

## ANALISIS DESAIN DISPOSAL PADA PENAMBANGAN PT. VALE INDONESIA

Herichzon Tandiasa<sup>1</sup>, Syamsuddin<sup>2</sup>, Gina Audina<sup>3</sup> Hendra Sani<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Perjuangan Republik Indonesia Indonesia Email :  
gina.audina0111@gmail.com

### Abstrak

#### Kata Kunci:

Disposal, Overburden, Pit.

PT Vale Indonesia Tbk (PTVI) merupakan salah satu anak perusahaan dari Vale, sebuah perusahaan pertambangan global yang berpusat di Brasil. Sebelum bernama PT Vale Indonesia Tbk, Perusahaan yang berlokasi di Sulawesi Selatan ini bernama PT International Nickel Indonesia Tbk. (PT INCO). Masalah penelitian yaitu bagaimana cara menghitung kapasitas desain disposal yang telah direncanakan kemudian apakah penyimpanan disposal dapat menampung material overburden dari Pit terdekat dan berapa geometri dari tiap desain yang telah dibuat. Metode yang digunakan untuk menganalisis yaitu menggunakan software Vulcan versi 9.0, menggunakan rumus, Metode wawancara dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan jumlah kapasitas desain disposal sebanyak 12.213.531(wmt), Kapasitas Penyimpanan Disposal sebesar 18.791.082 (wmt) dan Geometri s\_disp\_block\_2g0\_01: Sudut Kemiringan: 400, Jumlah Bench : 2 dan Panjang Berm:40m(40.835), Geometri s\_disp\_block\_2g0\_02: Sudut Kemiringan 260, Panjang Berm 42m(42.092), Jumlah Bench 5, s\_disp\_block\_2g0\_03, Sudut kemiringan : 340, Berm : 42.524 (42 m), Jumlah Bench 5, s\_disp\_block\_2g0\_04, Panjang Berm 40.224 (40 M), Sudut Kemiringan 450, Jumlah Bench 6, s\_disp\_block\_2g0\_05: Sudut Kemiringan : 340, Panjang Berm : 40.603(41 M), Jumlah Bench 3. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka dianggap desain yang dibuat dapat menampung material overburden dari pit terdekat.

### Abstract

#### Key Word:

Disposal, Overburden, Pit.

PT Vale Indonesia Tbk (PTVI) is a subsidiary of Vale, a global mining company based in Brazil. Before being named PT Vale Indonesia Tbk, the company located in South Sulawesi was named PT International Nickel Indonesia Tbk. (PT INCO). The research problem is how to calculate the disposal design that requires later storage that can be used overburden material from the nearest Pit and the amount of geometry of each design that has been made. The method used to analyze using Vulcan software version 9.0, using formulas, interview methods and documentation. The results showed the total disposal design capacity of 12,213,531 (wmt), Disposal Storage Capacity of 18,791,082 (wmt) and Geometry s\_disp\_block\_2g0\_01: Slope Angle: 400, Number of Benches: 2 and Width of Storage: 40,791,082 (wmt) and Geometry s\_disp\_block\_2g0\_02: Slope Angle: 260, Number of Benches: 2 and Berm Width: 40m (40,835), Geometry s\_disp\_block\_2g0\_03: Angle of Slope: 340, Number of Benches: 2 and Width Width: 40m (40,835), Geometry s\_disp\_block\_g04 Slope 450, Berm Width 42m (42,092), Number of Bench 5, 40 M), Slope Angle 450, Number of Benches 6, s\_disp\_block\_2g0\_05: Slope Angle: 340, Berm Width: 40,603 (41 M), Number of Benches 3. Number of overburden results from the nearest pit.

Copyright © xxxx

This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak sumberdaya mineral yang bernilai ekonomis. Sumberdaya mineral tersebut membuat banyak investor membuka usaha pertambangan di berbagai wilayah di Indonesia. Untuk mendapatkan bahan galian tersebut maka dilakukan proses penggalian baik dengan metode tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Pada metode tambang terbuka agar mendapatkan

bahan galian yang diinginkan, perlu melakukan pembongkaran *over burden* atau lapisan tanah penutup terlebih dahulu.

Kegiatan awal dari proses penambangan adalah pembersihan lahan dan pengupasan *overburden* (OB). Tujuan utama dari kegiatan tersebut adalah pemindahan lapisan tanah penutup (OB) dengan alat-alat mekanis agar dapat dilakukan proses penambangan bijih. *Overburden* yang telah dikupas kemudian dipindahkan ke tempat penimbunan yang biasa disebut *disposal*. *Disposal* merupakan daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang digunakan sebagai tempat membuang material kadar rendah dan/atau material bukan bijih. Material tersebut harus digali dari pit agar dapat memperoleh bijih/material kadar tinggi. *Disposal* ini biasanya berbentuk lubang (*pit*) besar yang merupakan daerah bekas tambang (*mine out area*) yang sudah tidak ada lagi aktivitas penambangan. Timbunan *overburden* pada *disposal* ini nantinya akan direvegetasi atau dihijaukan kembali dengan menimbun *top soil* pada bagian atas *disposal* dan menanaminya dengan tumbuhan. Aktivitas penambangan di PT Vale Indonesia, Tbk dilakukan pada site yang akan segera ditambang yaitu proses pembersihan lahan dan pengupasan tanah penutup (*overburden*) yang kemudian akan diangkut pada tempat penimbunan yang disebut Aktivitas *Disposal*. Material-material tersebut, merupakan material yang perlu digali dari pit demi (Placeholder1) bijih atau material kadar tinggi.

Rancangan *disposal* sangat penting untuk menunjang kelancaran operasi penambangan dan dari rancangan *disposal* juga dapat mengetahui kapasitas *overburden* yang dapat ditampung. Tujuan penelitian ini adalah bagaimana menghitung kapasitas desain *disposal* yang telah direncanakan,

kapasitas penyimpanan *disposal* yang telah direncanakan dapat menampung material *overburden* dari pit terdekat, geometri dari tiap desain yang telah dibuat

## **METODE**

### **A. Pengambilan data**

Sumber Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data Primer dan Sekunder.

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung di lapangan mencakup :

- 1) Data Topo Mine Out (Lahan Bekas Tambang)
  - 2) Data material buangan dari pit terdekat yaitu dari blok 2b0\_01 dan 2h0\_03
- Data Sekunder adalah data yang pengumpulan dan pengolahannya dilakukan oleh orang lain dan di pakai sebagai sumber data tambahan seperti:

- 1) Struktur Geologi Regional
- 2) Profil Perusahaan
- 3) Peta Lokasi Penambangan

### **B. Pengolahan Data**

Pada tahap ini, di lakukan pengolahan data terhadap data yang telah di peroleh. Tahapan proses tersebut meliputi:

1. Untuk menghitung jumlah tonase dari suatu *disposal* yang telah dibuat dengan software Vulcan 9.0 dilakukan dengan menggunakan rumus  $\text{Volume} \times \text{Density OB}$  dimana dalam hal ini Density yang digunakan adalah 1,82 (Hasil Pengujian yang sudah dilakukan oleh Tim Geologi PT.Vale Indonesia).
2. Jumlah Tonase yang yang didapatkan pada plan *disposal* dikurang 30% (Untuk beberapa Pit di tambang PT.Vale Indonesia yang sudah Mine Out hanya 70% yang dapat Terisi).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam Mendesain *Disposal* di area bahadopi pada penambangan PT. Vale Indonesia, Tbk menggunakan Aplikasi Vulcan 9.0. Untuk menghitung Kapasitas penampungan disposal dalam hal ini adalah Tonase agar disposal yang dibuat dapat menampung material-material yang tidak ekonomis dan material-material Overburden. Peneliti mengacu pada data berikut

No	Material	Source (BM)	CoG	Sub-Area	Hill Name	Region	New Region	OBW (Wmt)	Waste (Wmt)	Ballast (Wmt)
1	RoM	1722201517_a8.bmf	1.6	Bahadopi Block 2	2b0_1	sp_bah160_gs_2b0_01.001	2b0_1	6.774.994	25.025	1.156.001
2	RoM	1722201517_a8.bmf	1.6	Bahadopi Block 2	2g0_2	sp_bah160_gs_2g0_02.001	2g0_2	3.140.004	-	533.937
3	RoM	1722201517_a8.bmf	1.6	Bahadopi Block 2	2g0_1	sp_bah160_gs_2g0_01.001	2g0_1	2.193.252	-	372.853
4	RoM	1714201517_gs.bmf	1.6	Bahadopi Block 2	2b0_3	sp_bah160_gs_2b0_03.001	2b0_3	3.570.982	59.925	610.614
								15.688.022	84.950	2.681.403
									TOTAL	18.454.371

### 1. Kapasitas Penyimpan Disposal

Dari material buangan yang menjadi dasar acuan yaitu **12.213.531(wmt)**. Peneliti membuat Design *disposal* dan kemudian mendapatkan volume serta jumlah Tonase yang diuraikan sebagai berikut : Total kapasitas dari disposal yang telah di desain adalah **26.844.403(wmt)** , hasil itu belum dikurangi 30%. Hal ini mengingat dari history yang sudah ada dan sudah

NO	NAME	VOLUME	DENSITY	KAPASITAS(Wmt)
1	s_disp_block_2g0_01	1.857.716	1,82	3.381.043
2	s_disp_block_2g0_02	1.619.134	1,82	2.946.824
3	s_disp_block_2g0_03	2.305.939	1,82	4.196.809
4	s_disp_block_2g0_04	6.981.637	1,82	12.706.579
5	s_disp_block_2g0_05	1.985.246	1,82	3.613.148
TOTAL				26.844.403(Wmt)

dikerjakan dari beberapa Pit yang sudah Mine Out hanya bisa menampung 70% material buangan . Maka, kita mendapat hasilnya yaitu sebagai berikut

NO	NAME	VOLUME	DENSITY	TONNAGE
1	s_disp_block_2g0_01	1.857.716	1,82	3.381.043
2	s_disp_block_2g0_02	1.619.134	1,82	2.946.824
3	s_disp_block_2g0_03	2.305.939	1,82	4.196.809
4	s_disp_block_2g0_04	6.981.637	1,82	12.706.579
5	s_disp_block_2g0_05	1.985.246	1,82	3.613.148
Total (30%)				18.791.082 (Wmt)

### 2. Total Material Buangan

a. Jumlah OBW,Waste dan Ballast 2B0 ke kompartartemen1.

Region	OBW (Wmt)	Waste (Wmt)	Ballast (Wmt)	TOTAL
2b0_1	2.594.334	23.034	444.953	7.956.010
2b0_1H0	4.180.650	1.991	711.049	

b. Jumlah OBW, Waste dan Ballast 2G0 ke kompartemen 2

Region	OBW (Wmt)	Waste (Wmt)	Ballast (Wmt)	TOTAL
2G0_02	705.441	-	119.925	3.674.741
2G0_02H0	2.435.363	-	414.012	

c. Jumlah OBW, Waste dan Ballast 2g0 ke kompartemen 1

Region	OBW (Wmt)	Waste (Wmt)	Ballast (Wmt)	TOTAL
2G0_01	1.932.579	-	328.539	2.566.105
2G0_01H0	260.673	-	44.314	

d. Jumlah OBW, Waste, dan Ballast 2h0 ke kompartemen 3

Region	OBW (Wmt)	Waste (Wmt)	Ballast (Wmt)	TOTAL
2G0_03	3.521.972	59.925	608.922	4.257.521
2G0_03H0	57.010		9.692	

Dari keseluruhan data diatas maka digunakan rumus  $OBW + WASTE + BALLAST$  dari Block 2B0, 2H0 dan 2G0 yaitu:

$$7.956.010 + 3.674.741 + 2.566.105 + 4.257.521 = 18.454.377(wmt)$$

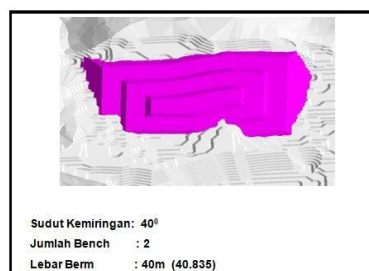
Tetapi, dalam hal ini peneliti hanya berpacu pada hasil perhitungan dari block 2b0 ke kompartemen 1 dan 2h0

ke kompartemen 3 yaitu  $7.956.010 + 4.257.521$  senilai **12.213.531(wmt)** karena, Topo Mine Out yang diberikan oleh Departemen Mining hanya dari 1 blok yaitu blok 2g0. Hasil inilah yang menjadi dasar pada pembuatan disposal berdasarkan plan simulasi yang kemudian akan dihitung Kapasitas(Tonase) penyimpanannya

### 3. Geometri dari Tiap desain yang telah dibuat

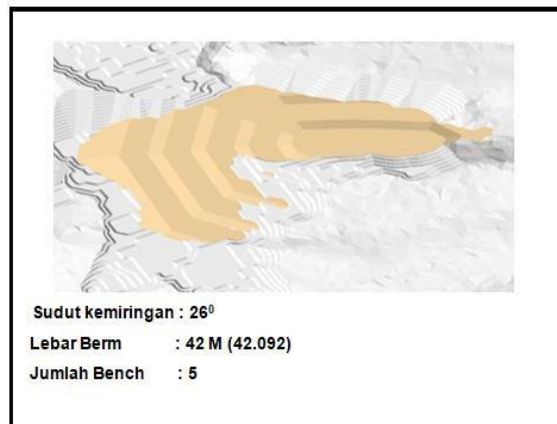
#### a. s\_disp\_block\_2g0\_01

Ketinggian disposal ini diukur dari jarak *crest ke toe* yaitu 14 M.



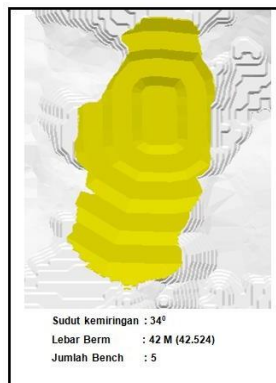
**b. s\_disp\_block\_2g0\_02**

Ketinggian disposal diukur dari jarak *crest ke toe* adalah 26M.



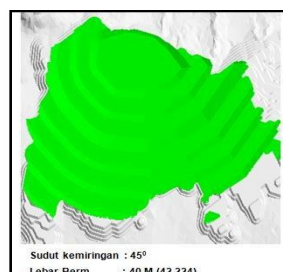
**c. s\_disp\_block\_2g0\_03**

Ketinggian disposal diukur dari jarak *crest ke toe* adalah 12M.



**d. s\_disp\_block\_2g0\_04**

Ketinggian disposal diukur dari jarak *crest ke toe* adalah 29M.



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam mendesain disposal dengan menggunakan aplikasi Vulcan 9.0 ada beberapa data yang digunakan sebagai pendukung yaitu Topo Mine Out (Lahan bekas tambang) dapat dilihat pada lampiran I, serta data Resources(sumber daya) dapat dilihat pada lampiran II dari beberapa Blok yang ada di daerah Bahodopi.

Mendesain rancangan disposal serta mengetahui berapa kapasitas penyimpanan Disposal yang berada di Bahodopi blok 2g0 dilakukan sesuai langkah yang tertera di *SOP(Standar Operasional Prosedur)* dari Geotech( Geotechnical Engineer) yang sudah mempertimbangkan safety ,environmental,jarak,kapasitas dan serta beberapa hasil rekomendasi kestabilan lereng disposal untuk berbagai macam kasus disposal sebelumnya pada penambangan PT.Vale Indonesia.

Dalam menentukan tinggi disposal kita dapat melihatnya pada aplikasi Vulcan 9.0 yaitu dengan cara. Selain itu, dalam *SOP* yang dibuat oleh Tim GeoTech PT.Vale Indonesia ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu : Lebar minumum berm 40 meter, tinggi bench 10 Meter dan kemiringan lereng 26<sup>0</sup>. Hal itu untuk mencegah berbagai macam kasus disposal yang tealh ditemui sebelumnya.

### **KESIMPULAN**

Dari studi yang telah dilakukan, berikut hasil kesimpulan yang didapat penulis

1. Jumlah Tonase pada desain disposal setelah adalah **18.791.082** dimana jumlah tersebut sudah dapat menampung Overburden pada data yang menjadi acuan yaitu **12.213.531(wmt)**.
2. Kapasitas penyimpanan sebanyak 5 Disposal yang telah dibuat adalah **18.791.082 (wmt)**.
3. Geometri dari tiap desain yang telah dibuat:
  - a. s\_disp\_block\_2g0\_01: Sudut Kemiringan: 40<sup>0</sup>, Jumlah Bench : 2, Lebar Berm : 40m (40.835)
  - b. s\_disp\_block\_2g0\_02: Sudut Kemiringan 26<sup>0</sup>, Lebar Berm 42 M(42.092)  
Jumlah Bench 5
  - c. s\_disp\_block\_2g0\_03: Sudut kemiringan : 34<sup>0</sup>, Lebar Berm : 42.524 (42M)

Jumlah Bench 5

d. s\_disp\_block\_2g0\_04 :Lebar Berm 40.224 (40 M), Sudut Kemiringan 45<sup>0</sup>, Jumlah Bench 6

e. s\_disp\_block\_2g0\_05: Sudut Kemiringan : 34<sup>0</sup>, Lebar Berm : 40.603(41 m)

Jumlah Bench 3.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap Pimpinan dan Karyawan PT. Vale Indonesia Tbk, Sorowako atas kesempatan dan bimbingan yang telah diberikan untuk melaksanakan penelitian.

#### **DAFTAR REFERENSI**

- Alhabsyi, G. A. P., bunga Runggu, R., & Idhan, M. A. (2024). Aplikasi Statistik Quadratic Pada Endapan Pasir Untuk Identifikasi Sebaran Logam Berat Di Pantai Palanro Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia Makassar, Indonesi. *DINTEK*, 17(01), 53-58.
- Runggu, R. B. (2023). Study Produksi Pembongkaran Batugamping Dengan Cara Peledakan Pada PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik AMATA*, 4(2), 54-58.
- Runggu, R. B., & Alhabsyi, G. A. P. (2022). Analisis Cycle Time Dan Efisiensi Kerja Preparasi Kering Bijih Nikel Pada Pulp Preparation Di PT. Vale Indonesia, Tbk. *Jurnal Teknik AMATA*, 3(2), 75-80.
- Syamsuddin, S. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Kadar Air Tanah pada Stabilitas Lereng Tambang Terbuka dengan Menggunakan Metode Finite Element. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(4), 1856-1859.
- Sani, H., Tui, R. N. S., & Alhabsyi, G. A. P. (2022). Analisis Ekonomi Lingkungan Menggunakan Willingness To Accept Dana Kompensasi Penambangan Kabupaten Enrekang. *Jurnal Teknik AMATA*, 3(2), 81-86.
- Rafiuddin, R., & Said, I. (2024). Prediksi Laju Erosi dan Sedimentasi di Kawasan Reklamasi Pertambangan Batubara:: Studi Kasus Kecamatan Loa Kulu Kalimantan Timur. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(4), 1914-1919.
- Said, I. (2023). Pemodelan Aermod Sebaran NO2 Pengangkutan Batubara Di Batu Sopang Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik AMATA*, 4(2), 30-38.
- Kasim, H. ., Yusuf, M. ., Rachmat, R., Haslinda, H., & Basmar, M. F. . (2024). Analisis Proksimat Dan Ultimat Dalam Menentukan Kualitas Batubara: Sebuah Pendekatan Klasifikasi. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(2), 3888–3891. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i2.26779>
- Kasim, H. ., Yusuf, M. ., Rachmat, R., Haslinda, H., & Basmar, M. F. . (2024). PENILAIAN KUALITAS AIR TERKAIT POTENSI AIR ASAM TAMBANG DARI PERTAMBANGAN BATUBARA. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(2), 3885–3887. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i2.26777>
- Kasim, H., Yusuf, M., Haslinda, H., Rachmat, R., & Basmar, M. F. (2023). Coal Spray Rate Prediction Based On Factor Analysis And Neural Network (Nn) Algorithm. *Journal of Social Research*, 2(5), 1489-1497.

Yusuf, M., Kasim, H., Haslinda, H., Rachmat, R., & Basmar, M. F. (2023). Linear Operation to Quality Improvement Coal Image Using Contrast Stretching and Sobel. *Journal of Social Research*, 2(5), 1498-1503.

- Kasim, H., Haslinda, H., Yusuf, M., Rachmat, R., & Basmar, M. F. (2022). Impact Analysis Of Coal Mining On Water Pollution In Bunati Village, Angsana Sub-District, Tanah Bumbu Regency, South Kalimantan. *Infokum*, 10(5), 580-584.
- Darwis, M., Ramli, R., & Kasim, H. (2022). Dampak Penambahan Zat Aditif C20 Terhadap Kinerja Mesin Yamaha SE88. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 2(1), 91-97.
- Alhabsyi, G. A. P. (2024). Karakteristik Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir Di Pesisir Pantai Palanro Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia Makassar, Indonesia. *Dintek*, 17(01), 9-19.
- Alhabsyi, G. A. P., & Zulkifli, K. K. M. (2023). Distribusi Logam Berat Di Wilayah Pesisir Pantai Palanro Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik AMATA*, 4(2), 48-53.
- Tidore, M. F., Alhabsyi, G. A. P., & Zulkifli, K. K. M. (2023). Tanggap Darurat Masyarakat Di Kelurahan Tubo Dan Kelurahan Akehuda Terhadap Bencana Erupsi Gunung Gamalama. *Jurnal Teknik AMATA*, 4(2), 1-8.
- Alhabsyia, G. A. P., Bundangb, S., & Madic, A. Evaluasi Laju Produksi Minyak Pada Sumur X Study Pada Pt. Citic Seram Energy Limited, Kabupaten Seram Bagian Timur, Provinsi Maluku.
- Alhabsyi, G. A. P. (2023). Analisis Kebutuhan Alat Muat Dan Alat Angkut Terhadap Target Produksi Batuan Andesit Di Pt. Putra Elan Balindo Kelurahan Watusampu Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah: Universitas Pejuang Republik Indonesia Makassar. *DINTEK*, 16(2), 84-88.
- Idhan, M. A., Alhabsyi, G. A., & Ikbal, M. (2021). Structural Geology Fault Effect On Highwall Coal Mining And Failure Evaluation Based On Velocity Data At Bengalon, East-Kutai Distric, East Kalimantan Province. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 3(1), 9-16.
- Alhabsyi, G. A. P., Ranggu, R. B., Sani, H., & Supardi, N. (2023). Analisis Perencanaan Jangka Pendek (Short Term) Pengupasan Tanah Penutup CV. Sentosa Abadi Desa Bahomakmur, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 4(1), 9-15.
- Analisis Alat Mekanis Pada Tambang Terbuka Dengan Pendekatan Antrian Untuk Memenuhi Target Produksi Pada Pt. Semen Tonasa. (2024). *Jurnal Teknik AMATA*, 5(2), 46-54. <https://doi.org/10.55334/jtam.v5i2.330>
- Syamsuddin, S. (2024). Analisis Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi CO2 pada Truk Angkut di Operasi Tambang Terbuka. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*, 5(2), 76-82.
- Wahyuddin, M. C. (2024). Analisis Kestabilan Lereng Lahan Bekas Tambang Bijih Nikel Di Wilayah Tambang X, Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik AMATA*, 5(2), 40-45.
- Riza, R. B., Yakobus, I. K., Ardiansyah, A., Ruagadi, H. A., & Nursinah, N. (2025). Interdependence of Urban Environmental Degradation on Community Mental Health Disorders. *International Journal of Health Sciences*, 3(1), 132–147. <https://doi.org/10.59585/ijhs.v3i1.606>
- Sani, H., & Syamsuddin, S. (2025). Konflik Penambangan Nikel di Raja Ampat: Analisis Etika Lingkungan dan Rekayasa Pertambangan untuk Konservasi Berkelanjutan. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 3453-3461.
- Sani, H., Tappang, T., Bunga, R., & Alhabsyi, G. A. P. (2025). Rancangan Desain Pit Short Term Di

Pit Panel II PT. Karunia Armada Indonesia Jobsite PT. Indonesia Pratama, Kecamatan Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Teknik AMATA, 6(1), 1-5.

Syamsuddin, S., & Sani, H. (2025). Eksplorasi Absorpsi Ekstrak Akar Mengkudu untuk Sel Surya Ramah Lingkungan. RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 4(2), 3447-3452.