasilkan tidak hanya bermanfaat untuk pengendalian harian, tetapi juga untuk analisis tren jangka panjang, sehingga manajemen dapat menyusun strategi efisiensi energi berbasis data. Dengan demikian, REALITAS bukan hanya solusi teknis, tetapi juga menjadi fondasi transformasi menuju pertambangan yang lebih modern, aman, dan berkelanjutan.



Gambar 9. Posisi Inovasi REALITAS pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale



Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program Rekayasa Level *Slag* Nikel di Tanur Listrik (REALITAS) berdampak pada perubahan sub-sistem pada alur proses produksi di perusahaan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan *stakeholder* lain. Surplus energi listrik dari program REALITAS yang diproduksi oleh PT Vale didistribusikan kepada masyarakat melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN). PLN ikut terdampak melakukan efisiensi akibat dampak positif turunya intensitas konsumsi energi Listrik di PT Vale, sebagai berikut:

a. Kondisi sebelum adanya program

Sebelum adanya program inovasi ini, pengukuran level slag nikel dilakukan oleh operator dilantai atap tanur listrik. Demi keselamatan kerja, pengukuran hanya dilakukan jika *power* di tanur listrik dalam kondisi mati pada saat *shutdown* rutin per-bulan. Maka dari itu, pengukuran dilakukan hanya sekali dalam satu bulan.

Akibatnya proses *skimming* tidak terkontrol, karena keterbatasan data untuk melakukan strategi operasi produksi sehingga level slag nikel terlalu tebal dan energi panas terkuras berlebih untuk proses pemanasan slag. Berdampak tingginya nilai *gross heat energy* (GHE) yang secara otomatis meningkatkan konsumsi listrik. Sebelum program ini, nilai intensitas GHE rata-rata yaitu 444 KWH/MT *calcine*.

b. Kondisi setelah adanya program

PT Vale melakukan rekayasa level slag nikel di tanur listrik dengan memasang *mechanized rod measurement* (MRM). Pemasangan MRM membuat pengukuran level slag nikel bisa dilakukan dari jarak jauh, tidak perlu operator secara langsung mengukur di lantai atap tanur listrik, sehingga pengukuran dapat dilakukan setiap hari di awal *shift* pagi. Efek positifnya adalah proses *skimming* terkontrol dengan baik sesuai dengan informasi riil level slag dan *nickel matte* di tanur listrik. Akibatnya, energi panas dari elektroda terhantarkan secara optimal untuk proses peleburan. Karena level slag sudah direkayasa sesuai dengan strategi operasi produksi dan nilai energi listrik yang disuplai, nilai *gross heat energy* (GHE) turun dan otomatis menurunkan konsumsi listrik. Setelah program ini, nilai intensitas GHE rata-rata yaitu 435 KWH/MT *calcine*.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Berdasarkan pada perhitungan nilai absolut, PT Vale melakukan kalkulasi penghematan anggaran seperti berikut ini:

a. Perhitungan Hasil Absolut

Baseline 2022

Rata-rata Konsumsi Energi	= 39.702.000 KWH
Rata-rata <i>Calcine Feed</i>	= 89.469 MT





Intensitas GHE

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Rata-rata Konsumsi Energi}}{\text{Rata-rata Calcine Feed}} \\ &= \frac{39.702.000 \text{ KWH}}{89.469 \text{ MT}} \\ &= \mathbf{444 \text{ KWH/MT calcine}} \end{aligned}$$

Tahun 2024

Rata-rata Konsumsi Energi = 41.263.000 KWH

Rata-rata *Calcine Feed* = 94.535 MT

$$\begin{aligned} \text{Intensitas GHE} &= \frac{\text{Rata-rata Konsumsi Energi}}{\text{Rata-rata Calcine Feed}} \\ &= \frac{41.263.000 \text{ KWH}}{94.535 \text{ MT}} \\ &= \mathbf{436 \text{ KWH/MT calcine}} \end{aligned}$$

Efisiensi GHE

$$\begin{aligned} &= \text{Intensitas GHE } \textit{baseline} - \text{Intensitas GHE} \\ &= 444 \text{ KWH/MT calcine} - 436 \text{ KWH/MT calcine} \\ &= \mathbf{8 \text{ KWH/MT calcine}} \\ &= \mathbf{0,008 \text{ MWH/MT calcine}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Energi} &= (\text{Selisih Intensitas 2024}) \times (\text{Rata-rata Calcine Feed 2023} \times 12 \times 4) \times \\ &\text{Konversi MWH ke GJ} \\ &= (0.008 \text{ MWH/MT}) \times (94.535 \text{ MT} \times 12 \times 4) \times 3.6 \text{ GJ/MWH} \\ &= \mathbf{118.672 \text{ GJ}} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Penghematan Anggaran

Implementasi program REALITAS tidak hanya menghasilkan dampak positif pada efisiensi energi dan lingkungan, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap penghematan biaya operasional, khususnya dalam konsumsi energi listrik pada proses *smelting*. Hal ini berdampak langsung terhadap penurunan *Gross Heat Energy* (GHE) yang digunakan dalam proses, sehingga menurunkan total konsumsi energi secara signifikan.

Tahun 2024

Absolut Efisiensi

Total Penurunan Konsumsi Energi = **118.672 GJ**

Harga Listrik per GJ = **Rp55.894**

Penghematan Biaya = Efisiensi Energi x Harga Listrik per GJ

Perhitungan Penghematan Anggaran Periode Program Tahun 2024 (YTD Juni)

Harga Listrik per GJ = **Rp55.894/GJ**

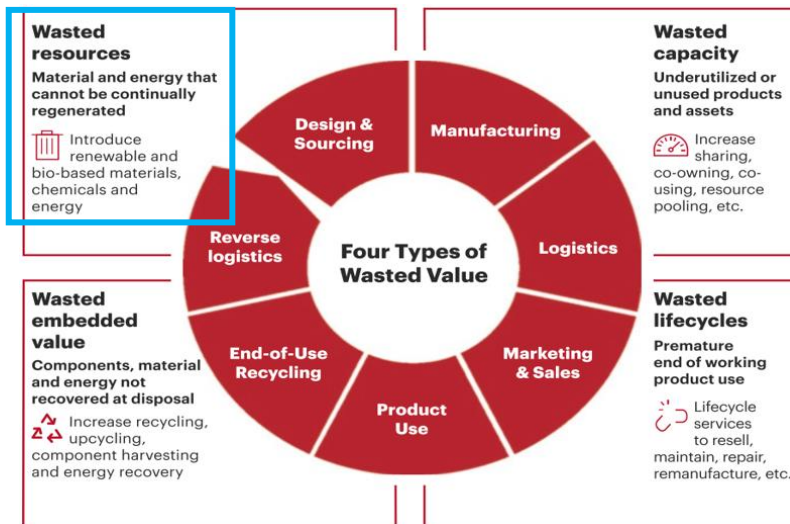
$$\begin{aligned} \text{Penghematan Biaya} &= \text{Absolut Efisiensi Energi} \times \text{Harga Listrik} \\ &= 118.672 \text{ GJ} \times \text{Rp55.894/GJ} \\ &= \mathbf{Rp6.633.054.976} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh penghematan biaya sebesar **Rp6.633.054.976** dan penurunan konsumsi energi (absolut) sebesar **118.672 GJ**.





Implementasi REALITAS sebagai upaya efisiensi pada proses produksi merupakan perubahan sub-sistem dan berdampak kepada efisiensi *stakeholder* lain. Penurunan konsumsi listrik di proses produksi, memberikan surplus energi listrik yang dapat didistribusikan kepada masyarakat. Selain itu apabila ditinjau dari *four types of wasted value* inovasi ini berada di siklus *waste resources* yang menggunakan sumber energi baru terbarukan (EBT).



Gambar 10. Konsep *Four Types of Waste Value*

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program REALITAS berhasil menurunkan konsumsi energi sebesar 118.672 GJ di tahun 2024. Sehingga mendukung tujuan SDGs 7.3 yaitu pada tahun 2030 meningkatkan dua kali lipat angka perbaikan efisiensi nilai global.



Selain itu, program REALITAS melakukan efisiensi sumber daya energi listrik pada proses industri. Dibuktikan dengan nilai efisiensi energi listrik sebesar 8 KWH/MT *Calcine*. Sehingga mendukung tujuan SDGs 9.4 yaitu Pada tahun 2030, infrastruktur dan retrofit industri agar dapat berkelanjutan dengan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan adopsi yang lebih baik dari teknologi dan proses industri bersih dan ramah lingkungan yang dilaksanakan semua negara.

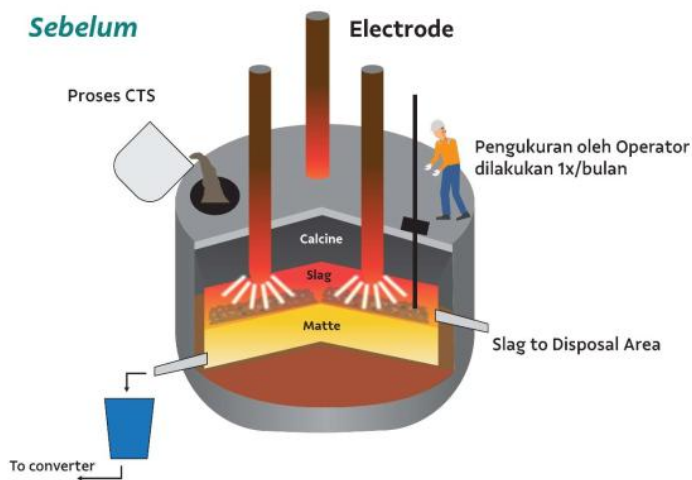
Simpulan

Secara garis besar, dapat ditarik simpulan dari Program **REALITAS** yakni sebagai berikut:

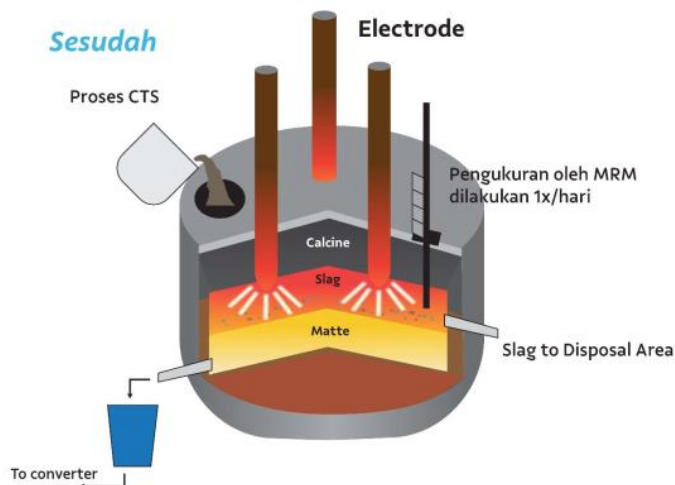


1. Efisiensi energi tercapai melalui penurunan intensitas GHE dari 444 menjadi 436 KWH/MT *calcine*, menghasilkan penghematan energi sebesar 118.672 GJ atau setara biaya listrik Rp6,63 miliar pada tahun 2024;
2. Teknologi MRM menggantikan metode manual, memungkinkan pengukuran slag dilakukan setiap hari secara jarak jauh dengan tingkat akurasi lebih tinggi, sekaligus meningkatkan keselamatan kerja operator;
3. REALITAS mendukung pencapaian SDGs, khususnya SDG 7 tentang energi bersih dan efisiensi, serta SDG 9 tentang industri berkelanjutan, menjadikannya model inovasi yang dapat direplikasi di sektor ekstraktif lain.

Visualisasi Program REALITAS



Gambar 11. Proses Sebelum Inovasi REALITAS





Gambar 12. Proses setelah Implementasi Program REALITAS



Gambar 13. Dokumentasi Progam REALITAS





EFISIENSI AIR DAN PENURUNAN BEBAN PENCEMAR

Closed-Loop Effluent Water Recirculation for Slag Cooling

CLEAR SLAG COOLING

Hasliana Alimuddin, Irfa Darajat, Lionie Butarbutar, Enos

E-mail: Hasliana@vale.com

Air merupakan salah satu sumber daya vital dalam kegiatan pertambangan dan pengolahan mineral. Pengelolaan pemakaian air menjadi tantangan penting agar keberlangsungan ekosistem tetap terjaga, sekaligus mendukung operasional perusahaan yang berkelanjutan. PT Vale Indonesia Tbk. sebagai perusahaan tambang nikel yang berkomitmen pada prinsip sustainable mining, terus mendorong inovasi di berbagai lini operasionalnya. Salah satu terobosan yang lahir adalah program **Clear Slag Cooling**, yaitu pemanfaatan kembali air limpasan secara sirkular untuk proses pendinginan slag nikel. Program ini tidak hanya menurunkan intensitas penggunaan air tetapi juga menurunkan beban pencemar yang dihasilkan dari operasional PT Vale Indonesia.

Motivasi Awal

Slag nikel bersuhu tinggi ($>1000^{\circ}\text{C}$) dibawa dari process plant menuju ke slag dump area untuk dilakukan rehandling. Proses rehandling dimulai dengan penuangan slag nikel dengan suhu $>1000^{\circ}\text{C}$ kedalam slag dump. Kemudian slag nikel akan didiamkan mencapai suhu $300-400^{\circ}\text{C}$ dan diyakinkan sudah mengertas, baru setelah itu slag nikel akan dilakukan penyiraman air menggunakan water truck hingga suhu mencapai 125°C .

Hal ini menimbulkan kebutuhan air dalam proses pendinginan slag nikel sangat besar. Selama ini, air yang digunakan bersumber dari Danau Matano. Selain berpotensi menambahkan beban terhadap sumber daya air hal ini juga bisa menambahkan beban pencemar yang dikeluarkan oleh PT Vale Indonesia. Kondisi ini menimbulkan tantangan tersendiri bagi PT Vale untuk mencari solusi yang lebih efisien sekaligus ramah lingkungan.

Melalui inovasi Clear Slag Cooling, PT Vale berhasil menghadirkan sistem pendinginan slag berbasis daur ulang air limpasan dari slag dump pond. Air tersebut sebelumnya hanya terbuang, kini dimanfaatkan kembali. Inisiatif ini tidak hanya menekan ketergantungan terhadap air bersih tetapi juga menurunkan beban pencemar air yang dibuang ke danau





matano serta menghadirkan efisiensi biaya operasional PT Vale dalam menjaga keberlanjutan lingkungan serta mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

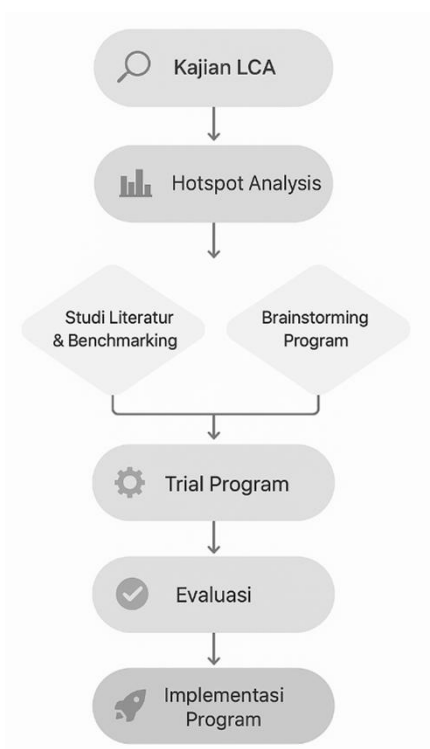
Deskripsi Program Inovasi

Inovasi *Clear Slag Cooling* pertama kali dicetuskan oleh tim internal PT Vale sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada air bersih Danau Matano sekaligus menekan mengurangi beban pencemar air ke danau matano pada proses pendinginan slag nikel.

Implementasi perdana dilakukan di area Slag Dump Pond PT Vale, dengan memanfaatkan kapasitas kolam limpasan sebesar 41.500 m³ yang terbukti mampu mencukupi kebutuhan harian pendinginan slag. Metode inovasi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis hidrologi dan uji kualitas air.

Inovasi Clear Slag Cooling tidak hanya menghadirkan sistem pendinginan slag yang lebih efisien dengan memanfaatkan air limpasan serta menurunkan beban pencemar dengan sistem sirkulasi air secara tertutup, tetapi juga mendorong penerapan prinsip circular economy dalam pengelolaan air. Dengan cara ini, PT Vale mampu menekan ketergantungan pada air bersih, menghemat biaya operasional, sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi konservasi Danau Matano. Diagram alir program Clear Slag Cooling dapat dilihat pada gambar dibawah ini.





Gambar 14. Diagram Alir Program *Clear Slag Cooling*

Dampak Lingkungan Program *Clear Slag Cooling*

Program ini dilakukan dengan penggunaan kembali air dari slag dump pond untuk menurunkan suhu slag nikel dari 300-400°C ke suhu 125°C. Pemanfaatan air ini dimulai dari re-desain sistem pengambilan air dengan Water Filling Shed. Resirkulasi air dilakukan dengan memompakan air dari slag dump pond ke Water Filling Shed dengan penambahan auto-matic water electric pump. Secara teknis, air dilakukan pemompaan menggunakan pompa listrik dari elevasi 579 MDPL kemudian dialirkan melalui pipa 12 inch ke tangki air dengan kapasitas 80 m3 pada elevasi 598 MDPL dengan jarak 250 meter.

Program Clear Slag Cooling dilakukan dengan 2 fase. Dimana pada fase 1 adalah instalasi piping and electric pump dari slag dump pond ke Water Filling Shed. Kemudian pada fase 2 untuk mendukung keberlanjutan program, dilakukan pemasangan emergency water tapping dari air bersih, pemasangan bertujuan sebagai alternatif kebutuhan air jika terjadi maintenance pond. Resirkulasi air dari slag dump pond dengan menggunakan metode Water Filling Shed mampu meresirkulasi air sebesar 1.680 m3/hari serta memperpendek jarak pengambilan dari 3,2 km menjadi 0,2 km sehingga pengambilan air hanya membutuhkan waktu selama 20 menit. Efisiensi jarak ini mampu mengurangi water loss sebesar 80 m3/tahun. Selain itu efisiensi jarak ini mampu menurunkan penggunaan bahan bakar pada water truck sebesar 114.975 liter/tahun.





Belum terdapat aturan atau baku mutu yang secara spesifik membahas tentang air *recycle* untuk pendinginan slag. Sebab, tujuan utama *recycle* ini adalah menurunkan suhu slag nikel untuk mempercepat proses *rehandling* dan *utilities* dari slag nikel. Akan tetapi, pengujian laboratorium tetap dilakukan pada air sebelum di-*recycle* dengan tujuan meminimalisasi dampak yang mungkin terjadi serta menghindari sumbatan yang terjadi pada pipa maupun pompa. Adapun hasil pengujian lab internal PT Vale sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Air

Jenis Sampel	TSS (ppm)	Cr ⁶⁺ (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)
Outlet slag dump pond	3,6	0,095	0,0018	<0,0013
Baku mutu penambangan	200	0,1	5,00	0,5

Berdasarkan hasil analisis diatas, diperoleh bahwa kualitas air berada dalam rentang layak dan aman untuk dimanfaatkan berdasarkan baku mutu air pertambangan bijih nikel sehingga tidak merusak fasilitas pendukung inisiatif yang digunakan seperti penyumbatan pada pompa, korosif, bahkan efek negatif kesehatan bagi pekerja. Perhitungan penghematan atau efisiensi air dengan adanya program *Clear Slag Cooling* sebagai berikut:

Perhitungan Konservasi Air 2025

Air Resirkulasi = 1.680 m³/hari
Biaya Air Bersih = Rp3.600 /m³
Konservasi Air = Air Resirkulasi x Jumlah Hari Setahun
= 1.680 m³/hari x 185 hari/tahun
= **307.440 m³/tahun**

Penghematan Biaya = Konservasi Air x Biaya Air Bersih
= 307.440 m³/tahun x Rp3.600/m³
= Rp1.106.784.000/tahun

Perhitungan Penurunan Beban Pencemar Air

Konsetrasi TSS = 12.20 mg/l (hasil sampling internal PT Vale)
Konsentrasi Ni S = 0.31 mg/l (hasil sampling internal PT Vale)
Penurunan beban TSS = (307,440 m³ x 1000 liter/ m³) x (12.20 mg/l / 109 ton/mg)
= 3.75 ton
Penghematan TSS = 3.75 ton x 769.130 Rp/ton = Rp. 2,884,828
Penurunan beban Cr⁶⁺ = (307,440 m³ x 1000 liter/ m³) x (0.31 mg/l / 109 ton/mg) = 0.095 ton
Penghematan Ni S = 0.095ton x 28.125.000 Rp/ton = Rp. 3.538.250
Total Penghematan = Rp. 6.423.078 per tahun





Perhitungan Total Penghematan

Total Penghematan = Penghematan Biaya Konservasi Air + Penghematan biaya Penurunan Beban Pencemar
= Rp1.106.784.000 + Rp. 6.423.078
= Rp1.113.207.078/tahun

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program *Clear Slag Cooling* berhasil mengefisiensi penggunaan air sebesar 307.440 m³/tahun, serta penghematan biaya sebesar Rp1.113.207.078/tahun selaras dengan tujuan SDGs poin ke-6 yaitu Air Bersih dan Sanitasi Layak.

Simpulan

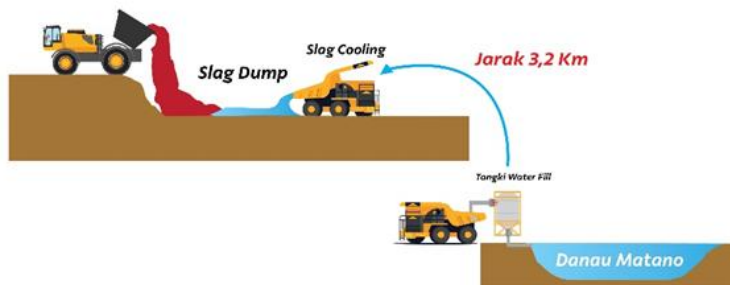
Secara garis besar, dapat ditarik simpulan upaya efisiensi pada program ini mencakup beberapa hal yaitu:

1. Pada inovasi ini, PT Vale Indonesia Tbk. memanfaatkan kembali air limpasan dari *slag dump pond* sebagai sumber utama pendinginan *slag* nikel. Upaya ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada air bersih Danau Matano, tetapi juga menghadirkan sistem pendinginan yang lebih efisien dan ramah lingkungan;
2. Pengembangan inovasi ini memberikan nilai tambah berupa optimalisasi rantai nilai yakni proses yang sebelumnya boros air dan energi kini berubah menjadi sistem tertutup yang lebih hemat sumber daya serta mendukung konservasi lingkungan; dan
3. Program ini mampu menghemat penggunaan air bersih dan menekan biaya operasional. Dampak positif ini juga berkontribusi dalam upaya pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan tentang air bersih dan sanitasi.





Visualisasi Program *Clear Slag Cooling* *Sebelum*



Gambar 15. Proses Sebelum Inovasi *Clear Slag Cooling*



Gambar 16. Proses Setelah Implementasi Program *Clear Slag Cooling*



Gambar 17. Dokumentasi Program *Clear Slag Cooling*





EFISIENSI AIR DAN PENURUNAN BEBAN PENCEMAR

Proses Resirkulasi Air Program *Intelligent Coagulant for Mine Water Treatment*

INCO MATTE

Hasliana Alimuddin, Soultan Simamora, Lionie Butarbutar, Dian Ekawati

E-mail: Hasliana@vale.com

Air limpasan tambang merupakan salah satu tantangan utama dalam kegiatan pertambangan, karena berpotensi mengandung partikel padat tersuspensi (TSS) maupun logam berat yang dapat mencemari lingkungan perairan. PT Vale Indonesia Tbk. (PT Vale) sebagai perusahaan pertambangan nikel yang berkomitmen pada prinsip *sustainable mining* terus berupaya mencari solusi untuk mengelola air limpasan tambang secara lebih efektif. Salah satu terobosan yang dihadirkan adalah program **INCO MATTE (*Intelligent Coagulation for Mine Water Treatment*)**, yaitu sistem pengolahan air berbasis otomasi yang memanfaatkan teknologi sensor dan *Human Machine Interface* (HMI) dalam proses injeksi koagulan.

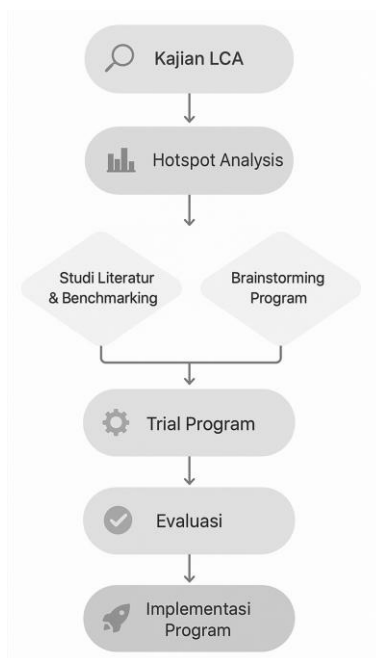
Motivasi Awal

Sebelum adanya inovasi ini, pengaturan dosis koagulan fero sulfat (FeSO_4) dilakukan secara manual oleh operator dengan membuka laptop katup koagulan secara berkala. Kondisi ini menimbulkan sejumlah masalah yaitu jika dosis terlalu rendah maka beban pencemar Cr^{6+} yang dilepas ke badan air lebih besar, sementara jika dosis berlebihan justru menyebabkan penurunan pH drastis dan peningkatan beban pencemar TSS maupun besi. Selain itu, fluktuasi debit air limpasan akibat curah hujan membuat pengaturan manual menjadi kurang efektif dan berpotensi tidak stabil. Situasi tersebut mendorong PT Vale untuk menghadirkan solusi yang mampu memastikan dosis koagulan selalu tepat, efisien, dan adaptif terhadap perubahan debit air. Inovasi inilah yang kemudian diwujudkan melalui program INCO MATTE.

Deskripsi Program Inovasi

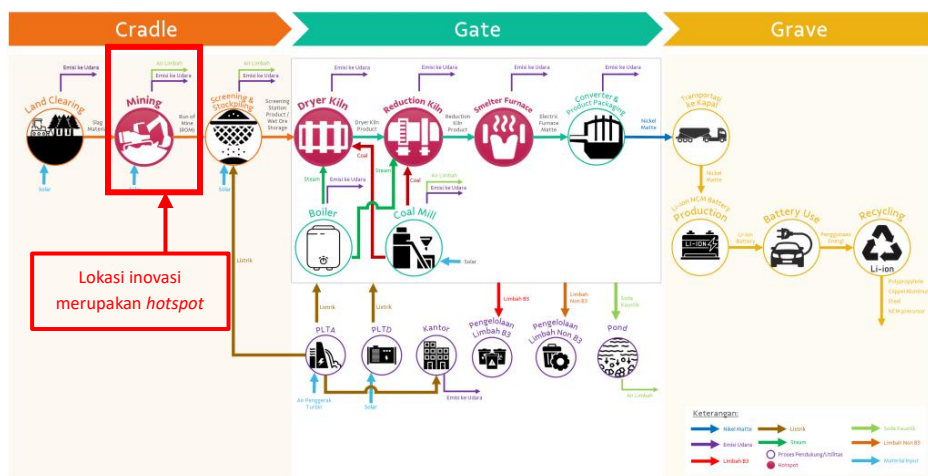
Program INCO MATTE ini dilakukan di *mining area* oleh *section tim Mine Infrastructure* PT Vale. Inovasi ini terimplementasi di *hot spot* berdasarkan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) dari segi *Water Ecotoxicity*. Berikut merupakan alur program inovasi INCO MATTE.





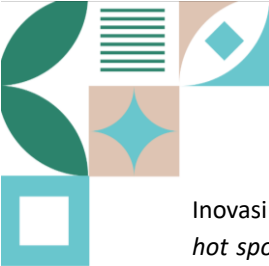
Gambar 18. Diagram Alir Program INCO MATTE

Program INCO MATTE merupakan sistem otomatisasi pengendalian dosis koagulan berbasis HMI (*Human Machine Interface*) yang bekerja menyesuaikan bukaan injeksi koagulan sesuai debit dan kualitas air yang masuk. Program ini juga dilengkapi dengan sistem resirkulasi, di mana air keluaran dari kolam pengolahan dimanfaatkan kembali untuk melarutkan padatan koagulan FeSO_4 . Dengan cara ini, pemanfaatan sumber daya menjadi lebih optimal sekaligus mendukung konsep *circular economy*.



Gambar 19. Posisi Inovasi INCO MATTE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale





Inovasi ini pertama kali diimplementasikan di area tambang PT Vale dan ditetapkan sebagai *hot spot* lingkungan berdasarkan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) pada kategori dampak karsinogenik akibat emisi Cr^{6+} . Hasilnya, program ini mampu menurunkan konsentrasi Cr^{6+} dalam air limbah secara signifikan, meningkatkan efisiensi proses koagulasi-flokulasi, serta memberikan nilai tambah bagi perusahaan maupun pihak lain dalam rantai pasok.

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program INCO MATTE berdampak pada perubahan sub-sistem yang membuat adanya perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan memberikan keuntungan bagi Perusahaan dan *stakeholder* lain. Nilai tambah berupa efisiensi pengangkutan ferro sulfat oleh pihak ketiga di area pertambangan yang luas dan akses air bersih yang lebih baik bagi masyarakat, dengan penjelasan program sebagai berikut:

a. Kondisi sebelum adanya program

Kegiatan penambahan koagulan hanya dilakukan secara manual oleh operator sehingga tidak terkontrol dan menyebabkan konsumsi koagulan tidak efisien serta pemborosan ferro sulfat. Karena tidak terkontrol ada potensi beban pencemar yang dibuang ke lingkungan akan besar, meskipun masih di bawah baku mutu.

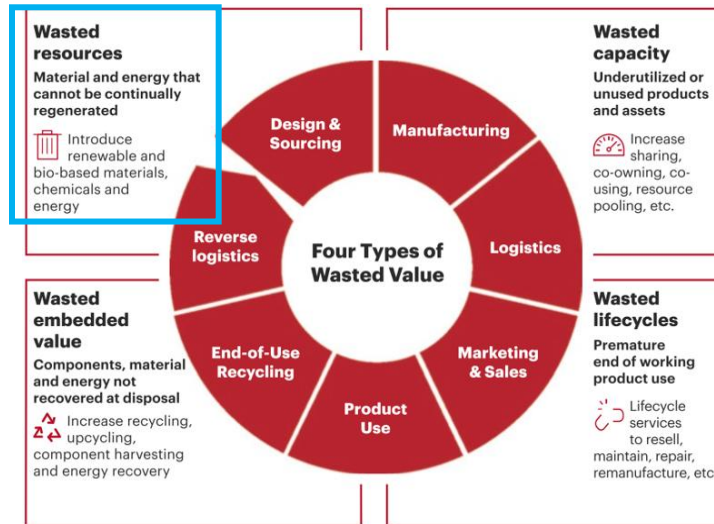
b. Kondisi setelah adanya program

PT Vale berinisiatif untuk melakukan program INCO MATTE. Penambahan koagulan dilakukan dengan mengaplikasikan *Human Machine Interface* (HMI). Pada HMI dimasukkan *logic* sesuai hasil *jar test* yang telah dilakukan sebelumnya di laboratorium. HMI akan otomatis menyesuaikan dosis penambahan koagulan sesuai debit dan kualitas air yang masuk. Sehingga kualitas air limbah yang diolah jauh dibawah baku mutu akibat dari proses reduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} secara sempurna yang artinya beban pencemar yang dibuang ke badan air berkurang dan terhindar dari flok logam besi. Selain itu, program ini dihubungkan juga dengan resirkulasi air keluaran dari kolam pengolahan yang digunakan sebagai bahan baku untuk melarutkan padatan koagulan (ferro sulfat).

Implementasi program INCO MATTE berdampak pada keuntungan pihak-pihak diluar internal perusahaan berupa penghematan pemakaian ferro sulfat yang semula 25 *bag*/hari menjadi 5 *bag*/hari. Berdampak efisiensi pada proses pengangkutan oleh *supplier* ke lokasi tambang dan efisiensi pada konsumen yaitu pihak ke-3 operator *water treatment*.

Apabila ditinjau dari LCA, inovasi ini merupakan program perbaikan lingkungan yang dilakukan di proses produksi yaitu pengurangan beban pencemar (*reagent hazards reduced*). Selain itu, apabila ditinjau dari *four types of wasted value*, inovasi ini berada di siklus *wasted embedded value* yang melakukan daur ulang air limbah.





Gambar 20. Konsep *Four Types of Water Value* Terkait Implementasi Program INCO MATTE

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Berdasarkan perhitungan nilai absolut, PT Vale melakukan kalkulasi penghematan anggaran dengan rincian berikut:

a. Perhitungan Hasil Absolut

Baseline (2022)

Konsentrasi Inlet Cr^{6+} = 250,60 ppm

Konsentrasi Outlet Cr^{6+} = 7,49 ppm

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Pengolahan (\%)} &= \frac{\text{Konsentrasi Inlet } \text{Cr}^{6+}}{\text{Konsentrasi Outlet } \text{Cr}^{6+}} \times 100\% \\ &= \frac{250,60 \text{ ton}}{7,49 \text{ ton}} \times 100\% \\ &= 97,01\%\end{aligned}$$

Absolut (2024 YTD Juni)

Total debit = 799.307 m^3

= 799.307.000 liter

Konsentrasi Inlet Cr^{6+} = 112,50 ppm

Konsentrasi Outlet Cr^{6+} = 0,7 ppm

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Pengolahan (\%)} &= \frac{\text{Konsentrasi Inlet } \text{Cr}^{6+}}{\text{Konsentrasi Outlet } \text{Cr}^{6+}} \times 100\% \\ &= \frac{112,50 \text{ ton}}{0,7 \text{ ton}} \times 100\% \\ &= 99,38\%\end{aligned}$$

Efisiensi Beban

$$= (\% \text{ Baseline} - \% \text{ Efisiensi 2024}) \times \text{Outlet Baseline}$$

$$= (99,38\% - 97,01\%) \times 7,49 \text{ ton}$$

$$= 2,37\% \times 7,49 \text{ ton}$$





$$= 0,18 \text{ ppm}$$
$$= 1,8 \times 10^{-10} \text{ ton/liter}$$

Absolut Efisiensi Cr⁶⁺ = Efisiensi Beban (ton/liter) x Total Debit (liter)

$$= 1,8 \times 10^{-10} \text{ ton/liter} \times 799.307.000 \text{ liter}$$
$$= \mathbf{0,14 \text{ ton}}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Efisiensi Cr⁶⁺ dan TSS

Tahun	Efisiensi Cr ⁶⁺	Efisiensi TSS	Satuan
2023	0,11	87,00	Ton
2024 (YTD Juni)	0,14	80,63	Ton

b. Perhitungan Penghematan Anggaran

Penghematan 2024 YTD Juni

Penghematan Cr⁶⁺ = Absolut Cr⁶⁺ (ton) x Biaya Pengolahan Cr⁶⁺ (Rp/ton)

$$= 0,14 \text{ ton} \times \text{Rp}28.125.000/\text{ton}$$
$$= \text{Rp}3.985.000$$

Penghematan TSS = Absolut TSS (ton) x Biaya Pengolahan TSS (Rp/ton)

$$= 80,63 \text{ ton} \times \text{Rp}769.130/\text{ton}$$
$$= \text{Rp}61.026.889$$

Total Penghematan = Penghematan Cr⁶⁺ + Penghematan TSS

$$= \text{Rp}3.985.000 + \text{Rp}61.026.889$$
$$= \mathbf{\text{Rp}65.011.889}$$

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program INCO MATTE berhasil menurunkan beban pencemar Cr⁶⁺ sebesar 0,14 ton/tahun, beban pencemar TSS sebesar 80,63 ton/tahun, dengan penghematan biaya Rp65.011.889 selaras dengan tujuan SDGs poin ke-6 yaitu Air Bersih dan Sanitasi Layak.

Simpulan

Secara garis besar, dapat ditarik simpulan terkait upaya efisiensi melalui program INCO MATTE yang mencakup beberapa hal:

1. PT Vale berhasil menerapkan sistem otomasi berbasis HMI yang mampu menyesuaikan dosis koagulan secara *real time* sesuai debit dan kualitas air, sehingga pengolahan air limbah menjadi lebih stabil dan efektif;
2. Program ini menurunkan beban pencemar Cr⁶⁺ sebesar 0,14 ton/tahun dan TSS sebesar 80,63 ton/tahun, dengan tingkat efisiensi pengolahan mencapai 99,38%;



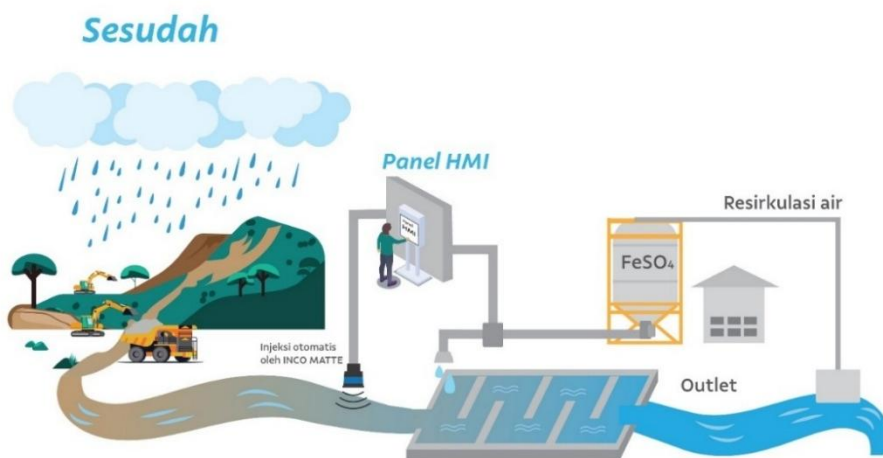
3. Inisiatif ini juga menghasilkan penghematan biaya operasional hingga Rp65.011.889 per tahun, sekaligus menekan konsumsi koagulan FeSO_4 dari rata-rata 25 *bag*/hari menjadi hanya 5 *bag*/hari;
4. Dampak positif tidak hanya dirasakan oleh perusahaan, tetapi juga pihak lain dalam rantai nilai (*supplier* dan operator *water treatment*) melalui efisiensi distribusi bahan kimia dan pengolahan air; dan
5. Program INCO MATTE berkontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 6 tentang air bersih dan sanitasi layak, serta mendukung prinsip *circular economy* dalam pengelolaan sumber daya.

Visualisasi Program INCO MATTE

Sebelum



Gambar 21. Proses Sebelum Program INCO MATTE

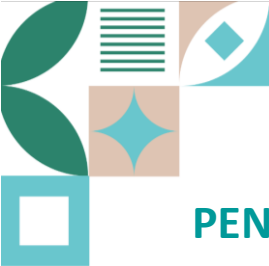


Gambar 22. Proses Setelah Implementasi Program INCO MATTE



Gambar 23. Dokumentasi Program INCO MATTE





PENURUNAN EMISI

Cascade Control for Sulfur Injection

CASE CLOSE

Soultan Simamora, Bima Sakti Satria, Fitrian Muhammad Oddang, Zulfikar Achirudin, Faisal Putra Mahardika, Putu Kerta, Amien Ubaydi, Boas, Tarida Islami, Anggada Satria

E-mail: Fitrian.Muhammad.Oddang@vale.com

Emisi konvensional, khususnya sulfur dioksida (SO_2), merupakan salah satu tantangan utama dalam industri pertambangan nikel berbasis pirometalurgi. Gas ini berpotensi membentuk hujan asam yang berdampak buruk pada ekosistem darat maupun perairan, serta menurunkan kualitas udara di sekitar wilayah operasional. Karena itu, pengendalian emisi SO_2 menjadi perhatian penting dalam praktik pertambangan berkelanjutan.

PT Vale sebagai perusahaan tambang nikel berkomitmen untuk terus menurunkan jejak lingkungan dari setiap proses produksinya. Upaya ini dilakukan dengan mengintegrasikan kajian ilmiah berbasis *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengidentifikasi titik kritis (*hot spot*) yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Salah satu hasil kajian menunjukkan bahwa unit *Reduction Kiln* memiliki potensi tersebar dalam menghasilkan emisi SO_2 . menjawab temuan tersebut, PT Vale mengembangkan program **CASE CLOSE (*Cascade Control for Sulfur Injection*)** sebagai inovasi sistem otomasi yang lebih presisi dan berkelanjutan.

Motivasi Awal

Sebelum adanya program ini, proses injeksi sulfur dilakukan secara manual dengan membuka-tutup *valve* secara berkala. Cara tersebut sering kali membuat konsumsi sulfur berlebihan atau tidak stabil, sehingga berdampak langsung pada tingginya emisi SO_2 . Proses yang tidak efisien ini tidak hanya memengaruhi kualitas lingkungan, tetapi juga menambah beban biaya operasional dan meningkatkan risiko kerusakan peralatan akibat proses yang tidak konsisten.

Lebih jauh, hasil LCA tahun 2024 mengungkap bahwa potensi hujan asam menjadi dampak primer terbesar dari kegiatan operasional, dengan *Reduction Kiln* sebagai titik *hot spot* utama. Emisi SO_2 yang dihasilkan tidak hanya menimbulkan risiko lingkungan, tetapi juga dapat mencoreng komitmen perusahaan dalam praktik *sustainable mining*. Kondisi ini menjadi alasan kuat bagi tim internal PT Vale untuk menciptakan inovasi berbasis otomasi. Adanya pemanfaatan *cascade control*, injeksi sulfur dapat diatur sesuai kebutuhan proses secara *real time*, sehingga lebih hemat, aman, dan ramah lingkungan.

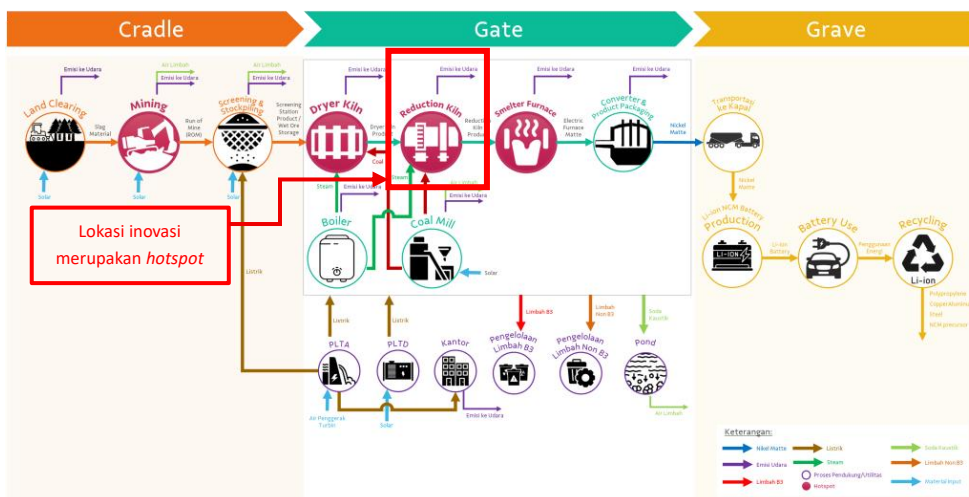


Deskripsi Program Inovasi

CASE CLOSE merupakan inovasi otomasi injeksi sulfur pada *Reduction Kiln* dengan sistem *cascade control*. Mekanisme ini mengatur rasio penambahan sulfur secara otomatis berdasarkan *flow rate calcine* yang diproses. Dengan sistem ini, jumlah sulfur yang diinjeksikan lebih presisi, sesuai kebutuhan proses, sekaligus menekan emisi SO_2 secara signifikan.

Program ini diimplementasikan pada lima unit *Reduction Kiln* di pabrik pengolahan PT Vale. Inovasi ini menjadi salah satu rekomendasi utama dari kajian LCA, karena terbukti mampu menurunkan dampak potensi hujan asam hingga 51% dibandingkan kondisi sebelum program. Lebih dari sekadar otomasi, CASE CLOSE merepresentasikan perubahan sub-sistem yang besar dalam rantai proses produksi, di mana sistem manual digantikan dengan kontrol logika yang berbasis data *real time*.

Selain manfaat lingkungan, program ini juga memberikan dampak positif dari sisi operasional dan rantai nilai. Konsumsi sulfur yang lebih efisien berarti pengurangan kebutuhan transportasi bahan baku oleh pemasok, sehingga turut menurunkan jejak karbon dari aktivitas logistik. Di sisi lain, kestabilan proses menghasilkan kualitas produk *nickel matte* yang lebih konsisten, memberi keuntungan bagi konsumen dan memperkuat daya saing perusahaan di pasar global. Inovasi ini bahkan menghadirkan *value chain optimization* dengan keuntungan bagi multipihak yaitu perusahaan, *supplier*, penyedia teknologi otomasi, hingga pengguna akhir produk.



Gambar 24. Posisi Inovasi CASE CLOSE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program CASE CLOSE berdampak pada perubahan sub-sistem yang membuat adanya perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan dengan penjelasan sebagai berikut:



a. Kondisi sebelum adanya program

Pengaturan penambahan sulfur pada produk *calcine* dilakukan secara manual oleh manusia. Emisi SO₂ yang dirilis oleh PT Vale sebelum adanya program CASE CLOSE ini adalah sekitar 107.818 ton SO₂/tahun

b. Kondisi setelah adanya program

Pengaturan penambahan sulfur dilakukan dengan *logic*/sistem otomatis terhadap rasio penambahan sulfur dengan menyesuaikan *flow rate* dari *calcine* sehingga jumlah sulfur yang diinjeksikan bergantung pada jumlah material *calcine* yang diproses. Saat ini program CASE CLOSE sudah diimplementasikan dengan potensi pengurangan emisi sulfur sebesar 6.365,52 ton SO₂ pada tahun 2023.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Dampak lingkungan yang dihasilkan adalah berupa pengurangan konvensional pada tahun 2023 sebesar 6.365,52 ton SO₂ yang setara dengan penghematan biaya sebesar Rp2.057.110.622.743,68. Perhitungan nilai absolut dan penghematan anggaran program inovasi adalah sebagai berikut:

Tahun 2023

- Penurunan Intensitas SO₂ : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni/Tahun
- Produksi Nikel : 70,728 Ton Ni
- Absolut : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni x 70,728 Ton Ni
: **3,536 ton SO₂**
- Penghematan : 3,536 ton x Rp. 325,843,416/t
: **Rp. 1,152,312,654,645**

Tahun 2024

- Penurunan Intensitas SO₂ : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni/Tahun
- Produksi Nikel : 71,311 Ton Ni
- Absolut : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni x 71,311 Ton Ni
: **3,566 ton SO₂**
- Penghematan : 3,566 ton x Rp. 325,843,416/t
: **Rp. 1,161,805,838,623**

Tahun 2025 (YTD Juni)





- Penurunan Intensitas SO₂ : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni/Tahun
- Produksi Nikel : 35,584Ton Ni
- Absolut : 0.05 Ton SO₂/Ton Ni x 35,584 Ton Ni

: 1,779 ton SO₂

- Penghematan : 1,779 ton x Rp. 325,843,416/t

: Rp. 579,747,418,279

Program ini juga memiliki nilai tambah atau *value chain optimization* yang memberikan keuntungan tidak hanya pada internal perusahaan, melainkan pihak-pihak lain (*stakeholders*) yang ada pada rantai nilai produk yaitu pihak pengangkutan sulfur dan penyedia alat dan *software Internet of Things (supplier)* maupun pembeli produk *nickel matte* (konsumen).

Inovasi ini memberikan keuntungan multipihak sesuai rantai nilai. Selain untuk menurunkan beban emisi konvensional parameter SO₂ dan penghematan konsumsi sulfur di perusahaan, perubahan ini juga dilakukan untuk efisiensi pengangkutan sulfur pada pihak ketiga atau distributor dan memberi keuntungan bagi penyedia alat dan *software Internet of Things* serta kualitas produk lebih terjaga untuk konsumen.

Apabila ditinjau dari LCA, inovasi ini merupakan program perbaikan lingkungan yang dilakukan di proses yaitu menghilangkan dampak perolehan material dan menghilangkan impor (*eliminate impact of material acquisition and eliminate imports*). Selain itu, apabila ditinjau dari *four types of waste value*, inovasi ini berada di siklus *wasted embedded value* yang melakukan optimalisasi penggunaan produk.

Kontribusi Program Terhadap SDGs



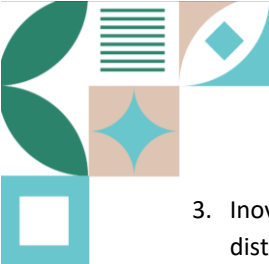
Program CASE CLOSE pada tahun 2024 Sebesar 3,566 Ton SO₂eq dan Penghematan sebesar Rp. 1,161,805,838,623 selaras dengan tujuan SDGs poin ke-9 yaitu Membangun Infrastruktur yang Tangguh, Meningkatkan Industri Inklusif dan Berkelanjutan, serta Mendorong Inovasi 9.4.1 Penurunan Emisi.

Simpulan

Secara garis besar, dapat ditarik simpulan terkait upaya efisiensi melalui Program CASE CLOSE yang mencakup beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem otomatisasi *cascade control* berhasil menggantikan injeksi sulfur manual, sehingga konsumsi sulfur menjadi lebih efisien dan emisi SO₂ dapat ditekan secara signifikan;
2. Program ini menurunkan emisi sebesar 3,536 Ton SO₂eq pada tahun 2023, 3,566 Ton SO₂eq pada tahun 2024, 1,779 Ton SO₂eq pada tahun 2025 (YTD Juni), dan Total Penghematan mencapai lebih dari RP2 triliun.





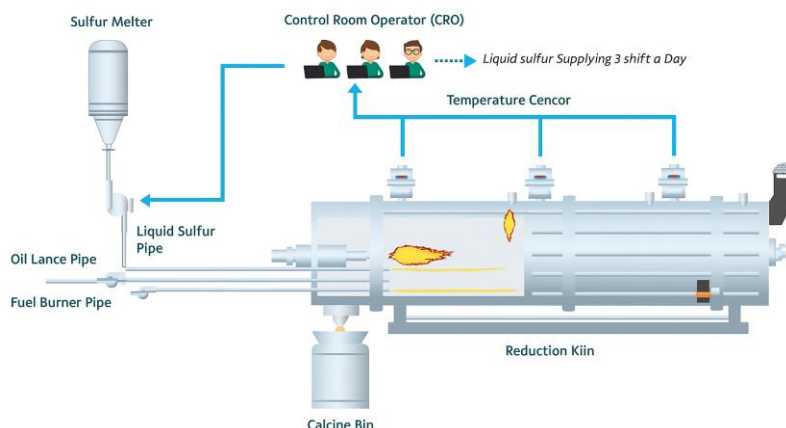
3. Inovasi ini membawa nilai tambah berupa optimalisasi rantai pasok, termasuk efisiensi distribusi sulfur bagi pemasok, keuntungan bagi penyedia alat otomasi, serta kualitas produk yang lebih baik bagi konsumen; dan
4. CASE CLOSE menjadi inovasi sub-sistem pertama yang diimplementasikan di sektor pertambangan mineral Indonesia, sekaligus bukti nyata komitmen terhadap prinsip *sustainable mining*.





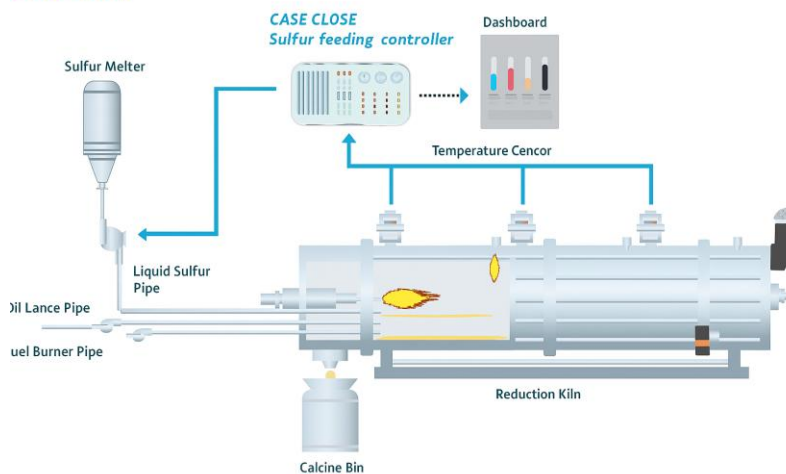
Visualisasi Program CASE CLOSE

Sebelum



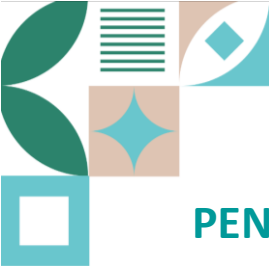
Gambar 25. Proses Operasional *Reduction Kiln* Sebelum Program CASE CLOSE

Sesudah



Gambar 26. Proses Operasional *Reduction Kiln* Setelah Implementasi Program CASE CLOSE





PENURUNAN EMISI

Technical Improvement of Gate for Efficient Reductant

TIGER

Soultan Simamora, Laudza Adi Nugraha, Faisal Putra Mahardika

E-mail: Laudza.Nugraha@vale.com

Produksi nikel berbasis pirometalurgi menuntut pasokan energi panas yang besar. Salah satu tahap krusial adalah proses kalsinasi pada unit *Reduction Kiln*, di mana batubara dipakai sebagai reduktan untuk mengubah oksida logam menjadi logam murni. Namun, batubara merupakan bahan bakar fosil dengan faktor emisi tinggi, sehingga penggunaannya menjadi sumber utama gas rumah kaca (GRK).

Hasil investigasi operasional dan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) menunjukkan bahwa kadar karbon dalam calcine kerap berada di luar spesifikasi ideal (1%–4,0%), lebih lebar dari target 1,4%–2,2%. Ketidakstabilan ini muncul karena sistem injeksi batubara masih konvensional: pembacaan berat tidak presisi, bukaan *gate stagnan*, dan kontrol *conveyor* hanya sebatas ON/OFF. Akibatnya, konsumsi batubara berlebih, biaya operasional meningkat, dan emisi GRK melonjak. Kondisi ini menegaskan pentingnya inovasi untuk menyeimbangkan tiga aspek sekaligus: kualitas produk *calcine* yang stabil, konsumsi energi yang efisien, serta emisi GRK yang terkendali. Jawaban atas tantangan tersebut diwujudkan melalui program *Technical Improvement of Gate for Efficient Reductant* (TIGER).

Motivasi Awal

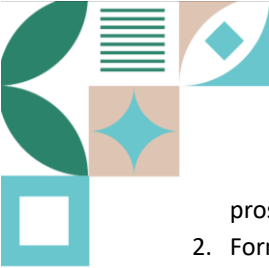
Sebelum adanya program TIGER, operator hanya bisa mengatur injeksi batubara dengan membuka atau menutup *conveyor belt* tanpa fleksibilitas kontrol. Sistem ini membuat kadar karbon dalam *calcine* tidak stabil dan menimbulkan pemborosan. PT Vale melihat peluang untuk melakukan perubahan mendasar dengan mengembangkan sistem injeksi yang lebih cerdas dan presisi. Program TIGER hadir untuk menjawab kebutuhan tersebut dengan mengintegrasikan logika karbon, kontrol kecepatan *conveyor*, dan pengaturan bukaan *gate* yang adaptif

Deskripsi Program Inovasi

TIGER merupakan inovasi teknis yang berfokus pada perbaikan sistem injeksi batubara di *Reduction Kiln*. Ada tiga elemen kunci yang menjadi inti program ini:

1. Pengaturan Bukaan *Gate*: *Gate* yang sebelumnya stagnan dimodifikasi agar fleksibel, sehingga jumlah batubara yang masuk bisa disesuaikan secara presisi dengan kebutuhan



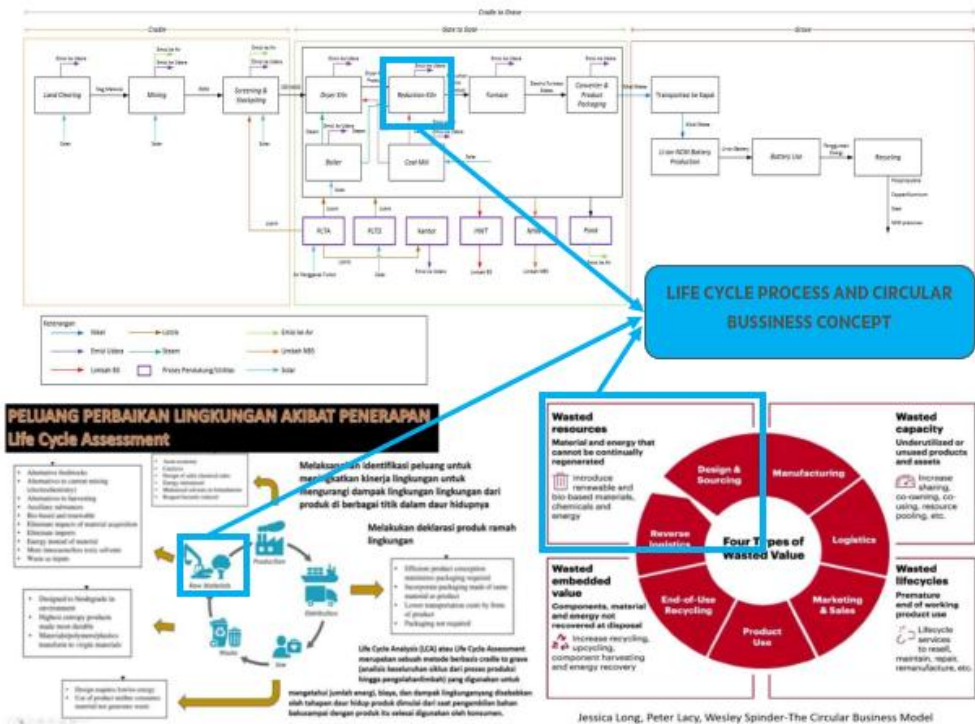


proses.

2. Formula Logika Karbon: Penambahan logika berbasis persentase karbon (%C) memungkinkan sistem secara otomatis menyesuaikan injeksi batubara agar kadar karbon *calcine* tetap stabil pada kisaran ideal.
3. Speed Control Conveyor: Kecepatan sabuk *conveyor* kini dapat diatur proporsional dengan massa batubara yang dibutuhkan, bukan sekadar operasi *ON/OFF* seperti sebelumnya.

Perubahan ini menciptakan sistem injeksi yang adaptif, di mana jumlah batubara yang masuk benar-benar seimbang dengan kebutuhan proses reduksi. Hasilnya, stabilitas kadar karbon meningkat sebesar 52,36%, sehingga kualitas *calcine* lebih konsisten dan efisiensi energi tercapai.

Dari perspektif LCA, program TIGER merupakan perbaikan pada titik panas (*hotspot*) *Global Warming Potential* (GWP) di unit *Reduction Kiln*. Dengan berkurangnya konsumsi batubara, dampak lingkungan dari penggunaan energi tak terbarukan pun menurun signifikan. Selain itu, program ini termasuk dalam kategori *resource pooling*, karena meminimalkan *wasted capacity* dari material yang biasanya terbuang percuma.



Gambar 27. Program TIGER GATE pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale





Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program TIGER berdampak pada perubahan sub-sistem dimana terjadi perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan dengan penjelasan sebagai berikut:

a. Kondisi sebelum adanya program

Pengaturan penambahan batubara dilakuakn secara manual oleh operator. Operator hanya bisa melakukan intervensi dengan operasi *ON/OFF conveyor belt*.

b. Kondisi setelah adanya program

Dilakukan perbaikan dengan cara memasang *gate* yang dapat diatur bukaanya, penambahan formula pada *coal logic addition* terhadap %C yang dibutuhkan pada operasi dan penambahan *speed control* pada conveyor untuk mengatur jumlah *load* batubara. Hasilnya didapatkan stabiitas %C meningkat sebesar 52,36% dan pengurangan konsumsi batubara sekaligus penurunan emisi gas rumah kaca.

Sebelum inovasi ini diterapkan, injeksi batubara dilakukan secara tidak konsisten oleh operator. Program inovasi ini mengatur jumlah batubara yang akan diinjeksikan ke *Reduction Kiln* dengan mengintegrasikan %C yang dibutuhkan dan massa batubara pada *conveyor belt* berupa pengaturan kecepatan pada *conveyor belt*.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program ini memberikan dampak berupa potensi penghematan biaya operasional. Penurunan intensitas batubara sebagai redaktan (ton CO₂/Calcine) berdasarkan kajian yang dilakukan sebagai berikut :

- Absolut = Penurunan intensitas x jumlah produksi calcine tahun ke-N
- Faktor Batubara Sebelum Program = 0,00641 ton batubara / ton calcine
- Faktor Batubara Setelah Program = 0,00550 ton batubara / ton calcine
- Faktor GRK untuk 1 ton batubara = 2,816 ton CO₂eq (IPCC 2006 AR5 Guidelines)

(M.A.J. Huijbregts et al. 2016. ReCiPe 2016: A Harmonized Life Cycle Impact Assessment Method at Midpoint and Endpoint Level Report I: Characterization RIVM Report 2016-0104. Natioinal Institute for Public Health and the Environment, Ministry of Health, Welfare and Sport.)

Tahun 2024

- Efisiensi Coal = (Faktor Batubara Sebelum – Faktor Batubara sesudah (2024)) * Produksi Ni/tahun
= (0,00641 – 0,00550) ton batubara / ton calcine x 70.728 ton *calcine*
= 4.128 ton batubara
- Penurunan Beban Emisi GRK = Massa Batubara x Faktor Emisi





$$\begin{aligned} &= 4.128 \text{ ton batubara} \times 2,816 \text{ ton CO}_2\text{eq/t batubara} \\ &= 11.624 \text{ ton CO}_2\text{eq} \end{aligned}$$

Perhitungan Penghematan Anggaran

$$\begin{aligned} \text{Penghematan (Rp)} &= \text{Absolut (ton CO}_2\text{eq)} \times \text{Harga Karbon Kredit} \\ &= \text{Penghematan Coal} \times \text{Harga Coal} \end{aligned}$$

Tahun 2024

$$\begin{aligned} \text{Penghematan Carbon Credit} &= \text{Absolut} \times \text{Harga Carbon Credit} \\ &= 11.624 \text{ ton CO}_2\text{eq} \times \text{Rp } 725.000/\text{ton CO}_2^e \\ &= \text{Rp } 8.427.056.670 \\ \text{Penghematan Penggunaan Coal} &= \text{Efisiensi Coal} \times \text{Harga Coal} \\ &= 4.128 \text{ Ton} \times \text{Rp. } 813.305/\text{ton} \\ &= \text{Rp } 9.453.472.173 \\ \text{Total Penghematan} &= \text{Penghematan Carbon Credit} + \text{Penghematan Penggunaan Coal} \\ &= \text{Rp } 8.427.056.670,15 + \text{Rp. } 9.453.472.173,693 \\ &= \text{Rp } 17.880.528.843 \end{aligned}$$

Implementasi Program TIGER merupakan perubahan sub-sistem karena berdampak pada sebagian sistem yang berada pada proses produksi PT Vale. Selain itu, program ini juga memiliki nilai tambah atau *Value Chain Optimization* yang memberikan keuntungan tidak hanya pada internal perusahaan, melainkan pihak-pihak lain (*stakeholders*) yang ada pada rantai nilai produk yaitu pihak pengangkutan batubara dan penyedia alat dan *software Internet Of Think (supplier)* maupun pembeli produk *nickel matte* (konsumen).

Inovasi ini memberikan keuntungan muliti pihak sesuai rantai nilai. Selain untuk menurunkan beban emisi Gas Rumah Kaca dan penghematan konsumsi batubara di perusahaan, perubahan ini juga dilakukan untuk efisiensi pengangkutan batubara pada pihak ketiga atau distributor dan memberi keuntungan bagi penyedia alat dan *software Internet Of Think* serta kualitas produk lebih terjaga untuk konsumen.

Apabila ditinjau dari LCA, inovasi ini merupakan program perbaikan lingkungan yang dilakukan di proses yaitu menghilangkan dampak perolehan material dan menghilangkan impor (*eliminate impact of material acquisition and eliminate imports*). Selain itu, apabila ditinjau dari *four type of waste value*, inovasi ini berada di siklus *wasted embedded value* yang melakukan optimalisasi penggunaan produk.





Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program inovasi meningkatkan efisiensi penggunaan energi tidak terbarukan melalui pengurangan konsumsi batubara, sehingga intensitas produksi *calcine* menurun dan mendukung pencapaian target efisiensi energi perusahaan.



Program inovasi menurunkan emisi GRK sebesar 11.624 Ton CO₂e berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim di sektor industri.

Simpulan

Secara ringkas, inovasi TIGER menghasilkan tiga hal utama, yaitu:

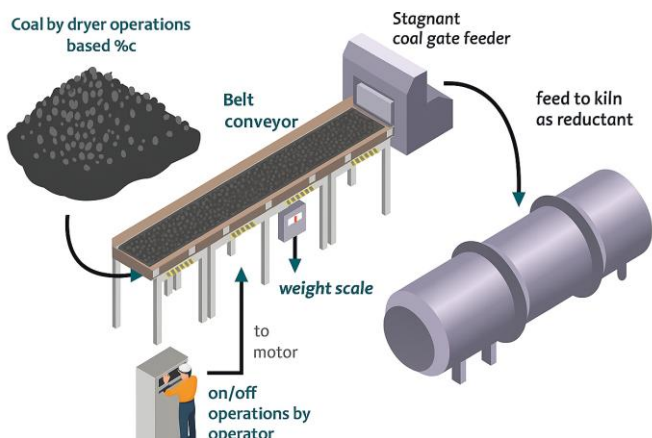
1. Efisiensi energi melalui pengurangan konsumsi batubara sebesar 4.128 ton/tahun, setara penghematan biaya Rp 17,8 miliar/tahun.
2. Penurunan emisi GRK sebesar 11.624 ton CO₂eq/tahun, mendukung pencapaian target dekarbonisasi perusahaan.
3. Peningkatan kualitas proses produksi dengan stabilitas kadar karbon *calcine* yang lebih terjaga, sekaligus memberi nilai tambah bagi rantai pasok.





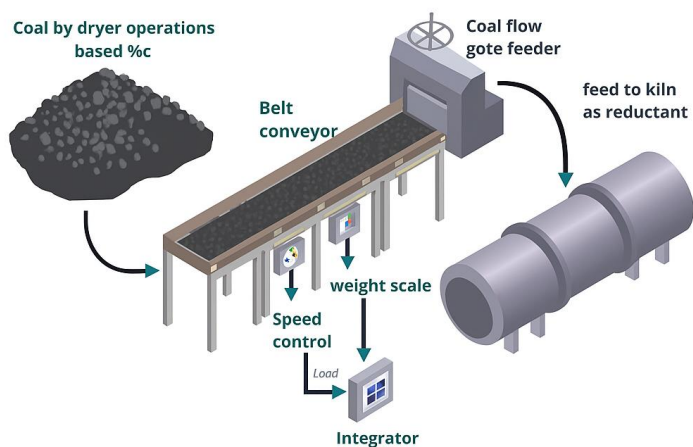
Visualisasi Program TIGER

Sebelum



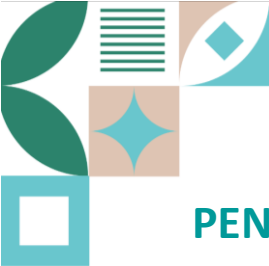
Gambar 28. Skema Proses Operasional Reduction Kiln Sebelum Program TIGER

Sesudah



Gambar 29. Skema Proses Operasional Reduction Kiln Setelah Implementasi Program TIGER





PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3

Extending Refractory Brick Lifetime through Ladle Lining Optimization

REFRA LIFE

Fauziah Nur Aisyah, Marthen P.R, Andi Afiyuddin, Bella Regita Cahyani

E-mail: Fauziah.Nur.Aisyah@vale.com

Pengelolaan limbah B3 di industri pertambangan nikel merupakan tantangan besar karena jumlahnya dan biaya pengelolaan yang relatif besar. Salah satu contoh nyata adalah *refractory brick* bekas yang berasal dari aktivitas *maintenance* atau *partial reline* pada lining protection pada sistem *converter*. *Refractory brick* digunakan sebagai pelapis unit *converter* agar material tidak kontak langsung dengan dinding unit *converter*, sehingga umur unit *converter* akan lebih panjang. Sebagai efeknya, *refractory brick* tersebut menjadi lebih sering untuk diremajakan karena rapuh terkena material nikel. Rata-rata PT Vale menghasilkan sekitar 327 ton *refractory brick* bekas per tahun. Kondisi ini bukan hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga menimbulkan inefisiensi biaya dan penggunaan sumber daya. Menyadari hal tersebut, PT Vale berupaya keluar dari pola “buang dan kelola” dengan menghadirkan inovasi *Extending Refractory Brick Lifetime through Ladle Lining Optimization* (REFRA LIFE) berbasis perubahan sistem kerja pada sistem tanur pemurni (*converter*) yaitu dengan penambahan material *castabel hardcast* dan *fire alumina brick (sillmax)* yang dapat memperpanjang lifetime *refractory brick*, sehingga berdampak pada berkurangnya frekuensi *maintenance*, meningkatkan kualitas *lining protection ladle* pada sistem tanur pemurni (*converter*) dan berkurangnya timbulan limbah *brick refractory* yang dihasilkan.

Motivasi Awal

Sebelum adanya program ini, *brick refractory* bekas langsung menjadi Limbah B3 karena ketidaktahuan tim *converter* akan fungsi dari *brick* yang bisa diperpanjang dengan beberapa material tambahan. Akibatnya, sering terjadi penumpukan *brick* di *collecting point* yang disebabkan karena timbulan *brick* yang dominan. Kondisi tersebut menimbulkan dua persoalan utama. Pertama, biaya tinggi akibat pembelian *brick* baru dan biaya pengelolaan limbah ke pihak ketiga. Kedua, beban lingkungan dari timbulan *refractory brick* yang semakin menumpuk. Situasi ini menjadi dorongan bagi tim *Converter* dan tim *Refractory* untuk mencari solusi inovatif yang tidak hanya mengurangi timbulan limbah, tetapi juga menghadirkan efisiensi biaya serta mendukung prinsip ekonomi sirkular.



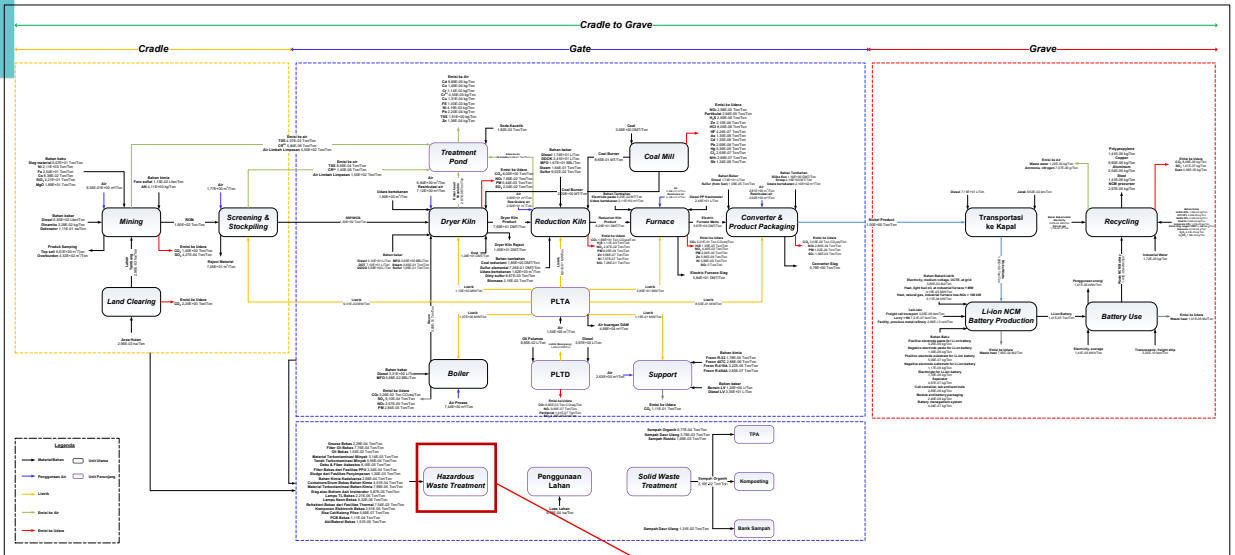


Deskripsi Program Inovasi

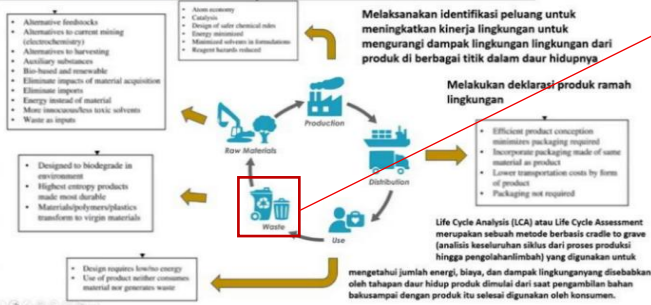
Program REFRA LIFE berangkat dari ide tim *Converter Maintenance* yang menganalisa sampel *brick* melalui pengukuran nilai *Cold Crushing Strength (CCS)* berdasarkan standar *American Society for Testing and Materials (ASTM) C-133*, yang hasilnya diatas 60 Mpa, sehingga masih adanya potensi untuk memperpanjang umur *brick* agar tidak cepat aus/rapuh pada saat *maintenance*. Sehingga muncullah inovasi strategi dengan melakukan perubahan sistem di tanur pemurni *converter* dengan menambahkan *castable hardcast* dan *fire alumina brick* (sillmax) yang dapat memperpanjang lifetime *brick* karena prinsip kerja *castable hardcast* dan *fire alumina brick* (sillmax) yang mampu memperkuat rekatan susunan *brick* pada *lining protection ladle* sehingga *brick* lebih tahan lama terhadap proses pemurnian nikel di *converter*.

Sehingga yang awalnya *brick* cepat aus dan hancur, kini timbulan *brick* dapat berkurang setiap aktivitas *maintenance* sistem *lining protection* di *converter*. Program REFRA LIFE bertujuan untuk mengurangi jumlah timbulan *refractory brick* bekas sekitar 15% melalui pengurangan yang ekonomis dan efisien, mengurangi waktu *maintenance* dan mengurangi biaya pemusnahan limbah oleh pihak ketiga. Dari perspektif *Life Cycle Assessment (LCA)*, program ini mampu mengurangi jejak lingkungan yang timbul dari siklus hidup *refractory brick*. Dengan program pengurangan limbah B3 ini, kebutuhan produksi *brick* baru dapat ditekan sehingga menurunkan konsumsi energi, emisi CO₂, serta dampak dari aktivitas pertambangan bahan baku *refractory*.





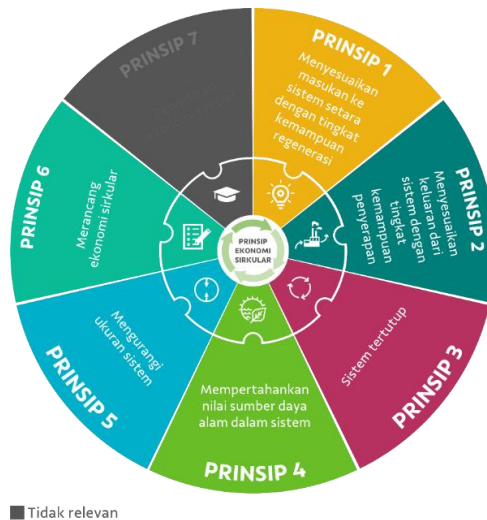
PELUANG PERBAIKAN LINGKUNGAN AKIBAT PENERAPAN Life Cycle Assessment



LIFE CYCLE PROCESS AND CIRCULAR BUSINESS CONCEPT
(Lokasi Program merupakan *hotspot* LCA)

Gambar 30. Keterkaitan Program Inovasi REFRA LIFE dengan *Life Cycle Assessment*

Lebih jauh, penerapan program REFRA LIFE juga menurunkan beban lingkungan di akhir siklus hidup *brick*. Artinya, terdapat pengurangan signifikan pada potensi dampak di tahap *end-of-life*. Dengan kata lain, program ini memberikan kontribusi pada pengurangan dampak kumulatif sepanjang *cradle-to-grave*, sekaligus mendukung konsep *circular economy* di industri pertambangan nikel.



Gambar 31. Keterkaitan Program Inovasi REFRA LIFE dengan Ekonomi Sirkular

Kebaruan program ini terletak pada strategi perubahan prinsip kerja dari sistem *lining protection ladle* pada tanur pemurni (*converter*) pertama kali dilakukan oleh PT Vale dalam upaya mengurangi limbah B3 dominan yang ada di TPS yaitu limbah *Brick Refractory* (B417).

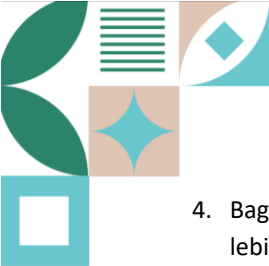
Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program REFRA LIFE berdampak pada perubahan sub-sistem berupa perubahan rantai nilai (*value chain optimization*) pada alur sistem kerja untuk mengoptimalkan proses produksi di perusahaan dan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan stakeholder lain serta dapat merevolusi strategi optimalisasi sistem *lining protection ladle* pada tanur pemurni (*converter*).

Program ini memiliki nilai tambah pada rantai nilai dimana memberikan dampak yang dirasakan bagi empat lingkup penerima manfaat yaitu produsen, konsumen, supplier dan pembuangan akhir.

1. Produsen: pembelian *castable hardcast* dan *fire alumina brick* (*sillmax*) tentu lebih banyak yang lebih murah jika dibandingkan dengan biaya pengelolaan *brick* kepihak ketiga.
2. Konsumen: dapat mengurangi waktu *maintenance* sehingga produksi nikel matte lebih baik
3. Supplier: bukan hanya PT Vale dan produsen *castable hardcast* dan *fire alumina brick* (*sillmax*) yang diuntungkan, namun supply dan penyaluran *castable hardcast* dan *fire alumina brick* (*sillmax*) ke PT Vale akan meningkat sesuai dengan kebutuhan inovasi.





4. Bagi pembuangan akhir: pada pengelolaan limbah tersebut berkurangnya pengelolaan lebih lanjut terkait dengan pembuangan limbah B3 ke pihak ketiga sebesar 49,296 ton atau senilai Rp 453.868.272.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program ini memberi dampak signifikan terhadap lingkungan berupa berkurangnya pengelolaan limbah B3 oleh pihak ketiga berupa potensi penghematan biaya operasional pengelolaan limbah ke PPLI sebesar Rp 453.868.272/tahun atau penurunan timbunan *brick refractory* sebesar 49,296 ton/tahun. Perhitungan penghematan dapat dilihat sebagai berikut :

Intensitas *maintenance* = 52 kali/tahun

Jumlah *brick pada ladle lining protection* = 480 ea

Berat *brick* = 6 kg

Jumlah *brick per ladle after improvment* = 322 ea

Tahun 2024

Intensitas *ladle* yang di-*repair* = 21 kali/tahun

Brick refractory after improvement = (21 kali x 480 ea x 6 kg)

= 60.480 kg/tahun

= 60,48 ton/tahun

Absolut Pengurangan = (21 kali x 480 ea x 6 kg) - (21 kali x 322 ea x 6 kg)

= 60.480 kg – 40.572 kg

= 19.908 kg/tahun

= 19,908 ton/tahun

Tahun 2025

Intensitas *ladle* yang di-*repair* = 52 kali/tahun

Brick refractory after improvment = (52 kali x 480 ea x 6 kg)

= 149.760 kg/tahun

= 149,760 ton/tahun

Absolut Pengurangan = (52 kali x 480 ea x 6 kg) - (52 kali x 322 ea x 6 kg)

= 149.760 kg – 100.464 kg

= 49.296 kg/tahun

= 49,296 ton/tahun

Perhitungan Penghematan Anggaran

- **Biaya handling ke Pihak Ketiga**

Transportasi dari *converter* = Rp 1.950/kg

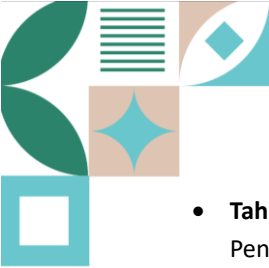
Packaging to bag & container = Rp 1.000/kg

Transportasi ke pihak ketiga = Rp 4.257/kg

Treatment di pihak ketiga = Rp 2.000/kg

Total biaya *handling* pihak ketiga = Rp 9.207/kg





- **Tahun 2024**

Penghematan (Rp) = Absolut x Biaya Pengelolaan *Brick* Bekas per Ton (Rp)
= 19.908 kg x Rp 9.207
= Rp 183.292.956

- **Tahun 2025**

Penghematan (Rp) = Absolut x Biaya Pengelolaan *Brick* Bekas per Ton (Rp)
= 49.296 kg x Rp 9.207
= Rp 453.868.272

Kontribusi Program Terhadap SDGs

Program ini **berkontribusi terhadap capaian SDGs** point 12 “*Responsible Consumption and Production*” dengan tujuan Memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan.

Bagi pemerintah, yaitu Kementerian PPN atau BAPENAS, PT Vale turut berkontribusi dalam pencapaian tujuan ke-12 SDGs yaitu menjamin pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan dalam pencapaian :



1. Target 12.4 yaitu meraih manajemen ramah lingkungan dari bahan kimia dan limbah lainnya sepanjang siklus hidupnya, sesuai dengan kerangka kerja internasional yang telah disepakati, dan secara signifikan mengurangi pelepasan bahan-bahan tersebut ke udara, air dan tanah dalam rangka meminimalisir dampak buruk bahan tersebut terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.
2. Target 12.5 yaitu secara substansial mengurangi produksi limbah melalui tindakan pencegahan, pengurangan, daur ulang dan penggunaan kembali.

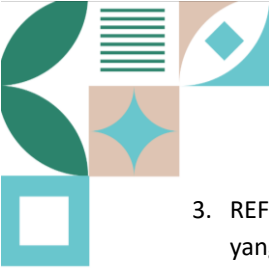
Dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) sesuai target RPJMN 2025-2029 pengelolaan limbah B3 pada tahun 2024 sebesar Rp 126.490.000.

Simpulan

Secara garis besar, kesimpulan dari program REFRA LIFE adalah sebagai berikut:

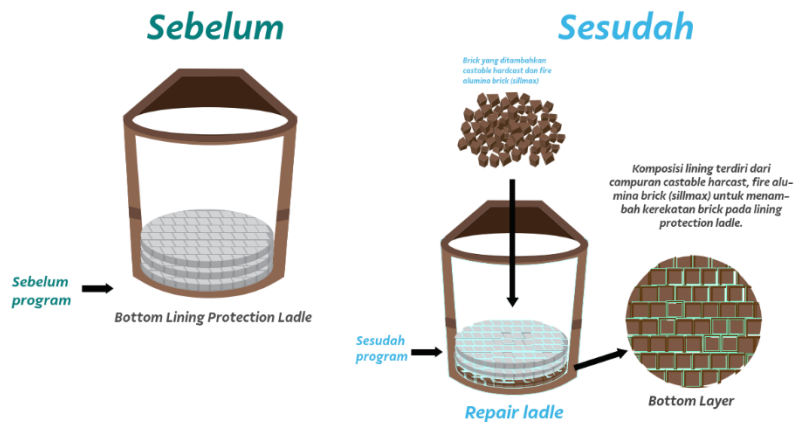
1. PT Vale berhasil mengurangi timbunan limbah *refractory brick* bekas dari aktivitas *maintenance* sistem lining protection pada tanur pemurni (*converter*), sehingga dapat menghemat pengelolaan limbah *refractory brick* ke pihak ketiga sebesar Rp 453.868.272 dan mendukung prinsip ekonomi sirkular.
2. Keberuan program ini terletak pada strategi perubahan prinsip kerja dari sistem *lining protection ladle* pada tanur pemurni (*converter*) yang berdampak pada perubahan sub-sistem (*value chain optimization*) yang memberikan keuntungan bagi perusahaan dan *stakeholder* lain serta dapat merevolusi strategi optimalisasi sistem *lining protection ladle* pada tanur pemurni (*converter*).





- REFRA LIFE menjadi program inovatif pertama di industri pertambangan nikel Indonesia yang mampu mengurangi limbah *refractory brick* yang merupakan limbah dominan terbanyak yang dihasilkan oleh PT Vale.

Visualisasi Program REFRA LIFE

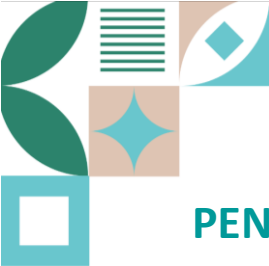


Gambar 32. Skema Program Sebelum dan Sesudah Adanya Inovasi REFRA LIFE



Gambar 33. Dokumentasi Kegiatan Implementasi Program REFRA LIFE





PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH B3

Optimalisasi Penggantian *Oil Engine* Menggunakan *Centrifugal Filter*

OPO - CENTER

Gresa F. Alberto, Rusli Judda, Munir Masse, Bima Sakti Satria W., Bella Regita

E-mail: GresaF.Alberto@vale.com

Industri pertambangan nikel modern sangat bergantung pada kinerja alat berat dengan jam operasi yang tinggi. Salah satu elemen penting untuk menjaga performa mesin adalah oli *engine*. Oli berfungsi sebagai pelumas, pendingin, dan pembersih komponen, sehingga kualitasnya harus selalu terjaga. Dalam praktiknya, pemeliharaan oli *engine* dilakukan melalui penggantian rutin berdasarkan interval waktu tertentu, biasanya setiap 350 jam operasi. Namun, pola konvensional ini menimbulkan dua persoalan besar. Pertama, dari sisi biaya, frekuensi penggantian yang tinggi membuat konsumsi oli baru meningkat, sementara pengelolaan limbah oli bekas, filter bekas, dan kain majun harus dilakukan dengan biaya tambahan melalui pihak ketiga. Kedua, dari sisi lingkungan, timbulan limbah B3 semakin besar seiring bertambahnya jumlah unit alat berat dan volume produksi *nickel matte*.

Selain faktor teknis, persoalan ini juga terkait dengan keberlanjutan. Oli bekas termasuk limbah B3 yang tidak bisa dibuang sembarangan karena mengandung zat berbahaya bagi lingkungan. Jumlah limbah oli bekas yang terus bertambah berpotensi meningkatkan jejak karbon, risiko pencemaran, dan tekanan pada sistem pengelolaan limbah perusahaan.

Menyadari tantangan tersebut, PT Vale melalui tim *Mobile Equipment Maintenance* (MEM) melakukan terobosan dengan menghadirkan OPO-Center (Optimalisasi Penggantian Oli Menggunakan *Centrifugal Filter*). Inovasi ini menawarkan cara baru dalam mengelola siklus hidup oli mesin, bukan sekadar dengan mengganti lebih cepat, tetapi dengan memperpanjang masa pakainya melalui teknologi filtrasi canggih. Pendekatan ini selaras dengan kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) yang menekankan perlunya pengurangan dampak lingkungan di tahap penggunaan produk (*product use*), serta mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengoptimalkan pemakaian sumber daya sekaligus menekan timbulan limbah.

Motivasi Awal

Sebelum adanya program OPO-Center, penggantian oli mesin pada alat berat dilakukan setiap 350 jam operasi. Interval ini menyebabkan tingginya volume oli bekas yang harus ditangani sebagai limbah B3, di samping biaya pembelian oli baru dan pengelolaan limbah ke pihak ketiga yang cukup besar.

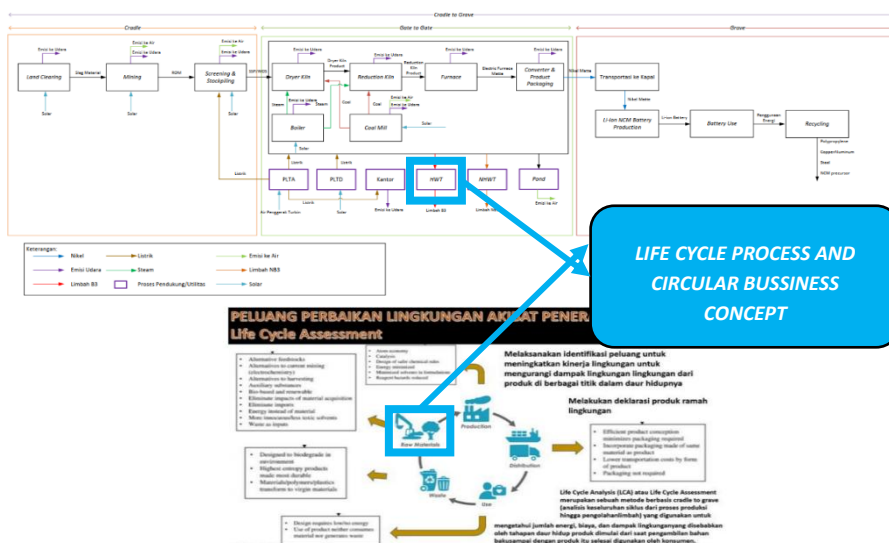




Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan produksi *nickel matte* membuat intensitas penggunaan alat berat semakin tinggi. Hal ini berarti kebutuhan oli baru akan terus bertambah, dan timbunan limbah pun ikut meningkat. Kondisi tersebut mendorong tim MEM untuk mencari solusi inovatif yang dapat memperpanjang umur pakai oli tanpa mengurangi keandalan mesin, sekaligus mendukung upaya perusahaan dalam penerapan prinsip ekonomi sirkular.

Deskripsi Program Inovasi

Program OPO-Center berangkat dari ide sederhana yaitu menjaga kualitas oli agar tetap layak pakai lebih lama melalui penambahan sistem penyaringan berupa *centrifugal filter*. Filter ini dipasang pada mesin alat berat untuk memisahkan partikel jelaga yang menjadi penyebab utama turunnya kualitas oli. Dengan mekanisme rotasi berkecepatan tinggi, oli yang bersirkulasi dalam mesin dapat tetap bersih dan memiliki umur pakai lebih panjang. Inovasi ini dijalankan secara sistematis melalui beberapa tahapan, mulai dari analisis kualitas oli pada kondisi standar, pemasangan *centrifugal filter* pada unit uji coba, hingga evaluasi performa mesin dan umur oli setelah program berjalan. Seluruh proses kemudian dinormalisasi menjadi bagian dari prosedur pemeliharaan rutin.



Gambar 34. Keterkaitan Program OPO-Center dengan *Life Cycle Assessment*

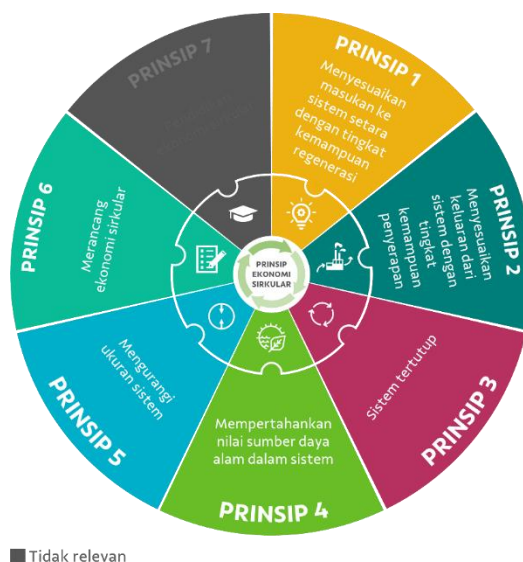
Program inovasi Optimalisasi Penggantian Oli Menggunakan *Centrifugal Filter* atau “OPO-Center” dengan memperpanjang masa pemakaian oli mesin dari 350 Jam Menjadi 500 Jam merupakan program hasil rekomendasi dari *Life Cycle Assessment* (LCA) PT Vale, dimana program ini menurunkan dampak lingkungan terbesar, yaitu program untuk mengurangi penggunaan oli baru dari proses penambangan bijih nikel hingga penghijauan area penambangan PT Vale Indonesia, Tbk. Sehingga program ini mampu menurunkan timbunan limbah B3. Program ini juga diimplementasikan di area dengan *hotspot* limbah B3 yaitu di Mining (unit alat berat). PT Vale Indonesia Tbk. melakukan Program inovasi Optimalisasi





Penggantian Oli Menggunakan *Centrifugal Filter* atau “OPO-Center” untuk Memperpanjang Masa Pemakaian Oli Mesin dari 350 Jam Menjadi 500 Jam untuk mengurangi potensi dampak GWP dan *photochemical oxidation* dan pengolahan serta pengangkutan limbah B3. Selain itu, program inovasi Optimalisasi Penggantian Oli Menggunakan *Centrifugal Filter* atau “OPO-Center” ini juga mendukung prinsip “*Waste to Wealth*” dimana implementasi program ini dapat mengurangi potensi “*wasted life cycles*” pada aspek penggunaan produk (*product use*) melalui perpanjangan jeda waktu *maintenance* alat berat sehingga mengurangi frekuensi penggantian oli.

Selain itu, program OPO-Center sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular, khususnya dalam aspek efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah. Oli yang biasanya cepat terbuang kini dapat digunakan lebih lama, sementara jumlah limbah B3 yang timbul dari kegiatan *maintenance* berkurang. Dengan demikian, program ini tidak hanya menghadirkan solusi teknis, tetapi juga menjadi contoh nyata penerapan konsep sirkular dalam industri pertambangan mineral. Hal ini menguntungkan bagi perusahaan karena dengan berkurangnya kuantitas pergantian oli, maka frekuensi pembelian oli akan menjadi lebih sedikit sehingga terjadi penghematan dalam segi pengadaan barang (*logistics*) berupa oli pelumas untuk alat berat.

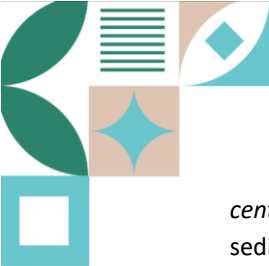


Gambar 35. Keterkaitan Program Inovasi dengan Ekonomi Sirkular

a. 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.

b. Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

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

c. 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.

d. 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.

e. Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Program ini dapat mempromosikan pengadaan ramah lingkungan.

f. 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, timbunan oli bekas dapat berkurang.

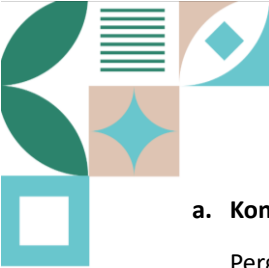
g. Prinsip 7: Pendidikan ekonomi sirkular

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

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

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 oli *engine* pada unit Dozer D8R dilakukan setiap 350 jam operasi sesuai standar oli yang digunakan. Setelah tim MEM melakukan analisa dan me-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 oli *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 timbulan oli bekas, majun bekas dan filter bekas.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Berdasarkan pada perhitungan nilai absolut. Selanjutnya PT Vale melakukan kalkulasi penghematan anggaran seperti rincian berikut ini :

a. 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

b. Perhitungan Absolut dan Penghematan Anggaran

Jumlah Unit yang Dimiliki	= 130 unit
Jumlah Unit yang Dipasang <i>Centrifugal Filter</i> (2023)	= 1 unit Dozer D8 9EM (uji coba)
Jumlah Unit yang Dipasang <i>Centrifugal Filter</i> (2024)	= 10 unit Dozer D8 9EM
Kapasitas Oli pada Mesin Unit Dozer	= 43 Liter





Tabel 3. Jumlah Unit dan Kapasitass 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 M3 (966 G/H)	3	35
Loader 6 M3 (988H)	7	60
Loader 11 M3 (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.

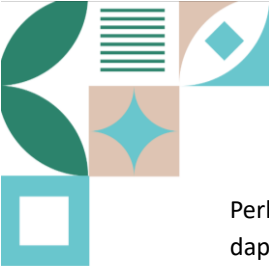
Tabel 4. Timbulan Oli Bekas dari Program OPO – Center Tahun 2023 (ton)

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	4,560		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	4,320		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	1,260		1.10
LOADER 6 m3 (988H)	7	60	5,040		4.40
LOADER 11 M3 (992 G/K)	12	120	17,280		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 ton – 66,85 ton
 = 0,15 ton

Penghematan (ton) = Absolut x Biaya pengelolaan oli bekas (Rp)/ton
 = 1,11 ton x Rp11.900.000,00/ton
 = Rp1.785.000,00





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

Tabel 5. 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 M3 (966 G/H)	3	36		36.00	0.07
LOADER 6 m3 (988H)	7	84		84.00	0.17
LOADER 11 M3 (992 G/K)	12	144		144.00	0.29
TOTAL					3.10

Jumlah majun yang digunakan tiap penggantian oli mesin = 1 ea

Berat majun bekas = 2 kg

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 6. Timbunan 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) = Timbunan filter bekas pada unit tanpa *centrifugal filter* (2023)-Timbunan filter bekas pada unit setelah dilakukan uji coba (2023)
= 2,77 ton – 2,76 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

Tahun 2024

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

Tabel 7. Timbunan Oli Bekar, Majun Bekas, Filter Bekas dari Implementasi Program OPO – Center Tahun 2024

UNIT	POPULATION	eo capacity (L)	Engine Oil Consumption (L)		Engine Oil Reduction (ton)	Absorbent Reduction (ea)	Weight Absorbent Reduction (ton)	Filter Reduction (ea)	Weight Filter Reduction (ton)
			Qty Interval 350 jam	Qty Interval 500 jam					
IMPLEMENTASI PROGRAM TAHUN 2024									
DOZER Dozer D8 9FM	10	43	5,160	3,440	2	40.00	0.916	39.84	0.07





Absolut Pengurangan Oli Bekas (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 Majun (ton)	= Timbulan majun bekas sebelum program - Timbulan majun bekas setelah program OPO-Center = 0,16 ton
Penghematan (ton)	= Absolut x Biaya pengelolaan oli bekas (Rp)/ton = 0,16 ton x Rp11.900.000,00/ton = Rp1.904.000,00
Absolut Pengurangan Filter Bekas (ton)	= Timbulan filter bekas sebelum program - Timbulan filter bekas setelah program OPO-Center = 0,07 ton
Penghematan (ton)	= Absolut x Biaya pengelolaan oli bekas (Rp)/ton = 0,07 ton x Rp11.900.000,00/ton = Rp833.000,00

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 23.800.000,00 pada tahun 2024.

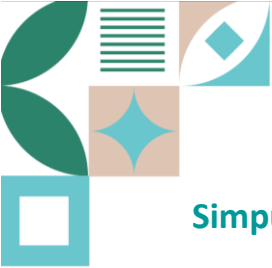
b. Supplier

- 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.



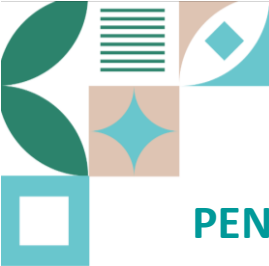


Simpulan

Secara garis besar, kesimpulan dari program OPO-Center adalah sebagai berikut:

1. PT Vale berhasil memperpanjang umur pakai oli mesin dari 350 jam menjadi 500 jam melalui pemasangan *centrifugal filter* pada alat berat.
2. Program ini menurunkan timbulan limbah B3, khususnya oli bekas, filter bekas, dan majun bekas, serta memberikan efisiensi biaya operasional.
3. OPO-Center menjadi inovasi pertama di sektor pertambangan mineral Indonesia yang memanfaatkan teknologi *centrifugal filter* untuk optimalisasi pemeliharaan oli, sekaligus mendukung prinsip ekonomi sirkular.





PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN LIMBAH NON – B3

Pemanfaatan Slag Nikel Sebagai Agregat Beton dan Batako atau *Paving Block* sebagai Material Konstruksi

ECOTERAKO

Bella Regita, Lionie Butarbutar, Sainab Hisain Paragay, Mardan, Achiruddin
Achmady

E-mail: Lionie.Butar@vale.com

Proses produksi *nickel matte* menghasilkan terak nikel atau slag sebagai produk sampingan dari peleburan bijih. Slag ini berbentuk padat berpori atau pasir halus berwarna coklat, dengan jumlah yang sangat besar mencapai rata-rata 4 juta ton per tahun di PT Vale Indonesia Tbk. Berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan, terak nikel (*nickel slag*) tergolong sebagai limbah non-B3 terdaftar dengan kode N102, sehingga pengelolaannya tetap harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Peningkatan produksi *nickel matte* secara langsung menambah volume slag, yang bila tidak dimanfaatkan akan menumpuk di tempat penyimpanan. Kondisi ini menimbulkan tantangan besar, baik dari aspek lingkungan maupun ruang penyimpanan. Padahal, karakteristik fisik slag menyerupai material konstruksi seperti pasir dan batu *reject*, sehingga memiliki potensi untuk digunakan kembali.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, PT Vale mengembangkan inovasi Ecoterako (Eco-Material Terak Sorowako), yakni program pemanfaatan slag nikel sebagai material konstruksi. Inovasi ini tidak hanya bertujuan mengurangi timbulan limbah, tetapi juga mendukung prinsip *waste-to-wealth* dengan menjadikan slag sebagai material bernilai guna.

Motivasi Awal

Sebelum adanya program pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako atau *paving block* sebagai material konstruksi, sebagian besar slag hanya digunakan sebagai pembangunan jalan tambang, *face*, disposal, maupun proyek tambang, namun masih ada yang ditimbun di tempat penyimpanan karena pemanfaatannya yang masih terbatas. Akibatnya, volume slag yang terus meningkat berpotensi memenuhi kapasitas penyimpanan. Di sisi lain, kebutuhan material konstruksi seperti pasir dan agregat terus meningkat untuk pembangunan jalan tambang, disposal, maupun proyek infrastruktur. Hal ini menimbulkan

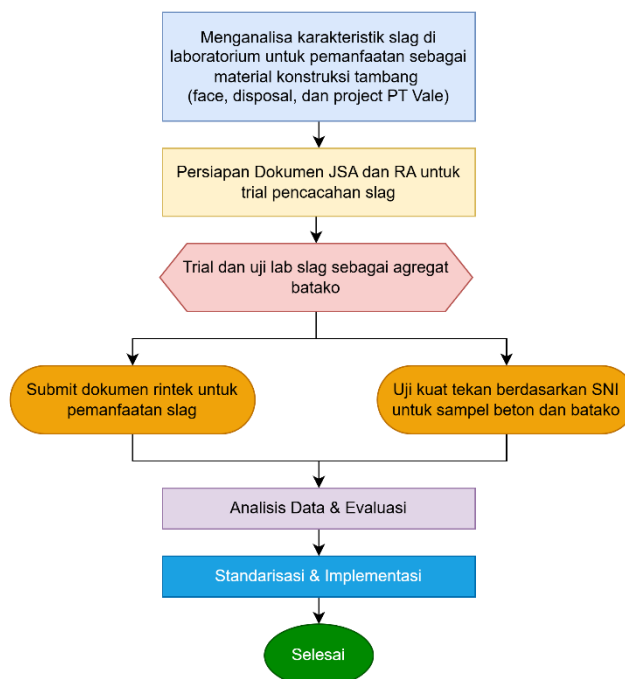




biaya tinggi sekaligus meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam karena eksploitasi pasir dan batu dari alam. Kondisi tersebut mendorong PT Vale untuk mencari solusi yang mampu menekan timbunan slag sekaligus menyediakan material alternatif bagi kebutuhan konstruksi internal. Dari sinilah lahir gagasan pemanfaatan sebagai agregat beton dan batako atau *paving block* sebagai material konstruksi sebagai lanjutan dari program ECOTERAKO yang merupakan bentuk efisiensi, keberlanjutan, dan penerapan ekonomi sirkular.

Deskripsi Program Inovasi

Pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako atau *paving block* sebagai material konstruksi merupakan program pemanfaatan slag nikel sebagai material konstruksi, melalui proses pencacahan yang dimanfaatkan sebagai bahan baku agregat beton dan batako. Tahapan program dilakukan mulai dari analisis karakteristik fisika slag, uji laboratorium, uji kuat tekan sesuai standar SNI, hingga penyusunan dokumen teknis pemanfaatan slag yang disahkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Produksi agregat dan batako slag dijalankan oleh *Engineering Project Services* (EPS) dengan memanfaatkan *crusher* untuk menghasilkan butiran sesuai kebutuhan. Diagram alir inovasi pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako/*paving block* sebagai material konstruksi dapat dilihat pada gambar berikut.



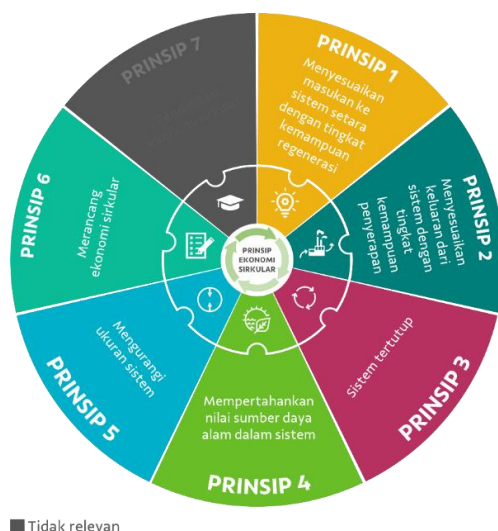
Gambar 36. Diagram Alir Uji Coba Program Ecoterako

Program pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako/*paving block* sebagai material konstruksi selaras dengan hasil kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) yang





mengidentifikasi aktivitas pertambangan sebagai titik panas (*hotspot*) timbunan limbah dan emisi. Dengan memanfaatkan slag sebagai material baru, program ini terbukti mengurangi dampak lingkungan, termasuk potensi emisi gas rumah kaca. Selain itu, Program pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako/*paving block* sebagai Material Konstruksi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai. Program ini menyesuaikan masukan dan keluaran sistem agar tetap seimbang, menekan timbunan limbah, dan sekaligus menggantikan material alam yang biasanya diperoleh dari aktivitas penambangan pasir dan batu. Hal tersebut sesuai dengan prinsip nomor 2 (Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan).



Gambar 37. Implementasi Strategis Praktis Ekonomi Sirkular pada Program ECOTERAKO

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Inovasi program pemanfaatan slag nikel sebagai agregat beton dan batako/*paving block* sebagai material konstruksi ini berdampak pada perubahan sistem yang mendukung dampak *industrial symbiosis*. Produk dari limbah slag yang semula hanya digunakan di internal PT Vale dan diproduksi oleh karyawan PT Vale, kini dapat berpotensi untuk dikembangkan dimasyarakat khususnya wilayah pemberdayaan PT Vale dan pada kelompok pengrajin batako yang ada di wilayah pemberdayaan PT Vale dengan prinsip kesepakatan. Program ini dapat menjadi inovasi yang menciptakan simbiosis yang menguntungkan antara PT Vale dan masyarakat.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program ini memberi dampak signifikan terhadap lingkungan berupa penghematan pengelolaan limbah non B3. Program ini memberikan dampak berupa potensi penghematan biaya operasional sebesar Rp 356.055.764 di tahun 2024 atau peningkatan pengurangan dan





pemanfaatan limbah slag nikel sebesar 1.163,94 ton di tahun 2024. Dan akan terus meningkat setiap tahunnya. PT Vale melakukan kalkulasi penghematan anggaran seperti rincian berikut ini :

$$\text{Absolut pemanfaatan (ton)} = \text{Pemanfaatan Slag Nikel tahun ke N (ton)}$$

Rumus penghematan = Nilai Absolut (ton) x Biaya produksi agregat slag (Rp/ton)

Biaya produksi agregat slag (Rp/ton) → 1 ton = Rp 305.905,6

Perhitungan Absolut dan Penghematan:

- Tahun 2024

Absolut pengurangan	= 1.163,94 ton
Penghematan (Rp.)	= Absolut x Biaya produksi agregat slag (Rp/ton)
	= 1.163,94 ton x Rp 305.905,6/ton
	= Rp 356.055.764

- Tahun 2025

Absolut pengurangan	= 654.968,66 ton
Penghematan (Rp.)	= Absolut x Biaya produksi agregat slag (Rp/ton)
	= 654.968,66 ton x Rp 305.905,6/ton
	= Rp 200.358.580,918

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program ini berkontribusi terhadap capaian SDGs point 12 “Responsible Consumption and Production” dengan tujuan memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan.

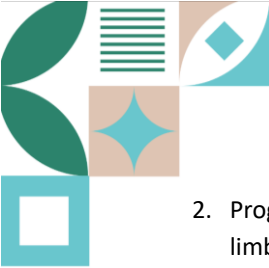
Target 12.4 yaitu meraih manajemen ramah lingkungan dari bahan kimia dan limbah lainnya sepanjang siklus hidupnya, sesuai dengan kerangka kerja internasional yang telah disepakati, dan secara signifikan mengurangi pelepasan bahan-bahan tersebut ke udara, air dan tanah dalam rangka meminimalisir dampak buruk bahan tersebut terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Target 12.5 yaitu secara substansial mengurangi produksi limbah melalui tindakan pencegahan, pengurangan, daur ulang dan penggunaan kembali.

Simpulan

Secara garis besar, PT Vale berhasil mengembangkan inovasi dari program “Pemanfaatan Slag Nikel Sebagai Agregat Beton dan Batako/Paving Block sebagai Material Konstruksi” adalah sebagai berikut:

1. Secara garis besar, kesimpulan dari program “Pemanfaatan Sebagai Agregat Beton dan Batako/Paving Block sebagai Material Konstruksi” yang memanfaatkan slag nikel sebagai material konstruksi berupa paving block dan batako.





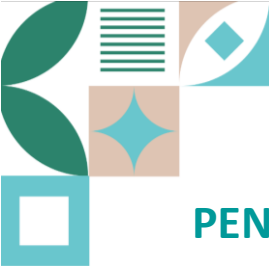
2. Program ini mengurangi ketergantungan pada material alam sekaligus menekan timbulan limbah non-B3 karena bukan hanya digunakan sebagai material perkerasan jalan tambang, face dan disposal saja.
3. Program "Pemanfaatan Sebagai Agregat Beton dan Batako/Paving Block sebagai Material Konstruksi" menjadi inovasi berkelanjutan yang sesuai dengan prinsip waste to wealth, mendukung ekonomi sirkular, dan memberikan nilai tambah bagi perusahaan maupun lingkungan.

Visualisasi Program ECOTERAKO



Gambar 38. Dokumentasi Program Ecoterako





PENGURANGAN DAN PEMANFAATAN

LIMBAH NON – B3

Utilisasi Slag Nikel Sebagai Material Ramah Lingkungan Dengan Metode *Shreeding* di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano

**Bella Regita, Lionie Butarbutar, Sainab Husain Paragay, Mardan, Achiruddin
Achmady**

E-mail: Lionie.Butar@vale.com

Slag nikel sebagai produk samping proses peleburan bijih selama ini lebih banyak ditangani melalui pemanfaatan internal perusahaan. Melalui program Ecoterako, slag berhasil digunakan untuk jalan tambang, disposal, hingga material bangunan. Namun, potensi slag untuk mendukung masyarakat sekitar juga sangat besar, khususnya di wilayah pemberdayaan PT Vale Indonesia di Kabupaten Luwu Timur.

Latar belakang sosial-ekonomi di wilayah tersebut menunjukkan masih banyak lahan kritis yang kurang produktif dan masyarakat yang membutuhkan dukungan sarana infrastruktur untuk mengembangkan kegiatan ekonomi lokal. Salah satunya adalah kawasan Agrowisata Kebun di Desa Tabarano, Kecamatan Wasuponda, yang sebelumnya berupa lahan tandus rawan kebakaran. Melalui kolaborasi lintas departemen, PT Vale mulai memperluas pemanfaatan slag ke luar area operasi sebagai bagian dari program Community Development. Inovasi ini tidak hanya bertujuan mengurangi timbunan limbah, mendukung prinsip waste-to-wealth dengan menjadikan slag sebagai material bernilai guna, tetapi membantu percepatan pengembangan wilayah pemberdayaan khususnya Desa Tabarano Kec. Wasuponda Kab. Luwu Timur.

Motivasi Awal

Sebelum adanya program “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode *Shreeding* di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano”, sebanyak 61% slag hanya digunakan untuk perkerasan jalan tambang PT Vale, hal ini tidak sebanding dengan slag yang dihasilkan, sisanya masih tertimbun di TPS. Timbunan slag yang meningkat dan pemanfaatan slag yang terbatas dapat mengindikasikan tempat penyimpanan slag menjadi penuh.

Kondisi tersebut mendorong PT Vale untuk mencari solusi yang mampu menekan timbunan slag sekaligus menyediakan material alternatif bagi kebutuhan konstruksi internal dan





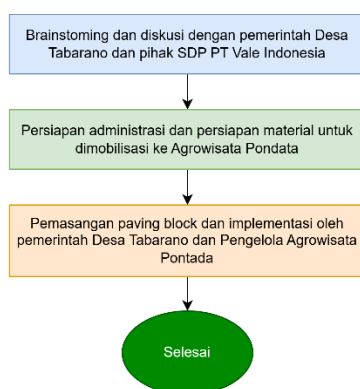
external. Dari sinilah lahir gagasan “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” sebagai bentuk efisiensi, keberlanjutan, dan penerapan ekonomi sirkular.

Deskripsi Program Inovasi

“Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” merupakan program pemanfaatan slag yang berawal dari tim PT Vale melihat karakteristik slag yang berpori didukung oleh hasil uji karakteristik slag yang memiliki kandungan kalsium dan silika yang berguna untuk mengalirkan air genangan di permukaan tanah, maka dari hal tersebut PT Vale berinisiatif untuk mengembangkan wilayah Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano yang belum memiliki akses jalan yang memadai dikarenakan kondisi lahan diarea tersebut tersusun dari tanah lempung atau tanah merah sehingga rawan kecelakaan karena tanahnya yang licin sehingga masyarakat kesulitan untuk mengakses jalan baik ke area Agrowisata maupun ke pusat keramaian lain di sekitarnya.

Tahapan program dilakukan mulai dari analisis karakteristik fisika slag, uji laboratorium, uji kuat tekan sesuai standar SNI, hingga penyusunan dokumen teknis pemanfaatan slag yang disahkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

Melalui inovasi ini, PT Vale telah melakukan percepatan pengembangan wilayah dengan memanfaatkan slag nikel sebagai material perkerasan lapisan jalan dan agregat paving block sehingga menjawab permasalahan tonase slag yang dapat di-*reduce* dari TPS dengan menambah nilai guna slag.



Gambar 39. Diagram Alir Uji Coba Pemanfaatan Slag Nikel di *Community Development*

Inovasi ini mampu meningkatkan pemanfaatan slag dari 61% menjadi 67%, mengurangi beban TPS, efisiensi penggunaan air dengan metode shreeding (crushing) sebanyak 93%, serta meningkatkan peluang keberlanjutan pembangunan di wilayah masyarakat pemberdayaan Luwu Timur.



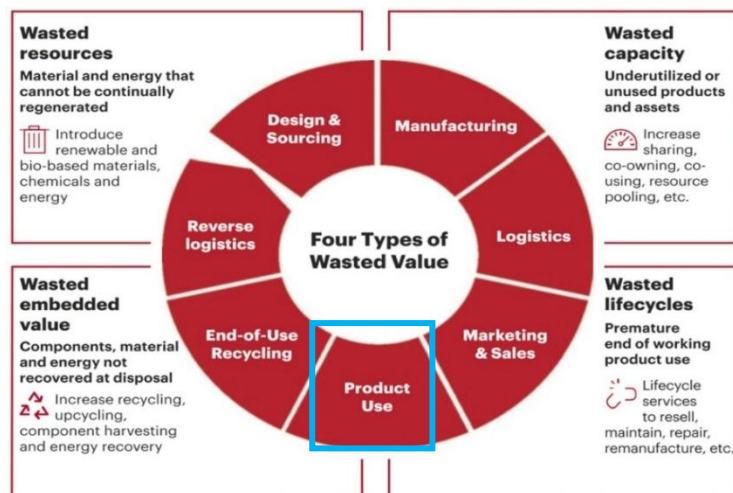


Tabel 8. Timbunan Oli Bekas dari Program OPO – Center Tahun 2023 (ton)

Rute	Jarak (km)	Kebutuhan Solar (Liter)	Faktor Emisi (Diesel B40) (ton CO ₂ e/m ³)	Emisi GRK (ton CO ₂ e)
Vale ke Kebun Nanas Pontada	17,2	3,44	1,88	0,01
Vale ke Pihak ketiga pengelola Limbah Non B3 Terdaftar	2188	437,6	1,88	0,82
Konsumsi BBM DT: 5 km/L				
Dampak pengurangan LCA dampak GWP dari selisih emisi yang berpotensi ditimbulkan				0,82 ton CO ₂ e

Program “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” selaras dengan hasil kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) yang mengidentifikasi aktivitas pertambangan yang merupakan hotspot limbah non B3 dan mengurangi dampak GWP dari mobilisasi Limbah Non B3 yang semula harus dikirim kepada pihak ketiga menjadi dimanfaatkan di area kebun nanas, sehingga dapat menurunkan dampak Global Warming Potential.

Selain itu, “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengubah limbah menjadi sumber daya bernilai. Program ini menyesuaikan masukan dan keluaran sistem agar tetap seimbang, menekan timbunan limbah, dan sekaligus menggantikan material alam yang biasanya diperoleh dari aktivitas penambangan pasir dan batu. Hal tersebut sesuai dengan prinsip nomor 2 (Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan).



Gambar 40. Konsep *Four Types of Water Value* Terkait Implementasi Program Pemanfaatan Slag di Area Comdev

Perubahan Sistem dari Program Inovasi





Inovasi “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” berdampak pada perubahan *system* yang mendukung dampak *industrial symbiosis*. Dimana pemanfaatan di masyarakat tidak hanya mengurangi limbah industri, tetapi juga mendukung pembangunan wilayah pemberdayaan perusahaan yang berkelanjutan dengan menyediakan material konstruksi yang ramah lingkungan dan ekonomis. Inovasi ini juga melibatkan dukungan pemerintah daerah dalam pengelolaan limbah slag dan pembangunan desa.

PT Vale tidak hanya memanfaatkan slag sebagai perbaikan akses jalan, tetapi sebagai penataan taman, wahana eco eduwisata, dan perbaikan kandungan pH tanah melalui media tanam yang bahan baku infrastrukturnya menggunakan limbah slag di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano. Upaya lainnya dalam jangka panjang adalah slag akan didonasikan kepada masyarakat yang memiliki usaha pengrajin batako dan paving block untuk dapat diproduksi sendiri sebagai pengganti pasir sehingga tidak lagi membeli pasir di Kabupaten Luwu Utara yang jaraknya jauh. Inisiasi ini bukan hanya dapat mengurangi tonase slag di TPS, tetapi memberi benefit secara ekonomi kepada pengrajin batako dan paving block di masyarakat dengan mensubstitusi bahan baku dari pasir yang harganya jauh lebih mahal & sulit didapatkan sehingga dapat menjadi inovasi yang menciptakan *symbiosis* yang menguntungkan antara PT Vale dan masyarakat sekitar.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program ini memberi dampak signifikan terhadap lingkungan berupa penghematan pengelolaan limbah non B3. Program ini memberikan dampak berupa potensi penghematan biaya operasional sebesar Rp 88.299.000,00 di tahun 2024 atau peningkatan pengurangan dan pemanfaatan limbah slag nikel sebesar 6,2 ton di tahun 2024. Dan akan terus meningkat setiap tahunnya.

Tabel 9. Jumlah Produksi Slag Nikel dari Tahun 2021 - 2025

Limbah Non B3	Tahun					Satuan
	2021	2022	2023	2024	2025*	
Produksi Slag	4,073,056.00	3,932,628.00	3,922,587	3,818,886	2,662,976	ton



**Tabel 10.** Neraca Pemanfaatan Slag Nikel

Jenis Pemanfaatan	Keterangan	Tahun					Satuan
		2021	2022	2023	2024	2025*	
MHR	Pengurangan	162,476	59,145	1,077,560.42	1,521,541.92	209,930.49	ton
Face	Pemanfaatan	1,590,203.53	1,254,001.62	1,255,923.53	1,338,787.62	1,254,001.62	ton
Disposal	Pemanfaatan	1,286,620.47	1,156,624.59	947,543.57	1,180,048.93	485,621.29	ton
Project	Pemanfaatan	930,679.78	952,704.07	626,348.71	729,794.70	761,836.86	ton
Konstruksi Infrastruktur	Pemanfaatan	0	0	0	1,163.94	654,968.66	ton
Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano	Pemanfaatan	0	0	0	6.21	100,48	ton
Total Pemanfaatan		3,969,980.00	3,422,475.20	3,919,998.00	3,818,343.30	2,523,114.87	ton

Keterangan :

 : Jumlah pemanfaatan slag nikel pada di Desa Tabarano

2025* : Januari s.d Juni 2025

Perhitungan Penghematan Anggaran

1 ton = 145 paving block

1 paving block = Rp 32.000/pcs

Biaya pengelolaan ke pihak ketiga = Rp 11.900.000

Tahun 2024

Paving block = 3,21 Ton ≈ 450 Paving block

Penghematan Anggaran = (450 pcs paving block x Rp 32.000) + (3,21 Ton x Rp 11.900.000)

= Rp 52.599.000,00

Raw material slag = 3 Ton

Penghematan Anggaran = (3 Ton x Rp 11.900.000)

= Rp 35.700.000,00

Total Absolut = Rp 88.299.000,00





Tahun 2025

Raw material slag	= 100,48 Ton
Penghematan Anggaran	= (100,48 Ton x Rp 11.900.000)
	= Rp 1.195.734.940

Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program ini berkontribusi terhadap capaian SDGs point 12 “*Responsible Consumption and Production*” dengan tujuan memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan.

Bagi pemerintah, yaitu Kementerian PPN atau BAPENAS, PT Vale Indonesia Tbk berkontribusi dalam pencapaian tujuan ke-12 SDGs yaitu menjamin pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan dalam pencapaian Target 12.5 yaitu secara substansial mengurangi produksi limbah melalui tindakan pencegahan, pengurangan, daur ulang dan penggunaan kembali.

Dari target RPJMN 2025-2029 dari tujuan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB), target pengelolaan limbah B3 pada tahun 2024 sebesar Rp 50.100.000

Simpulan

Secara garis besar, kesimpulan dari program “Utilisasi Slag Nikel sebagai Material Ramah Lingkungan dengan Metode Shreeding di Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano” adalah sebagai berikut:

1. Program berhasil mendukung pemanfaatan slag nikel di luar lingkup perusahaan, khususnya untuk pembangunan Agrowisata Kebun Nanas Desa Tabarano.
2. Pemanfaatan slag dalam bentuk paving block dan material jalan berkontribusi pada pengembangan lahan kritis serta peningkatan infrastruktur desa.
3. Inovasi ini memperlihatkan sinergi antara pengelolaan limbah industri dengan pemberdayaan masyarakat, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan capaian SDGs 12.
4. Selain manfaat lingkungan dan sosial, program ini memperkuat hubungan kemitraan perusahaan dengan komunitas lokal sebagai bagian dari strategi keberlanjutan PT Vale.



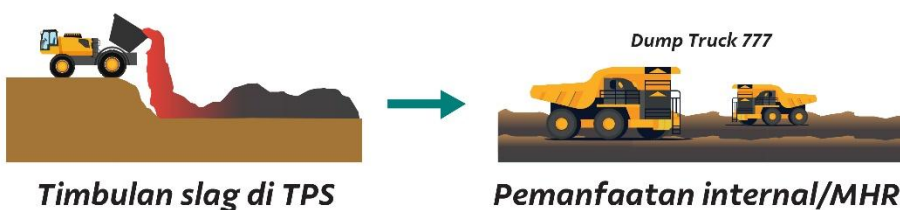


Visualisasi Program PEMANFAATAN SLAG DI AREA COMDEV



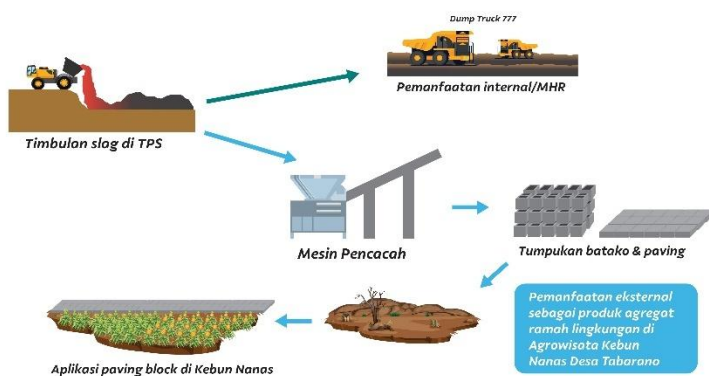
Gambar 41. Dokumentasi Program Pemanfaatan Slag di *Community Development*

Sebelum



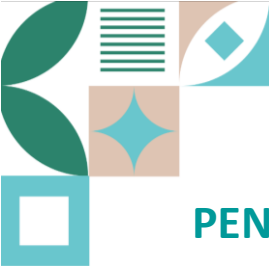
Gambar 42. Ilustrasi Proses Sebelum Adanya Program Pemanfaatan Slag Nikel di Desa Tabarano

Sesudah



Gambar 43. Ilustrasi Proses Setelah Implementasi Program Pemanfaatan Slag Nikel di Desa Tabarano





PENGELOLAAN SAMPAH

Enhanced Management of Bio-waste for Environmentally Resilient Solutions Dengan Metode Bucket System

EMBERS SOROWAKO

**Andi Afiyuddin, Asnar Ranggo, Haniena Divi, Syafruddin, Irfa Darajat, Frederick S,
Hendra Permana, Lionie Butarbutar**
E-mail: Andi.afiyuddin@vale.com

Pengelolaan sampah organik merupakan salah satu tantangan utama di Desa Sorowako, Provinsi Sulawesi Selatan. Sebelum adanya program inovasi ini, limbah organik dari rumah tangga, pasar, dan fasilitas perusahaan rata-rata mencapai 26,79 ton per tahun. Seluruh sampah tersebut berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), yang berpotensi menimbulkan bau tidak sedap, memicu munculnya hama, serta menghasilkan emisi gas rumah kaca dalam jumlah yang signifikan. Kondisi ini mendorong PT Vale Indonesia untuk mencari solusi yang tidak hanya menurunkan beban TPA, tetapi juga menghadirkan manfaat nyata bagi masyarakat. Lahirnya program metode *bucket system* (EMBERS Sorowako) menjadi wujud transformasi dari pola buang ke pola kelola, dengan mengusung semangat ekonomi sirkular serta mendukung target *zero waste to landfill*.

Motivasi Awal

Sampah organik yang tidak terkelola dengan baik menjadi sumber masalah lingkungan sekaligus pemborosan sumber daya. Padahal, material tersebut masih memiliki potensi besar jika diolah dengan tepat. Kesadaran inilah yang melatarbelakangi lahirnya program EMBERS, di mana limbah organik dipandang bukan lagi sebagai beban, tetapi sebagai bahan baku energi terbarukan dan produk bernilai tambah.

Bagi PT Vale, motivasi ini bukan sekadar mengurangi biaya operasional pengelolaan sampah, tetapi juga menunjukkan kepeloporan dalam praktik keberlanjutan, serta memperkuat hubungan dengan masyarakat melalui penyediaan solusi yang dapat diterapkan secara bersama.

Deskripsi Program Inovasi

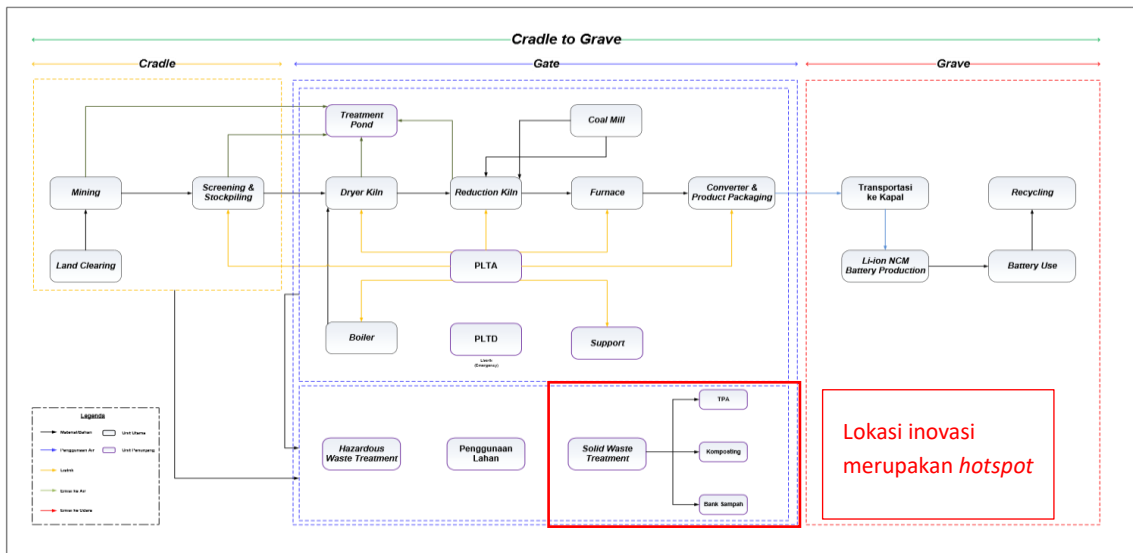
Program EMBERS Sorowako berjalan dengan konsep pemilahan sejak sumber (*bucket system*). Sampah organik dipisahkan kemudian diolah menggunakan teknologi sederhana namun efektif, yaitu biodigester, *komposting*. Dari proses ini dihasilkan dua produk utama





yaitu pupuk organik cair (POC), dan biogas sebagai energi alternatif pengganti LPG.

Secara metodologi, program EMBERS dikembangkan berdasarkan hasil kajian *Life Cycle Assessment (LCA)* yang mengidentifikasi pengelolaan sampah organik sebagai salah satu hotspot emisi. Dengan mengolah limbah di sumbernya, program ini menutup siklus karbon yang sebelumnya lepas ke udara dalam bentuk metana.



Gambar 44. Program EMBERS SOROWAKO pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale

Dari perspektif ekonomi sirkular, EMBERS menerapkan sistem tertutup di mana limbah organik tidak berakhir sebagai residu, melainkan kembali ke siklus ekonomi melalui produk bernilai. Biogas menggantikan energi fosil, dan pupuk cair mendukung pertanian organik. Program ini menjadi bukti bahwa konsep sirkular bisa dijalankan di tingkat lokal dengan keterlibatan perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

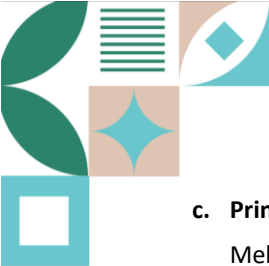
a. Prinsip 1: Menyesuaikan masukan ke sistem setara dengan tingkat kemampuan regenerasi

Secara langsung, prinsip ini tercermin dalam upaya efisiensi sumber daya melalui pengolahan 26,79 ton limbah organik per tahun menjadi biogas, dan pupuk organik cair, sehingga tidak ada bahan baku baru yang harus diambil dari alam.

b. Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Sebelum adanya program, limbah organik berakhir di TPA dan menghasilkan emisi gas rumah kaca serta pencemaran lingkungan yang melebihi kemampuan daya serap alam. Dengan program EMBERS, keluaran sistem berupa emisi berkurang drastis dan produk yang dihasilkan (biogas, pupuk cair) dapat diserap kembali ke masyarakat tanpa mencemari lingkungan. Prinsip ini mencerminkan *eko-efisiensi* karena limbah tidak lagi menjadi residu yang sulit diserap, tetapi diubah menjadi sumber daya yang dapat dimanfaatkan.





c. Prinsip 3: Sistem tertutup

Melalui *bucket system* dan teknologi biodigester, program EMBERS menerapkan prinsip siklus tertutup di mana limbah organik tidak dibuang, tetapi diproses hingga menjadi produk yang kembali ke siklus ekonomi. Misalnya, kompos digunakan untuk kebutuhan *nursery* PT Vale, pupuk cair dapat digunakan untuk pertanian. Dengan demikian, aliran material limbah organik tidak berakhir sebagai sampah, melainkan kembali ke dalam rantai produksi dan konsumsi.

d. Prinsip 4: Mempertahankan nilai sumber daya alam sistem

Program ini mempertahankan nilai dari limbah organik dengan mengubahnya menjadi produk bernilai tambah, bukan dibiarkan terdegradasi tanpa manfaat. Biogas menggantikan LPG sebagai energi rumah tangga, dan pupuk cair menggantikan pupuk kimia sintetis. Hal ini menjaga nilai sumber daya agar tidak hilang, melainkan tetap berputar di dalam sistem ekonomi lokal.

e. Prinsip 5: Mengurangi ukuran sistem

Dengan adanya program EMBERS, beban TPA sebagai sistem akhir pengelolaan sampah berkurang secara signifikan. Sebanyak 26,79 ton limbah organik per tahun yang dulunya berakhir di TPA kini tidak lagi masuk ke sistem pembuangan, sehingga “ukuran sistem pembuangan akhir” mengecil. Selain itu, teknologi biodigester yang digunakan bersifat sederhana, berkapasitas terukur, dan berbasis masyarakat sehingga tidak membutuhkan fasilitas tambahan besar yang menambah kompleksitas.

f. Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program EMBERS jelas merupakan bentuk perancangan ulang sistem pengelolaan sampah organik dengan mengintegrasikan masyarakat, teknologi sederhana seperti biodigester, komposting serta pendekatan edukasi pemilahan sejak sumber. Perancangan ini membuktikan bahwa konsep ekonomi sirkular bisa diterapkan di tingkat lokal dengan hasil nyata berupa pengurangan sampah, penghematan energi, nilai ekonomi baru, dan peningkatan kualitas lingkungan

Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program Emberisasi Bioenergi Sirkular Sorowako (EMBERS Sorowako) berdampak pada terjadinya perubahan *Sub-System* yang mendukung *Industrial Symbiosis* dalam hal memberikan keuntungan kepada internal perusahaan, masyarakat, dan pemerintah. Berikut perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan:

a. Kondisi sebelum adanya program

Pengelolaan limbah organik di PT Vale Indonesia sebelum adanya program EMBERS masih menggunakan pendekatan konvensional. Limbah organik bercampur dengan sampah lain tanpa adanya pemilahan sejak dari sumber. Seluruh timbulan limbah tersebut, yang mencapai sekitar 26,79 ton per tahun, langsung dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kondisi ini menimbulkan sejumlah persoalan lingkungan, seperti meningkatnya





volume sampah di TPA, munculnya bau tidak sedap, berkembangnya populasi hama, serta pelepasan gas metana (CH_4) dari proses pembusukan terbuka. Selain menciptakan beban lingkungan, sistem tersebut juga tidak menghasilkan manfaat tambahan karena potensi energi dan produk bernilai dari limbah organik terbuang begitu saja. Pola pengelolaan yang masih bersifat linear dengan konsep “ambil–pakai–buang” semakin menunjukkan keterbatasannya dalam menjawab tantangan keberlanjutan dan efisiensi sumber daya. Selain itu terdapat permasalahan pada kelompok tani binaan PTVI yang masih mengandalkan pupuk kimia sebagai material utama dalam pengelolaan pertanian. Hal ini mengakibatkan pengadaan pupuk kimia yang mahal dan berdampak negatif terhadap lingkungan.

b. Kondisi setelah adanya program

Setelah implementasi EMBERS, sistem pengelolaan limbah organik mengalami transformasi yang signifikan menuju konsep ekonomi sirkular. Pemilahan dilakukan sejak dari sumber melalui sistem emberisasi (*bucket system*). Sistem emberisasi adalah metode pemilahan sampah organik dengan cara menempatkannya langsung ke dalam ember khusus yang dibagikan ke rumah tangga atau unit penghasil sampah. Setiap ember berfungsi sebagai wadah terpisah untuk sampah organik sehingga tidak bercampur dengan sampah anorganik atau residu lain. Dengan cara ini, limbah organik dapat terkumpul dalam kondisi lebih bersih, bebas kontaminasi, dan siap diolah lebih lanjut.

Setelah sampah terkumpul dari sumber yaitu perusahaan dan *Community*, selanjutnya sampah organik akan dicacah atau dihaluskan untuk mempermudah proses fermentasi. Setelah sampah sudah halus selanjutnya akan dimasukkan ke tank biodigester dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 1 untuk proses fermentasi anaerobik sehingga menghasilkan gas metana (CH_4). Residu dari proses ini berupa slurry yg bisa dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair,

Program EMBERS dengan proses biodigester, berhasil mengolah sampah organik sebesar 26,70 ton di tahun 2024. Dari pengolahan tersebut dihasilkan sekitar 864 kilogram biogas per tahun, yang dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk kebutuhan memasak. Dengan adanya program tersebut berhasil menghemat biaya pembelian gas sebesar Rp 15.336.000. Sementara itu, dari produk lain dari proses biodigester ini menghasilkan sekitar 10.080 liter pupuk organik cair per tahun yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pertanian oleh kelompok tani binaan PTVI. Dimana pupuk organik cair tersebut sudah dimasukkan ke dalam lab untuk dilakukan uji lebih lanjut. Hasil uji dari POC tersebut hasilnya baik sehingga bisa dimanfaatkan untuk kelompok tani binaan PTVI. Dari penggunaan POC tersebut pertumbuhan tanaman sangat baik sehingga POC bisa menggantikan pupuk kimia yang selama ini digunakan dan mengurangi dampak lingkungan yang timbul akibat penggunaan pupuk kimia. Pemanfaatan POC tersebut dapat mengurangi biaya pengadaan pupuk sehingga menghemat dana sebesar Rp. 252.000.000.





Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program EMBERS Sorowako memberikan kontribusi nyata dalam menekan emisi gas rumah kaca, khususnya metana (CH_4) yang dihasilkan dari proses pembusukan limbah organik di TPA. Tanpa program ini, sebanyak 26,79 ton limbah organik per tahun berpotensi menghasilkan emisi metana. Dengan menggunakan faktor emisi konservatif sebesar 62 kg CH_4 per ton limbah organik dan nilai *Global Warming Potential* (GWP) CH_4 sebesar 28, maka emisi yang dapat dicegah dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Emisi yang dicegah (CO}_2\text{ eq)} &= \text{Volume limbah (ton/tahun)} \times \text{Faktor emisi CH}_4\text{ (kg/ton)} \\ &\quad \times \text{GWP CH}_4 \\ \text{Emisi yang dicegah} &= 26,79 \text{ ton/tahun} \times 62 \text{ kg CH}_4\text{/ton} \times 28 \\ &= 46.129 \text{ kg CO}_2\text{ eq/tahun} \\ &= 46 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Program EMBERS Sorowako berhasil memanfaatkan sampah organik sebesar 26,79 ton pada tahun 2024. Hasil pengolahannya berupa pupuk organik cair (POC) sebesar ± 10.080 liter/tahun dan produksi biogas sebesar ± 864 kg/tahun, setara untuk memasak 4 tungku per hari. Penghematan biaya dari program EMBERS yaitu sebesar Rp38.778.257. Program ini juga berkontribusi dalam menekan emisi gas rumah kaca, khususnya gas metana yang biasanya dilepaskan dari pembusukan limbah organik di TPA sebesar 46 Ton.

a. Perhitungan Hasil Absolut

Tahun 2024

$$\begin{aligned}\text{Absolut Pemanfaatan (ton)} &= \text{Jumlah Sampah Organik per Hari (kg/hari)} \times \\ &\quad \text{Jumlah Hari (hari/tahun)} \times \text{Konversi (ton/kg)} \\ &= 73,39 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari/tahun} \div 1000 \\ &= 26,79 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Jadi, absolut pemanfaatan limbah organik pada tahun 2024 adalah **26,79 ton**.

b. Perhitungan Penghematan Anggaran

$$\begin{aligned}\text{Rumus penghematan Operasional TPA (Rp)} &= \text{Absolut pemanfaatan (ton)} \times (\text{Biaya} \\ &\quad \text{Pengangkutan Sampah TPA (Rp/ton)} + \\ &\quad \text{Biaya operasional Sampah TPA (Rp/ton)})\end{aligned}$$

- Biaya Operasional TPA yang dihitung adalah biaya servis kontrak, biaya perawatan alat, perawatan fasilitas landfill dan biaya bahan bakar operasional sebesar : Rp1.089.448,17
- Biaya Pengangkutan Sampah sebesar : Rp 358.042,68





Rumus penghematan Operasional TPA (Rp) = Absolut pemanfaatan (ton) x (Biaya Pengangkutan Sampah TPA (Rp/ton) + Biaya operasional Sampah TPA (Rp/ton))

Penghematan Operasional (Rp.) = 26,79 ton x (Rp 358.042,68 + Rp 1.089.448,17)
= 26,79 ton x Rp 1.447.490,85
= Rp 38.778.257

Penghematan Penggunaan Gas = Harga gas per kg x total biogas
= Rp. 17.750 x 864 kg
= Rp 15.336.000

Penghematan Pembelian Pupuk Cair = Harga Pupuk cair per liter x Jumlah POC
= Rp 25.000 x 10.080 Liter
= Rp. 252.000.000

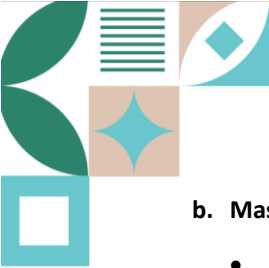
Total Penghematan = Penghematan Operasional + Penghematan Penggunaan Gas + Penghematan Pembelian Pupuk
= Rp 38.778.257 + Rp 15.336.000 + Rp. 252.000.000
= Rp 306.114.257

Program ini tergolong sebagai Perubahan Sub-Sistem yang termasuk kedalam klasifikasi (*value chain optimization*) karena bekerja sama dengan Bumdesma Indonesia serta merupakan program inisiatif strategis yang mendukung terjadinya pemanfaatan sampah organik dikarenakan adanya optimalisasi nilai dari sampah yang tadinya tidak terpakai menjadi produk yang berguna bagi lingkungan sekitar. Program ini memiliki Nilai Tambah Rantai Nilai, hal ini karena program ini memberikan keuntungan bagi Perusahaan, Pemerintah, Masyarakat dan Pembuangan Akhir. Dengan *Value Creation* Nilai tambah program inovasi.

a. Perusahaan

- Pengurangan emisi GRK dari sampah.
- Menurunkan biaya operasional sebesar Rp 38.778.257 pada tahun 2024.
- Meningkatkan budaya kesadaran hidup minim sampah kepada karyawan supaya lebih peduli terhadap lingkungan yang tertuang dalam memo nomor 00478/COO-S/III/2024 tentang Penyampaian Pesan Himbauan Implementasi 3R Sampah di PT Vale Indonesia.





b. Masyarakat

- Berkontribusi positif pada penurunan pencemaran lingkungan akibat sampah serta emisi GRK sebesar 46 Ton CO₂ eq/tahun.
- Menurunkan biaya konsumsi gas dengan menggunakan gas dari biodigester sebesar Rp 15.336.000.
- Menghemat biaya pengadaan pupuk sebesar Rp. 252.000.000.
- Meningkatkan budaya sadar sampah pada masyarakat melalui program kampung iklim.

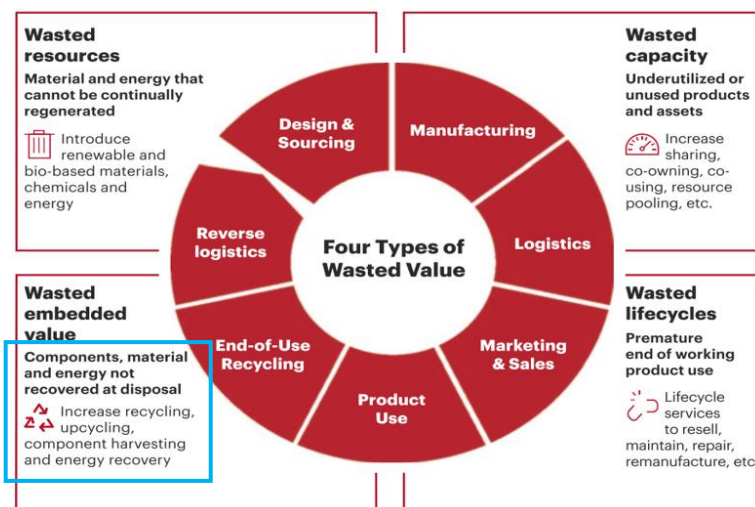
c. Pemerintah

- Mengimplementasikan program SDGS desa dengan Pemerintah Luwu Timur sesuai MOU nomor 147.543/46/III/KSB/PEM-LT/2023.
- Membantu peran pemerintah dalam pengelolaan sampah organik Masyarakat melalui program EMBERS SOROWAKO.

d. Pembuangan Akhir

Mengurangi timbulan sampah organik yang masuk dalam TPA Pemerintah Luwu Timur sebesar 26,79 ton

Pengembangan inovasi EMBERS Sorowako ini dilakukan oleh perusahaan sendiri yang juga memberikan nilai tambah berupa rantai rantai dimana terdapat pemanfaatan limbah menjadi produk yaitu gas dan juga pupuk cair. Selain itu, apabila ditinjau dari *Circular Business Model*, inovasi ini berada di siklus *wasted embedded value* dengan klasifikasi *Increase Recycling* dimana limbah dilakukan daur ulang dan menghasilkan produk yang bisa digunakan kembali.



Gambar 45. Konsep *Four Types of Water Value* Terkait Implementasi EMBERS SOROWAKO





Kontribusi Program Terhadap SDGs



Program EMBERS Sorowako memiliki keterkaitan erat dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Dari sisi energi, program ini berkontribusi pada

SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) karena menghasilkan biogas sebagai energi alternatif pengganti LPG. Dari sisi konsumsi dan produksi, program ini mendukung SDG 12 (Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan) melalui pemanfaatan kembali limbah organik menjadi produk bernilai tambah seperti pupuk cair. Selain itu, program ini turut mendukung SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim) dengan menekan emisi gas rumah kaca, khususnya metana, yang biasanya dihasilkan dari proses dekomposisi limbah di TPA.

Simpulan

Program EMBERS SOROWAKO menegaskan bahwa pengelolaan limbah organik dapat diubah menjadi peluang strategis. Beberapa poin penting yang dapat disimpulkan yaitu:

1. Program EMBERS berhasil mentransformasi sistem pengelolaan sampah dari pola linear “buang dan timbun” menjadi pola sirkular berbasis nilai tambah.
2. Inovasi ini memberikan manfaat ganda yaitu menekan beban TPA sekaligus menghasilkan energi, dan pupuk yang bermanfaat bagi masyarakat.
3. Program ini berkontribusi terhadap pencapaian SDGs, khususnya energi bersih (SDG 7), konsumsi dan produksi berkelanjutan (SDG 12), serta aksi iklim (SDG 13).
4. Lebih dari sekadar teknologi, program EMBERS memperkuat kesadaran lingkungan di kalangan karyawan dan masyarakat, sehingga tercipta budaya baru dalam pengelolaan sampah berkelanjutan.

Visualisasi Program EMBERS SOROWAKO



Sampah organik dari community sebelumnya belum terpilah dengan baik sehingga sampah tersebut langsung dibuang ke TPA

Gambar 46. Kondisi Sebelum adanya Program EMBERS SOROWAKO



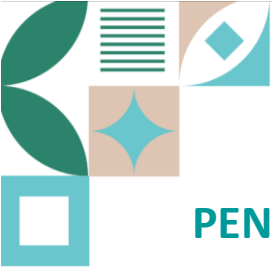


Gambar 47. Proses Kegiatan Setelah Implementasi Program EMBERS SOROWAKO



Gambar 48. Dokumentasi Kegiatan dan Produk Pupuk Pupuk Cair Program EMBERS SOROWAKO





PENGELOLAAN SAMPAH

Transformasi Sampah Organik Menjadi Pakan Ternak Woliko dengan Inovasi Metode Biopond Bertingkat

TRAMPIL WOLIKO

Afiyuddin, Asnar Ranggo, Haniena Divi, Syafruddin, Irfat Darajat, Frederick S, Hendra Permana

E-mail: Andi.afiyuddin@vale.com

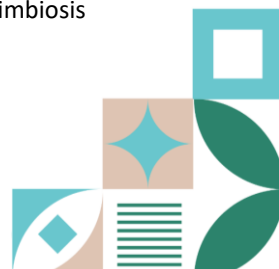
Sampah organik merupakan salah satu jenis limbah yang paling dominan dihasilkan dari aktivitas PT Vale, dengan porsi lebih dari 30% dari total timbulan sampah. Jika tidak dikelola dengan baik, timbulan ini berpotensi menghasilkan gas metana, menimbulkan pencemaran lingkungan, hingga berdampak pada kesehatan masyarakat sekitar.

Metode pengomposan konvensional yang selama ini digunakan terbukti memiliki banyak keterbatasan, terutama kebutuhan lahan yang luas dan waktu dekomposisi yang panjang. Untuk menjawab tantangan tersebut, PT Vale mengembangkan program Program Transformasi Sampah Organik Menjadi Pakan Ternak Woliko Dengan Inovasi Metode Biopond Bertingkat (TRAMPIL WOLIKO), yaitu transformasi sampah organik menjadi pakan ternak dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Melalui desain biopond bertingkat, program ini mampu mengefisienkan lahan, mempercepat proses dekomposisi, sekaligus menghasilkan produk bernilai tambah berupa maggot untuk pakan ternak.

Motivasi Awal

Sebelum program ini dilaksanakan, pengelolaan sampah organik masih terbatas pada metode pengomposan konvensional yang membutuhkan lahan luas dan memerlukan waktu lama dalam proses penguraian. Kondisi ini membuat efektivitas pengurangan sampah rendah, sementara volume timbulan terus bertambah. Di sisi lain, biaya operasional Tempat Pembuangan Akhir (TPA) perusahaan terus meningkat seiring dengan tingginya frekuensi pengangkutan sampah organik. Kondisi ini juga menambah beban pemerintah daerah, karena sebagian besar sampah masih berakhir di TPA umum. Selain itu, masyarakat — khususnya para peternak ayam lokal di Woliko — turut menghadapi tantangan berupa tingginya harga pakan ternak, yang merupakan komponen utama dalam biaya produksi.

Kombinasi permasalahan lingkungan, ekonomi, dan sosial inilah yang mendorong lahirnya program TRAMPIL WOLIKO. Program ini tidak sekadar mengurangi timbulan sampah, tetapi juga menghadirkan nilai tambah berupa dukungan pada ekonomi sirkular dan simbiosis industri.

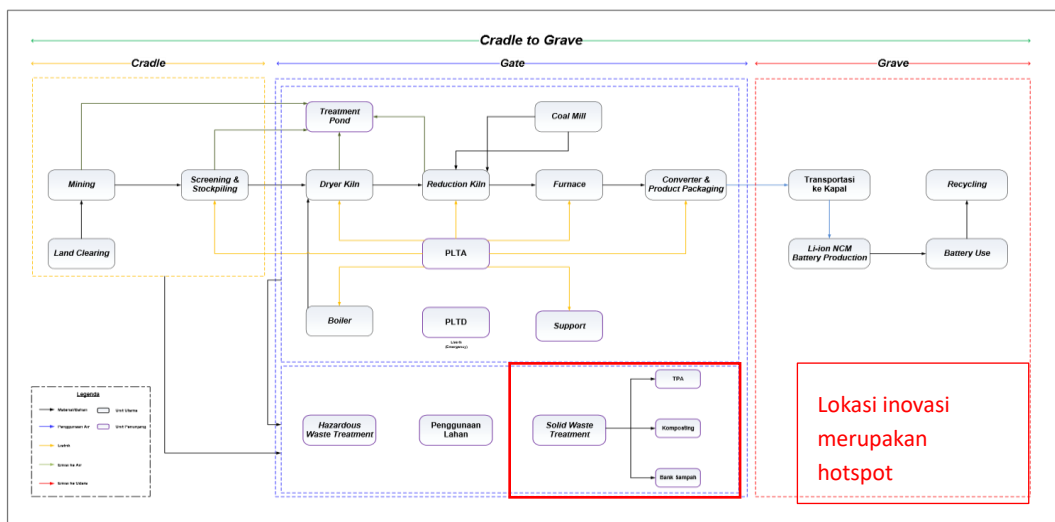




Deskripsi Program Inovasi

TRAMPIL WOLIKO dirancang dengan konsep *biopond* bertingkat, yaitu sistem penguraian sampah organik menggunakan larva BSF dalam susunan vertikal. Desain ini memungkinkan pengolahan sampah dalam volume besar dengan kebutuhan lahan yang jauh lebih kecil — tercatat efisiensi penggunaan lahan mencapai 64% dibanding metode konvensional. Sampah organik yang telah dipilah dialirkan ke *biopond*, di mana larva BSF akan menguraikannya dengan cepat. Proses ini tidak hanya mempercepat dekomposisi, tetapi juga menghasilkan maggot sebagai produk samping yang bernilai tinggi. Maggot yang dihasilkan kemudian dikeringkan atau diolah lebih lanjut untuk dijadikan pakan ternak, khususnya ayam Woliko, dengan total produksi mencapai 264 kg pada tahun 2023–2024.

Berbeda dari metode sebelumnya yang hanya berfokus pada reduksi sampah, program ini menambahkan lapisan manfaat baru. Dari perspektif *Life Cycle Assessment* (LCA), TRAMPIL WOLIKO menurunkan dampak lingkungan pada titik panas (hotspot) sektor pengelolaan sampah, khususnya pada kategori *Global Warming Potential* (GWP). Penerapan program ini terbukti mengurangi emisi transportasi dan pembusukan TPA hingga 16,23 ton CO₂e pada 2023 dan 8,11 ton CO₂e pada 2024.



Gambar 49. Program TRAMPIL WOLIKO pada Diagram Alir Kajian LCA PT Vale

Tidak berhenti di situ, program ini juga berperan dalam ekonomi sirkular dengan mengubah sampah organik yang biasanya berakhir di landfill menjadi sumber pakan alternatif. Selain mendukung operasional perusahaan yang lebih hijau, program ini juga membantu menurunkan biaya pakan ternak masyarakat hingga jutaan rupiah setiap tahunnya. Bahkan, keberhasilan TRAMPIL WOLIKO telah mendorong pemerintah daerah Luwu Timur mereplikasi program ini di berbagai kelompok masyarakat melalui skema Program Kampung Iklim (Proklim).





Sebagai wujud komitmen terhadap pembangunan berkelanjutan, penerapan program Program TRAMPIL WALIKO tidak hanya berfokus pada hasil teknis pengelolaan sampah organik, tetapi juga pada keselarasan dengan prinsip – prinsip keberlanjutan yang menjadi pedoman bagi PT Vale. Melalui penerapan konsep *biopond* bertingkat dan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA), program ini menunjukkan bagaimana inovasi lingkungan dapat menggabungkan efisiensi sumber daya, sirkularitas, serta tanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat. Keselarasan tersebut tercermin dalam beberapa prinsip utama yang mendasari pelaksanaan program ini, sebagai mana dijelaskan pada poin berikut :

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

Program ini berhasil mengefisiensi lahan yang digunakan hingga sebesar 64%.

b. Prinsip 2: Menyesuaikan keluaran dari sistem dengan tingkat kemampuan penyerapan

Program ini berhasil meningkatkan efektivitas pengolahan sampah organik yang dihasilkan sebesar 8,9 ton. Secara langsung berhasil mengimplementasikan poin “mengganti proses dengan proses yang tingkat timbulan sampah/limbah lebih rendah (proses eko-efisiensi)”.

c. Prinsip 6: Merancang ekonomi sirkular

Program ini merupakan program yang bertujuan untuk pengelolaan sampah organik secara sirkular. Hasil maggot dari program ini berhasil mensuplai kebutuhan pakan ternak ayam waliko sebesar 264 kg. Program ini secara langsung melaksanakan poin “merancang metodologi baru untuk menjamin perbaikan berkelanjutan”.

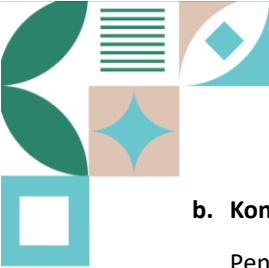
Perubahan Sistem dari Program Inovasi

Program Transformasi Sampah Organik Menjadi Pakan Ternak Woliko Dengan Inovasi Metode Biopond Bertingkat (TRAMPIL WOLIKO) berdampak pada terjadinya perubahan *Sub-System* yang mendukung Industrial Symbiosis dalam hal memberikan keuntungan kepada internal perusahaan, masyarakat, dan pemerintah. Berikut perubahan alur proses yang dilakukan oleh perusahaan :

a. Kondisi sebelum adanya program

Inovasi ini diterapkan oleh PT Vale dikarenakan timbulan sampah organik > 30% dari total timbulan sampah yang dihasilkan oleh PT Vale. Besarnya jumlah timbulan mengakibatkan besarnya lahan yang diperlukan untuk metode pengomposan secara konvensional. Metode pengomposan juga memerlukan waktu yang relatif lama untuk proses penguraian sampah organik. Lamanya penguraian menyebabkan lahan yang digunakan semakin banyak sehingga perlu menerapkan metode lain dalam pengolahan sampah organik yang mampu mengurai sampah dengan cepat dan kebutuhan lahan yang relatif sedikit.





b. Kondisi setelah adanya program

Pengelolaan sampah organik dengan menggunakan metode *biopond* bertingkat mampu mengefisiensi lahan yang digunakan hingga 64% dan meningkatkan efektivitas pengolahan sampah organik yang dihasilkan sebesar 8,9 ton. Selain itu, inovasi ini juga berhasil meningkatkan populasi maggot serta membantu kelompok rentan, yaitu peternak ayam Woliko, dalam mengurangi kebutuhan pakan ternak sebesar 246 kg dan menghemat biaya pakan hingga Rp3.690.000,00 pada tahun 2023. Melihat keberhasilan program **TRAMPIL WOLIKO**, Pemerintah Kabupaten Luwu Timur bersama masyarakat dan PT Vale melalui **Program Kampung Iklim (PROKLIM)**—berdasarkan **SK Nomor 172/D-10/IV/TAHUN 2024**—telah mereplikasi program tersebut di beberapa lokasi, yaitu **Kelompok Wanita Tani (KWT) Mandiri** di Kecamatan Tomoni, **KWT Berkatani** di Kecamatan Wasuponda, **Dasawisma Bogenvil** di Kecamatan Wasuponda, dan **KWT Paku** di Kecamatan Nuha. Replikasi program ini berhasil mencapai nilai absolut sebesar **7,8 ton** pada tahun **2023**.

Dampak Lingkungan dari Program Inovasi

Program TRAMPIL WOLIKO berhasil memanfaatkan sampah organik sebesar 8,9 ton ditahun 2023 dan 5,6 ton ditahun 2024. penghematan biaya sebesar Rp12.882.668,59 tahun 2023 dan tahun 2024 sebesar Rp8.105.948,78.

a. Perhitungan Hasil Absolut

Absolut pemanfaatan (ton) = Jumlah *Biopond* Aktif x Jumlah Sampah Organik per *Biopond* (Kg) x Jumlah Hari (Hari/Tahun) x konversi (Ton/Kg)

Tahun 2023

Absolut pemanfaatan (ton) = $41 \text{ Biopond} \times 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} / 1000 \frac{\text{Ton}}{\text{kg}}$
= 8,9 ton

Tahun 2024

Absolut pemanfaatan (ton) = $51 \text{ Biopond} \times 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 182 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} / 1000 \frac{\text{Ton}}{\text{kg}}$
= 5,6 ton

b. Perhitungan Penghematan Anggaran

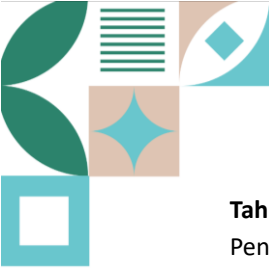
Penghematan biaya perusahaan

Rumus penghematan Operasional TPA (Rp):

Absolut pemanfaatan (ton) x (Biaya Pengangkutan Sampah TPA (Rp/ton) + Biaya operasional Sampah TPA (Rp/ton))

- Biaya Operasional TPA yang dihitung adalah biaya servis kontrak, biaya perawatan alat, perawatan fasilitas landfill dan biaya bahan bakar operasional sebesar : Rp1.089.448,17.
- Biaya Pengangkutan Sampah sebesar : Rp358.042,68





Tahun 2023

Penghematan Operasional TPA (Rp):

Absolut pemanfaatan (ton) x (Biaya Pengangkutan Sampah TPA (Rp/ton) + Biaya operasional Sampah TPA (Rp/ton))

$$\begin{aligned}\text{Rumus penghematan (Rp)} &= 8,9 \text{ (ton)} \times (\text{Rp}358.042,68 + \text{Rp}1.089.448,17) \\ &= 8,9 \text{ ton} \times \text{Rp}1.447.490,85 \\ &= \text{Rp}12.882.668,59\end{aligned}$$

Tahun 2024

Penghematan Operasional TPA (Rp):

Absolut pemanfaatan (ton) x (Biaya Pengangkutan Sampah TPA (Rp/ton) + Biaya operasional Sampah TPA (Rp/ton))

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan penghematan (Rp.)} &= 5,6 \text{ (ton)} \times (\text{Rp}358.042,68 + \text{Rp}1.089.448,17) \\ &= 5,6 \text{ ton} \times \text{Rp}1.447.490,85 \\ &= \text{Rp}8.105.948,78\end{aligned}$$

Implementasi TERAMPIL WALIKO sebagai upaya pemanfaatan sampah pada di PT Vale merupakan perubahan sub-sistem karena memberikan keuntungan tidak hanya pada internal perusahaan, melainkan pihak-pihak lain yang terkait yaitu pihak pemerintah dan masyarakat.

a. Perusahaan

- Pengurangan emisi GRK dari sampah sebesar 16,23 ton CO₂eq pada tahun 2023
- Menurunkan biaya operasional sebesar Rp24.649.412.50 pada tahun 2023
- Meningkatkan budaya kesadaran hidup minim sampah kepada karyawan agar lebih peduli terhadap lingkungan yang tertuang dalam memo nomor 00478/COO-S/III/2024 tentang Penyampaian Pesan Himbauan Implementasi 3R Sampah di PT Vale

b. Masyarakat

- Berkontribusi positif pada penurunan pencemaran lingkungan akibat sampah serta emisi GRK
- Menurunkan biaya pakan ternak bagi kelompok Woliko sebesar Rp3.690.000,00 pada tahun 2023
- Meningkatkan budaya sadar sampah pada masyarakat melalui program kampung iklim

c. Pemerintah

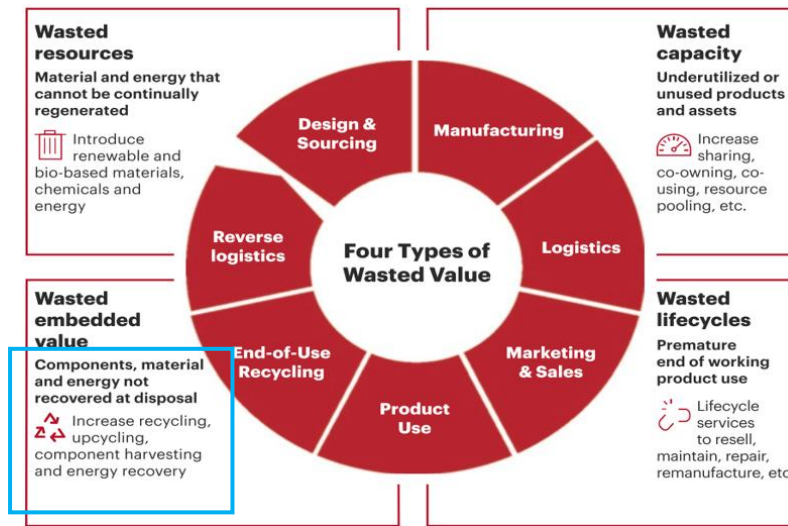
- Mengimplementasikan program SDGs desa dengan Pemerintah Luwu Timur sesuai MoU nomor 147.543/46/III/KSB/PEM-LT/2023
- Membantu peran pemerintah dalam pengelolaan sampah organik masyarakat melalui program TRAMPIL WOLIKO
- Mengurangi sampah organik yang masuk dalam TPA Pemerintah Luwu Timur sebesar 7,8 ton





- Menurunkan beban biaya operasional TPA Pemerintah Luwu Timur sebesar Rp11.290.428,63 pada tahun 2024

Pengembangan inovasi TRAMPIL WOLIKO ini dilakukan oleh perusahaan sendiri yang juga memberikan nilai tambah berupa perubahan rantai (*value chain optimization*) dan keuntungan bagi perusahaan. Selain itu, apabila ditinjau dari *four types of wasted value*, inovasi ini berada di siklus *wasted embedded value* yang melakukan daur ulang air limbah.



Gambar 50. Konsep *Four Types of Water Value* Terkait Implementasi TERAMPIL WALIKO

Kontribusi Program Terhadap SDGs



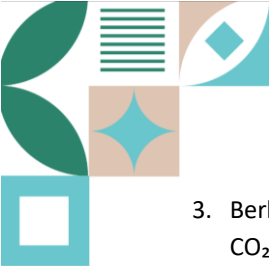
Program TERAMPIL WALIKO berhasil memanfaatkan sampah organik sebesar 8,9 Ton ditahun 2023 dan 5,6 ton ditahun 2024. Penghematan biaya sebesar Rp12.882.668,59 tahun 2023 dan tahun 2024 sebesar Rp8.105.948,78 selaras dengan tujuan SDGs yaitu Kota dan Permukiman Inklusif, Aman, Tangguh dan Berkelanjutan poin 12.

Simpulan

Secara ringkas program TRAMPIL WOLIKO memberikan tiga poin utama, yaitu:

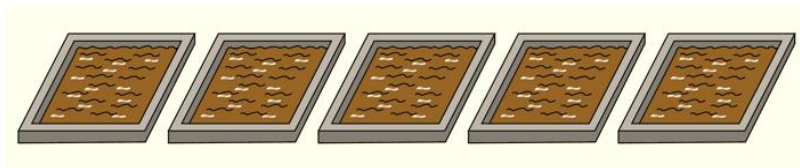
1. Menghadirkan solusi pengelolaan sampah organik berbasis biopond bertingkat dengan efisiensi lahan hingga 64%, serta pengolahan sampah sebesar 8,9 ton (2023) dan 5,6 ton (2024).
2. Menghasilkan produk samping berupa 264 kg maggot sebagai pakan ternak, yang memberi manfaat langsung bagi peternak ayam lokal Woliko dan mendukung ekonomi sirkular.





3. Berhasil menurunkan emisi gas rumah kaca hingga 16,23 ton CO₂eq (2023) dan 8,11 ton CO₂eq (2024), sejalan dengan SDGs poin 12 tentang konsumsi dan produksi berkelanjutan.gambar

Visualisasi Program TRAMPIL WOLIKO



Gambar 51. Kondisi Sebelum adanya Program TRAMPIL WOLIKO

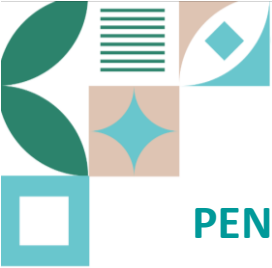


Gambar 52. Kondisi Setelah Implementasi Program TRAMPIL WOLIKO



Gambar 53. Dokumentasi Kegiatan Program TRAMPIL WOLIKO





PENUTUP

Perjalanan panjang PT Vale dalam mengelola lingkungan tambang nikel di Sorowako menegaskan bahwa keberlanjutan bukanlah tujuan akhir, melainkan proses berkelanjutan yang membutuhkan komitmen, inovasi, dan kolaborasi. Melalui berbagai program yang terangkum dalam buku ini, perusahaan menunjukkan kesungguhan dalam mengintegrasikan prinsip *sustainable mining* ke dalam setiap aspek operasionalnya.

Inovasi dalam aspek energi menjadi pijakan awal menuju efisiensi dan pengurangan jejak karbon, diikuti dengan upaya pengelolaan air yang berfokus pada konservasi dan optimalisasi penggunaan sumber daya alam. Pengendalian emisi dijalankan dengan komitmen kuat untuk menjaga kualitas udara dan mendukung target dekarbonisasi perusahaan. Selanjutnya, penanganan limbah B3 dilakukan dengan prinsip 3R (*Reuse, Reduce, dan Recycle*) untuk meminimalkan dampak lingkungan dan memaksimalkan pemanfaatan kembali material yang masih bernilai. Pada aspek limbah non-B3, inovasi diarahkan untuk mengubah residu operasional menjadi sumber daya baru yang bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan. Sementara itu pengelolaan sampah menjadi refleksi nyata dari tanggung jawab kolektif perusahaan dan komunitas sekitar dalam menjaga kebersihan serta keberlanjutan kawan operasional.

Setiap program dalam buku ini tidak hanya menghadirkan solusi atas tantangan lingkungan, tetapi juga menjadi cerminan semangat pembelajaran kolektif seluruh insan PT Vale. Kolaborasi lintas fungsi, dukungan manajemen, dan semangat para inovator lapangan menjadi fondasi utama yang menumbuhkan budaya inovasi berkelanjutan di perusahaan.

Harapannya, dari berbagai inovasi lingkungan yang disajikan dalam buku ini dapat menjadi inspirasi bagi pelaku industri, akademisi, dan masyarakat luas untuk terus berkontribusi dalam mewujudkan keberlanjutan bumi. PT Vale percaya bahwa setiap langkah kecil menuju efisiensi dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik akan membawa dampak besar bagi masa depan. Dengan semangat *Transforming Legacy, Shaping Possibilities*, perusahaan berkomitmen untuk terus menggali potensi keberlanjutan, merawat bumi, dan menumbuhkan masa depan hijau bagi generasi mendatang.





DAFTAR PUSTAKA

- API. (2009). *Compendium of Green House Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry*.
- Ezra Pasereng. (2025). Potensi Pemanfaatan Slag Nikel sebagai Material Alternatif Ramah Lingkungan dalam Konstruksi Berkelanjutan. *Jurnal Media Konstruksi*, Vol. 10.
- Canterford J.H. (1978). Leaching of Some Australian Nickeliferous Laterites With H_2SO_4 at Atmospheric Pressure. *Proceedings of the Australian Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 265, 19 – 26.
- Curran, M.A. (2012). *Life cycle assessment handbook: A guide for environmentally sustainable products*. Scrivener Publishing LCC.
- Huijbregts, M.A.J., et al. (2016). *ReCiPe 2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. National Institute for Public Health and the Environment.
- Ichsan Invanni. (2021). Karakterisasi Fisik dan Kimia Slag Feronikel Kecamatan Pomalaa Sulawesi Tenggara. *Jurnal Unhas*, hal. 7-16.
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- International Organization for Standardization. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 – Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 14064-1:2018 – Greenhouse Gases – Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals*. ISO.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 8 Tahun 2025 tentang Manajemen Energi*. Kementerian ESDM.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I: Pedoman Umum*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2012). *Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2018). *Buku praktik terbaik pengelolaan lingkungan di industri pertambangan mineral*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun.





- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2024). *Buku Best Practice Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*. Jakarta: Kementerian LHK.
- L. Horckmans. (2018). Recycling of refractory bricks used in basic steelmaking. *Resources, Conservation, & Recycling*, Vol. 140 : 297-304.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.025>.
- L.Rohmi. (2018). Studi Eksperimen Pengaruh Temperatur Dan Viskositas Pelumas Terhadap Performa Kendaraan Transmisi Manual (Honda Sonic 150R). *J. Teknik ITS*, 7(2).
- PT Vale Indonesia Tbk. (2025). *Closed-loop effluent water recirculation for slag cooling (CLEAR-Slag Cooling)*. PT Vale Indonesia.
- R. Samsinar. (2019). Sistem Peningkat Ganti Oli Berdasarkan Running Hours Mesin, Lama Waktu Pemakaian dan Kekentalan Oli pada Mesin Wire Drawing Berbasis Raspberry Pi 1. *J. Teknol dan Pengelolaan Lingkungan*, 2(2).
- Sucofindo. (2025). Environmental & Social Innovation Award (ENSIA) 2025. Retrieved from <https://ensia.sucofindo.co.id>.
- T. Watanabe, Sadao Ono, Haruo Arai & Toyomi Matsumori. (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.
- UK Department for Energy Security and Net Zero. (2023). *Government conversion factors for company reporting*. UK Government.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- Worrell, E., Price, L., Neelis, M., Galitsky, C., Nan, Z. (2008). *World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors*. Berkeley National Laboratory.



Transforming Legacy, Shaping Possibilities:

Menggali Potensi yang Berkelanjutan Melalui
Inovasi Pengelolaan Lingkungan Tambang Nikel
PT Vale Indonesia Tbk.

Buku ini menyajikan kumpulan program inovasi lingkungan yang telah dilaksanakan oleh PT Vale Indonesia Tbk, mencakup enam aspek utama: efisiensi air, penurunan emisi, efisiensi energi, pengurangan dan pemanfaatan limbah B3, pengurangan dan pemanfaatan limbah non-B3, dan pengelolaan sampah. Setiap program menggambarkan bagaimana perusahaan mengubah tantangan operasional menjadi solusi kreatif yang mendukung prinsip *sustainable mining*, sekaligus memberi nilai tambah bagi masyarakat dan lingkungan sekitar.

Melalui buku ini, pembaca diajak memahami latar belakang, deskripsi program dan capaian nyata dari setiap program, disertai data dokumentasi visual yang informatif, buku ini dirancang tidak hanya sebagai catatan pencapaian, tetapi juga sebagai inspirasi dan referensi praktis bagi praktisi lingkungan, akademisi, regulator, serta siapa pun yang peduli pada keberlanjutan bumi.



PT Ganeca Environmental Services
No. 42 s, Jl. Lodaya, Turangga, Kec. Lengkong,
Kota Bandung, Jawa Barat 40262
Telp : 022 63174948
Email : inquiry@ganeca.co.id

