JURNAL RISET TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
Advancing Research in Sustainable Mining Environment Economic and Geotecnical Engineering

Volume 5 Nomor 2/ 2025 / ISSN : 2621-3869
Publish : 22 Desember 2025

PERANCANGAN PIT LIMIT PENAMBANGAN BIJIH NIKEL PADA PIT WANGGUDU BLOK TAPUNOPAKA PT ANTAM TBK UBPN KONAWE UTARA

Muhammad Noor [a*] Afandy, Erwin Anshari [a], Wira Yudha [a], Irfan Ido [a]
[a)]Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231
muhammadnoorafandy@gmail.com

Intisari

Perseroan terbatas (PT) ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan nikel di Kabupaten Konawe Utara. PT ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara berencana untuk membuka pit baru di blok Tapunopaka, sehingga perlu dilakukannya perancangan pit limit guna memastikan kestabilan lereng penambangan dan menjamin keamanan operasional serta keberlanjutan produksi, yang harus didukung oleh analisis geoteknik yang komprehensif. Aspek geoteknik merupakan faktor kritis dalam menentukan batas akhir penambangan (ultimate pit limit). Perancangan ini memerlukan investigasi dan pengujian mendalam terhadap sifat fisik dan mekanik massa batuan di lokasi penambangan. Rancangan pit limit penambangan pada Pit Wanggudu PT ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara, dirancang berdasarkan pertimbangan blok model cadangan serta hasil analisis geoteknik. Didapatkan rancangan geometri lereng meliputi tinggi lereng sebesar 6 meter, lebar jenjang 2 meter, dan sudut kemiringan lereng sebesar 65°, serta ramp (jalan angkut) dua lajur dengan lebar total 9 meter. Geometri ini ditetapkan untuk mencapai kondisi kestabilan lereng yang memadai. Berdasarkan hasil rancangan pit limit penambangan bijih nikel pada Pit Wanggudu, dan dengan mengacu pada standar cut-off grade yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 1.5%, diperoleh total cadangan bijih (ore) sebesar 470.796 ton. Dengan mempertimbangkan asumsi mining recovery sebesar 90%, maka total tonase ore yang dapat diambil secara ekonomis diperkirakan mencapai 423.716,4 ton. Tonase ini memiliki kadar rata-rata nikel (Ni) sebesar 1,94% yang setelah memperhitungkan delusi sebesar 4%, kadar nikel rata-ratanya menjadi 1,86%, menghasilkan Stripping Ratio (SR) sebesar 2,3.

Kata Kunci: Nikel Laterit, Perancangan Pit Limit, Faktor Keamanan

Abstract

PT ANTAM Tbk UBPN North Konawe is a nickel mining company operating in North Konawe Regency, Indonesia. The company plans to develop a new open pit within the Tapunopaka block, requiring an optimized ultimate pit limit design to ensure slope stability, operational safety, and sustainable production. Geotechnical considerations play a critical role in determining the ultimate pit limit, as slope stability is strongly influenced by the physical and mechanical properties of the rock mass. The pit limit design process involved comprehensive geotechnical investigations, including laboratory testing and analysis of rock mass characteristics at the mining site. The ultimate pit limit for Pit Wanggudu was determined based on reserve block model evaluation and geotechnical analysis results. The selected slope geometry consists of a bench height of 6 m, a berm width of 2 m, and a batter angle of 65°, complemented by a two-lane haul road (ramp) with a total width of 9 m. This configuration was designed to maintain acceptable slope stability conditions in accordance with safety standards. Based on the pit limit design and the application of a company-defined cut-off grade (COG) of 1.5% Ni, the total ore reserve is estimated at 470,796 tons. Assuming a mining recovery of 90%, the economically recoverable ore tonnage is approximately 423,716.4 tons. The average nickel (Ni) grade of the ore is 1.94%, which, after applying a dilution factor of 4%, results in a final average Ni grade of 1.86% and a stripping ratio (SR) of 2.3.

Keywords: *Nickel Laterite, Pit Limit Design, Factor of Safety*

1. PENDAHULUAN

Sulawesi Tenggara adalah salah satu daerah yang kaya akan bahan galian, khususnya nikel. Nikel laterit adalah bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan kebutuhannya semakin meningkat [1]. Wilayah Sulawesi Tenggara memiliki karakteristik geologi yang sangat mendukung terbentuknya deposit nikel laterit, seperti keberadaan batuan ultrabasa serta kondisi iklim yang mendukung proses pelapukan.

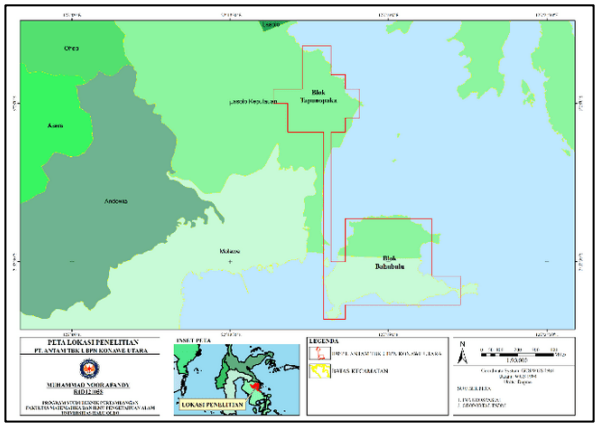
Nikel laterit adalah tanah sisa yang terbentuk di atas batuan ultrabasa melalui proses pelapukan kimia dan pengayaan supergen. Ketebalannya bervariasi mulai dari beberapa meter hingga 150 meter, tergantung pada periode pembentukan laterit [2]. Banyaknya potensi cadangan nikel laterit di Sulawesi Tenggara menarik minat investor dan perusahaan tambang, yang melihat peluang besar untuk memenuhi permintaan global akan nikel. Terutama untuk industri baterai kendaraan listrik dan teknologi hijau. Berdasarkan faktor-faktor tersebut maka ada begitu banyak perusahaan penambangan nikel laterit di Sulawesi Tenggara. Salah satu perusahaan yang melakukan penambangan nikel laterit di Sulawesi Tenggara adalah PT. ANTAM TBK UBPN Konawe Utara. PT. ANTAM TBK UBPN Konawe Utara berencana membuka lokasi penambangan baru pada Blok Tapunopaka dan telah melakukan kegiatan eksplorasi, oleh karena itu dibutuhkan perancangan *pit limit* untuk dijadikan pedoman agar mengetahui batas penambangan untuk *pit* yang akan ditambang.

Sangat penting untuk memastikan tingkat stabilitas tertentu pada lereng di tambang terbuka untuk meminimalkan risiko yang berkaitan dengan keselamatan personel dan peralatan operasi, serta risiko ekonomi terhadap cadangan [3]. Perancangan *pit limit* dalam penambangan nikel laterit sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi dan keberlanjutan operasional tambang. Dengan adanya perancangan *pit limit* yang baik, perusahaan dapat memaksimalkan ekstraksi sumberdaya dan juga dapat membantu dalam pengelolaan risiko geoteknik. Dibandingkan penelitian serupa sebelumnya, seperti [4] dan [5], penelitian ini menggunakan metode analisis geoteknik yang berbeda. Dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan metode *Fellenius* sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode *Bishop simplified.* Perangkat lunak pemodelan yang digunakan juga berbeda, dimana pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *surpac.*

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini memfokuskan kegiatannya pada *Pit* Wanggudu Blok Tapunopaka PT. ANTAM TBK UBPN Konawe Utara yang secara administratif berada di Kecamatan Lasolo Kepulauan. Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian dapat diakses dengan menggunakan transportasi jalur darat dengan waktu tempuh sekitar 2-3 jam dari Kota Kendari. Data penelitian berupa data primer maupun sekunder didapatkan selama kurun waktu 1 bulan di PT. ANTAM TBK UBPN Konawe Utara, diikuti dengan proses pengolahan dan analisis data serta pembuatan laporan penelitian di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo selama 1 bulan. Peta lokasi penelitian terlampir pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian menggunakan jenis data kuantitatif karena fokus penelitian adalah pada pengukuran terhadap objek. Penelitian ini lebih berorientasi kepada penelitian terapan yang bertujuan untuk memberikan solusi praktis atas permasalahan tertentu. Pendekatan metode penelitian ini menggabungkan antara teori dengan data lapangan sehingga membantu dalam mencari pendekatan untuk menyelesaikan masalah.

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen yang akan membantu peneliti dalam pengumpulan data dan analisis data. Instrumen yang akan digunakan penulis saat penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Instrumen Penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	*Shelby Tube* dan Palu Geologi	Untuk pengambilan sampel tanah

No	Nama Alat	Kegunaan
2	Perangkat lunak Surpac	Untuk membuat pemodelan geologi dan desain *pit limit* penambangan
3	Perangkat lunak Arcgis	Untuk membuat peta penelitian
4	Perangkat lunak *Rockscience Slide*	Untuk menganalisa kestabilan lereng dalam penentuan geometri lereng
6	Perangkat lunak *Microsoft Excel* 2021	Untuk membantu pengolahan data
7	Kamera *Handphone*	Untuk pengambilan gambar kegiatan di lapangan

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pengambilan dan pengumpulan data

Selama pelaksanaan penelitian, peneliti mengumpulkan semua data yang dibutuhkan. Data yang dikumpulkan mencakup data yang mendukung penyelesaian permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, yaitu berkaitan dengan desain pit limit penambangan endapan nikel laterit. Data tersebut terdiri atas data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti melalui observasi, wawancara, survei, atau percobaan yang dilakukan secara khusus untuk tujuan penelitian tertentu. Data primer yang diambil adalah data geologi yang meliputi:

1. Sampel Tanah
   A. Nilai Kekuatan Geser Tanah:
      a. Kohesi (c)
      b. Sudut Geser Dalam (ϕ)
   B. Nilai Sifat Fisik Tanah (Bobot Isi (γ))

Data sekunder adalah adalah data yang telah dikumpulkan dan dipublikasikan sebelumnya oleh pihak lain untuk tujuan selain penelitian yang sedang dilakukan. Data ini bisa berasal dari literatur, laporan, jurnal, basis data, dan sumber informasi lainnya. Peneliti menggunakan data sekunder untuk mendukung analisis dan temuan dalam penelitiannya. Data yang dimaksud meliputi

A. Data Topografi
B. Data Blok Model
C. Data Seismik
D. Densitas Material
E. Nilai *Cut Off Grade*
F. *Economic Stripping Rasio*
G. Spesifikasi Alat

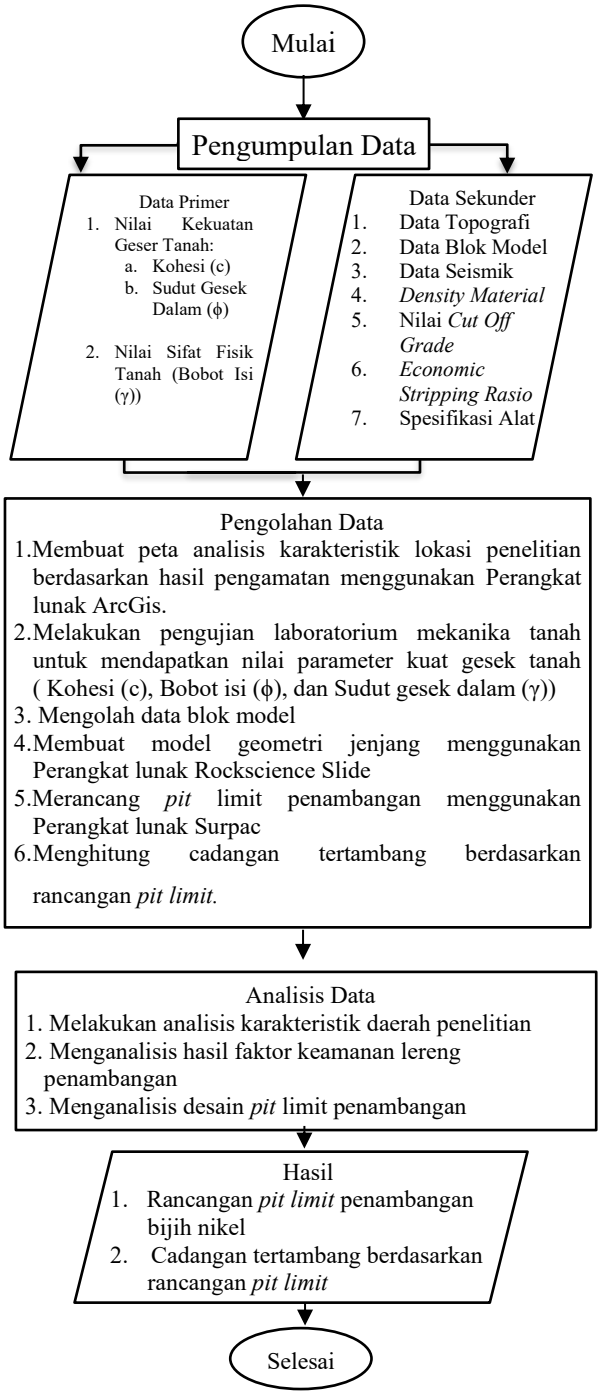
2.4.2 Pengolahan dan analisis data

Peneliti menggunakan data-data yang telah dikumpulkan di lapangan, baik itu data primer maupun data sekunder, untuk pengolahan dan analisis guna mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Adapun Perangkat lunak yang digunakan dalam proses pengolahan dan analisis data ada adalah Perangkat lunak Surpac , Perangkat lunak Arcgis, Perangkat lunak Rockscience Slide,, dan Perangkat lunak Microsoft Excel.

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut.

1. Membuat beberapa jenis peta, seperti peta topografi, peta kemiringan lereng, peta geologi dengan bantuan Perangkat lunak ArcGis. Peta-peta ini yang nantinya akan digunakan sebagai bahan pendukung Analisa karakteristik lokasi penelitian.
2. Melakukan pengujian sampel tanah pada laboratorium uji tanah untuk mendapatkan data parameter kuat geser tanah berupa kohesi, bobot isi dan sudut gesek dalam. Kemudian data tersebut digunakan untuk menganalisa kestabilan lereng dalam penentuan geometri lereng yang akan digunakan dalam perancangan *pit*. Pengolahan dilakukan menggunakan Metode Kesetimbangan Batas (Bishop simplified) dengan bantuan Perangkat lunak Rockscience Slide.
3. Memasukkan data blok model ke dalam Perangkat lunak Surpac dan mengelompokkan data blok model dengan membedakan warna yang telah ditentukan oleh perusahaan berdasarkan kadar atau *cut off grade*, adapun tujuan mengelompokkan data yaitu agar memudahkan analisis perbedaan kadar *ore* dan *waste* pada setiap blok model. Serta menjadikan blok model sebagai bagian dari parameter desain *pit* limit.
4. Melakukan pengolahan data kohesi, bobot isi, dan sudut geser dalam yang diperoleh dari hasil lab setelah dilakukannya pengujian pada laboratorium mekanika tanah. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menguji faktor keamanan pada lereng penambangan. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan bantuan Perangkat lunak Rockscience Slide.
5. Membuat rancangan *pit limit* atau batas akhir penambangan menggunakan bantuan Perangkat lunak Surpac yang berdasarkan blok model sumberdaya dengan memasukan parameter *cut off grade* (COG), Geometri Jenjang, Lebar Jalan Angkut, dan *economic stripping ratio*.
6. Menghitung cadangan tertambang berdasarkan rancangan *pit limit.*

2.5 Bagan Alir Penelitian



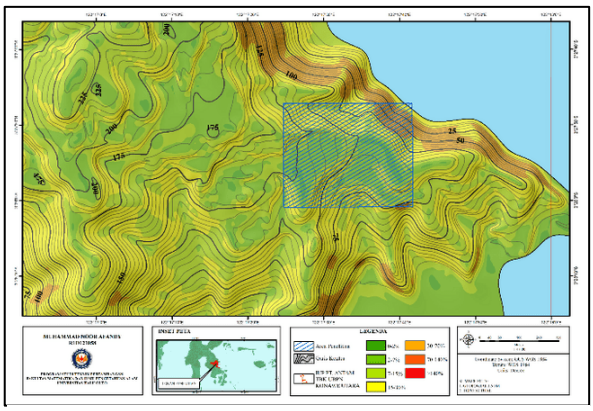
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Daerah Penelitian

Bentuk bentang alam dan susunan permukaan pada setiap daerah termasuk area tambang, umumnya berbeda-beda. Perbedaan ini yang menentukan karakteristik dari endapan bijih nikel laterit. Oleh karena itu, memengaruhi penentuan metode penambangan yang paling tepat untuk diterapkan di lokasi tersebut. Karakteristik tanah pada daerah penelitian termasuk dalam kategori tanah lunak.

Topografi area penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 2**, menunjukkan elevasi area penelitian berada pada kisaran ketinggian rendah hingga sedang. Elevasi dalam area penelitian berada antara sekitar 25 meter hingga 150 meter di atas permukaan laut. Kondisi topografi ini yang nantinya akan mempengaruhi nisbah pengupasan karena topografi akan mempengaruhi geometri dan kedalaman sebaran nikel laterit.

Kemiringan lereng area penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 2**, menunjukkan kemiringan lereng pada area penilitian didominasi oleh kemiringan 2-7% (agak miring). Beberapa area terdapat pada kemiringan lereng 0-2% (datar) dan 7-15% (miring).



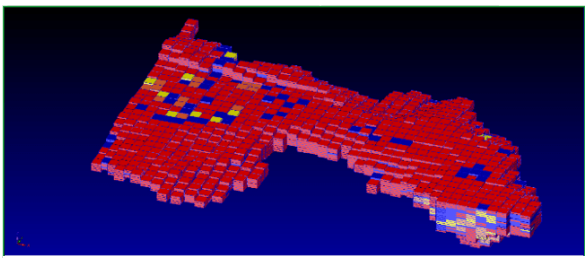
Gambar 2 Peta Area Penelitian

3.2 Blok Model Endapan

Blok Model adalah representasi tiga dimensi dari suatu endapan mineral di bawah permukaan tanah. Area yang dimodelkan ini dibagi menjadi ribuan atau jutaan kubus kecil (blok), dan setiap blok diberi nilai properti tertentu, seperti kadar, densitas, klasifikasi sumber daya atau cadangan. Tujuan utamanya adalah untuk mengestimasi volume dan kualitas bahan galian secara akurat di seluruh area tambang, yang merupakan dasar untuk perhitungan sumber daya dan perencanaan penambangan. Untuk nilai densitas yang digunakan pada PT Antam Tbk UBPN Konawe Utara berbeda-beda tiap litologi, yang mana untuk lapisan limonit sebesar 1.538 m, saprolit 1.526 m, dan bedrock 2.0 m.

3.2.1 Blok Model Sumberdaya

Blok model ini memuat estimasi keseluruhan material yang berpotensi memiliki nilai ekonomi, baik yang sudah pasti, maupun terindikasi. Blok-blok di dalamnya merepresentasikan sumberdaya mineral.



Gambar 3 Blok Model Sumberdaya

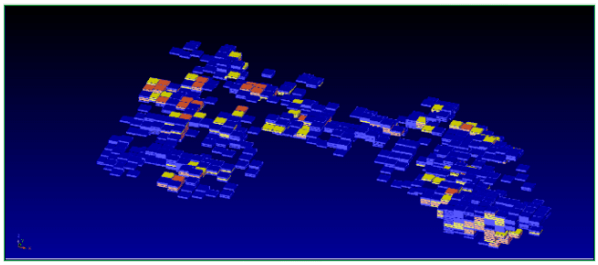
Pada **Gambar 3** memperlihatkan pola distribusi bijih nikel berdasarkan variasi kadar yang ditunjukkan melalui perbedaan warna yang disajikan. Berdasarkan hasil estimasi blok model sumber daya menghasilkan total volume sumber daya tertunjuk sebesar 1.879.688 m3 dengan tonase sebesar 2.881.421 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1,2 %.

Tabel 2 Estimasi Blok Model Sumberdaya

Litologi	Range Ni (%)	Volume (m^3)	Tonase	Ni (%)
Limonit	0,5 -1,0	32.500	49.985	0.915
	1,0 - 1,5	218.750	336.438	1.225
	1,5 - 2,0	55.313	85.071	1.627
	2,0 -2,5	625	961	2.260
Subtotal		**307.188**	**472.454**	**1.267**
Saprolit	0,0 - 0,5	24.375	37.196	0.432
	0,5 -1,0	395.000	602.770	0.816
	1,0 - 1,5	749.688	1.144.023	1.245
	1,5 - 2,0	290.938	443.971	1.678
	2,0 -2,5	73.438	112.066	2.193
	>2,5	19.375	29.566	2.759
Subtotal		**1.552.813**	**2.369.592**	**1.268**
Bedrock	0.0 -> 0.5	15.938	31.875	0.253
	0.5 -> 1.0	3.438	6.875	0.654
	1.0 -> 1.5	313	625	1.026
Subtotal		**19.688**	**39.375**	**0.335**
Grand Total		**1.879.688**	**2.881.421**	**1.255**

3.2.2 Blok Model Cadangan

Blok model ini adalah bagian dari blok model sumberdaya. Blok-blok di dalamnya hanya mencakup material yang telah terbukti layak dan menguntungkan secara ekonomi untuk ditambang, yang merepresentasikan Cadangan Mineral. Perusahaan PT. ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara menetapkan kadar ambang batas ekonomi atau *Cut-of Grade* (COG) untuk penambangan sebesar 1,5% Ni.



Gambar 4 Blok Model Cadangan

Pada **Gambar 4** memperlihatkan pemodelan cadangan terkira melalui pemrosesan data menggunakan perangkat lunak surpac dengan batas *cut-off grade* 1,5 % Ni sebagaimana yang telah ditetapkan oleh perusahaan, dari hasil tersebut sehingga didapatkan total volume cadangan terkira mencapai sebesar 439.688 m^3 dengan tonase sebesar 671.634 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,8 %.

Tabel 3 Estimasi Blok Model Cadangan

Litologi	Range Ni (%)	Volume (m3)	Tonase	Ni (%)
Limonit	1.5 - 2.0	55.313	85.071	1.627
	2.0 - 2.5	625	961	2.260
Subtotal		**55.938**	**86.032**	**1.634**
Saprolit	1.5 - 2.0	290.938	443.971	1.678
	2.0 - 2.5	73.438	112.066	2.193
	>2.5	19.375	29.566	2.759
Subtotal		**383.750**	**585.603**	**1.831**
Grand Total		**439.688**	**671.634**	**1.806**

3.3 Analisis Geoteknik untuk Kestabilan Lereng

Analisis geoteknik terhadap kestabilan lereng bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana lereng dapat mempertahankan kestabilannya terhadap gaya-gaya yang bekerja, sehingga sangat berperan penting dalam melakukan rancangan desain pit penambangan yang optimal dan aman untuk digunakan. Pengambilan data geoteknik dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari lapisan limonit dan saprolit yang berada di area pit wanggudu.

Tabel 4 Data Pengujian Sampel Tanah

No	Zona	Bobot isi basah (kN/m^3)	Bobot isi kering (kN/m^3)	Kohesi (kPa)	Sudut geser dalam (◦)
1	Limonit 1	15.99	8.24	25.69	34.992
2	Limonit 2	16.28	8.14	22.75	34.992

3	Limonit 3	16.09	8.24	25.59	34.265
4	Saprolit 1	17.36	9.03	27.75	37.999
5	Saprolit 2	17.27	8.93	26.77	37.551
6	Saprolit 3	17.17	12.85	29.12	37.326

Tabel 5 Parameter Masukan Untuk Analisis FK

No	Zona	Parameter Statistik	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Bobot Isi
1	Limonit	Distribution	Lognormal	Lognormal	Normal
		Mean	24,6968	34,7505	16,12
		Std. Dev.	1,7079	0,4212	0,1473
		Rel. Min	1,9468	0,4855	0,13
		Rel. Max	0,9932	0,2415	0,16
2	Saprolit	Distribution	Normal	Normal	Lognormal
		Mean	27,88	37,6253	17,2668
		Std. Dev.	1,1804	0,3426	0,0951
		Rel. Min	1,11	0,2993	0,0968
		Rel. Max	1,24	0,3737	0,0932

3.4 Simulasi Uji Faktor Keamanan Lereng

Dalam kegiatan pertambangan semakin curam kemiringan lereng maka semakin besar volume bahan galian yang dapat diperoleh. Namun jika kemiringan lereng yang makin curam juga akan meningkatkan risiko terjadinya kelongsoran. Oleh karena itu untuk menentukan kemiringan lereng yang paling optimal diperlukan rekomendasi geoteknik, berupa rancangan geometri lereng tunggal (*single slope*), *inter-ramp*, dan lereng keseluruhan (*overall slope*) sehingga akan mengurangi kemungkinan terjadinya longsor dan menciptakan kondisi kerja yang lebih aman.

Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*). Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu yang akan datang [6].

Simulasi uji faktor keamanan pada penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa variasi sudut lereng yang berbeda, yaitu 55°, 60°, 65°, dan 70°. Sedangkan untuk tinggi lereng digunakan sebesar 6 meter dengan pertimbangan nilai maksimum *digging height*/*deepth* pada alat gali yang digunakan. Adapun untuk lebar lereng yang digunakan adalah sepertiga dari tinggi lereng, yaitu 2 meter.

Lebar *ramp* dihitung berdasarkan lebar alat angkut yang akan melakukan operasi penambangan. Sehingga, penentuan geometri jalan angkut yang efisien untuk operasi produksi alat berdasarkan persamaan AASHTO yakni selebar 9 meter dengan kemiringan jalan angkut maksimal sebesar 12%. Jumlah jalur yang digunakan yaitu 2 jalur.

Analisis faktor keamanan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi statis dan kondisi dinamis. Kondisi statis merujuk pada keadaan di mana lereng berada dalam keadaan stabil tanpa pengaruh getaran, termasuk getaran yang dihasilkan oleh aktivitas alat berat, aktivitas peledakan, maupun adanya getaran gempa bumi (beban seismik). Kondisi dinamis sendiri apabila lereng dipengaruhi oleh getaran, baik itu getaran yang disebabkan oleh alat berat, aktivitas peledakan, maupun adanya getaran gempa bumi (beban seismik). Penentuan pengaruh seismik pada penelitian ini mengacu pada aplikasi Desain Spektra Indonesia yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dengan PGA (*Peak Ground Acceleration*). Sehingga di dapatkan nilai koefisien seismik maksimum kegempaan pada lokasi penelitian yaitu 0,1835 berkorelasi dengan nilai PGA di area tersebut.

Distribusi beban (*distributed load*) diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum suatu lereng, misalnya akibat adanya beban dari alat berat seperti *excavator* dan *dumptruck* yang beroperasi di atas lereng. Alat angkut terbesar adalah *dumptruck* dengan merek Hino dengan tipe 500 FM 260 JD yang memiliki beban distribusi (*distributed load*) sebesar 11,187 kN/m2. Alat gali-muat terbesar adalah *excavator* dengan merk Komatsu PC 300 yang memiliki beban distribusi (*distributed load*) sebesar 62,9 kN/m2.

Analisis dan simulasi faktor keamanan dilakukan dengan metode irisan (method of slice) dengan pendekatan bishop simplified yang diterapkan pada masing-masing zona yaitu zona limonit dan zona saprolit. Metode Bishop mengasumsikan permukaan luncur melingkar dan gaya samping bersifat horizontal; analisis memenuhi gaya vertikal dan kesetimbangan momen keseluruhan [7].

Tabel 6 Faktor Keamanan *Single Slope*

Sudut (°)	FK Statis		FK Dinamis	
	Zona Limonit	Zona Saprolit	Zona Limonit	Zona Saprolit
55	2.5	2.7	1.5	1.6
60	2.4	2.6	1.4	1.5
65	2.2	2.4	1.3	1.4
70	2.1	2.2	1.2	1.3

Tabel 7 Faktor Keamanan *Inter-Ramp*

Sudut (°)	FK Statis		FK Dinamis	
	Zona Limonit	Zona Saprolit	Zona Limonit	Zona Saprolit
55	1.6	1.8	1.2	1.3
60	1.5	1.7	1.1	1.2
65	1.4	1.6	1.1	1.2
70	1.3	1.5	1.0	1.1

Tabel 8 Faktor Keamanan *Overall Slope*

Sudut (°)	FK Statis	FK Dinamis
55	2.0	1.4
60	1.9	1.3
65	1.8	1.3
70	1.7	1.2

3.5 Rancangan Desain *Pit Limit*

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis geoteknik pada geometri *Single slope*, *Inter-ramp*, dan *Overall slope*, dapat disimpulkan bahwa sudut lereng 65° merupakan pilihan optimal yang paling direkomendasikan untuk operasi penambangan. Semua variasi geometri, baik pada kondisi Statik maupun Dinamik, menunjukkan stabilitas yang aman pada sudut 65°. Secara spesifik, meskipun hasil *Single slope* dan *Overall slope* aman hingga sudut 70°, analisis *Inter-ramp* menunjukkan bahwa sudut 70° pada Zona Limonit kondisi Dinamis menghasilkan Faktor Keamanan hanya 1.0, yang mengindikasikan kondisi tidak stabil saat terjadi beban seismik dan beban alat. Sebaliknya, pada sudut 65°, nilai FK Dinamik *Inter-ramp* berada pada batas kritis minimum 1.1, menjadikannya batas maksimum yang masih memenuhi kriteria keamanan untuk skenario beban terberat. Oleh karena itu, penetapan sudut lereng 65° memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi penggalian material dan pemenuhan kriteria keamanan absolut terhadap keruntuhan lereng di bawah semua kondisi beban yang mungkin terjadi.

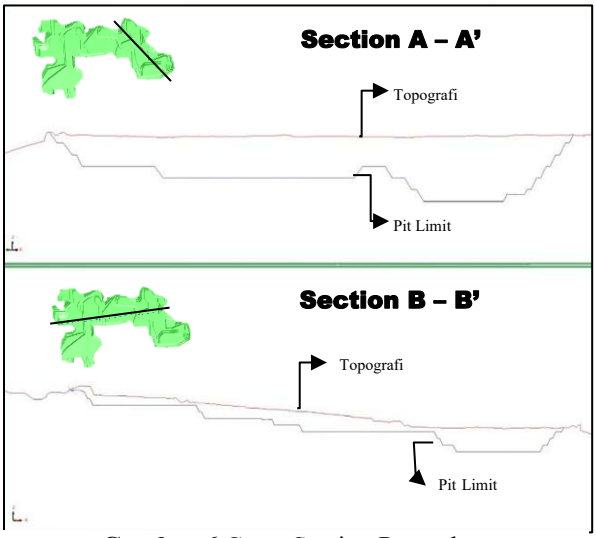
Tabel 9 Rincian Komponen Geometri Jenjang

No	Variabel	Value
1	Tinggi Jenjang	6 meter
2	Lebar Jenjang	2 meter
3	Kemiringan Lereng Tunggal	65°
4	Lebar Ramp	9 meter

Rancangan pit limit dilakukan menggunakan perangkat lunak surpac dengan memasukkan komponen geometri jenjang yang telah di analisis. Model rancangan desain pit limit, geometri jenjang dan cross section dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.

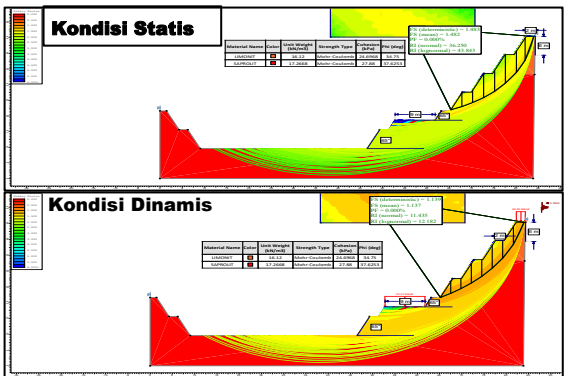


Gambar 5 Rancangan Pit Limit



Gambar 6 Cross Section Penambangan

Desain pit limit penambangan pada area pit wanggudu memiliki luas area pit sekitar ±9,2 hektar, dengan elevasi tertinggi pit mencapai 150 meter di atas permukaan laut dan elevasi terendah berada pada ketinggian 63 meter di atas permukaan laut. Setelah desain pit limit selesai dibuat, perlu dilakukannya analisis kestabilan lereng pit untuk mengetahui seberapa aman lereng tersebut, yaitu dengan menghitung nilai faktor keamanan (FK) dan kemungkinan terjadinya longsor (POF). Analisis dilakukan pada lereng yang diidentifikasi memiliki potensi kondisi lereng kritis yang dapat dilihat pada **Gambar 8.**

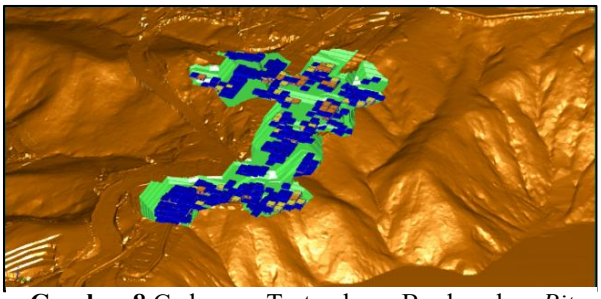


Gambar 7 Uji Faktor Keamanan Lereng Pit

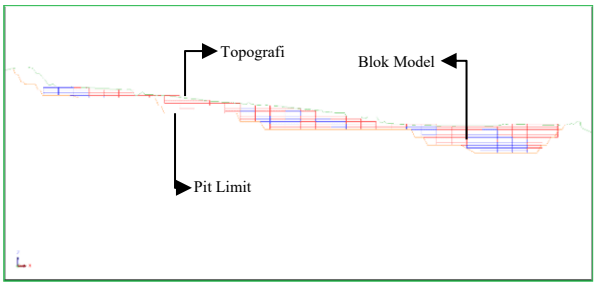
Hasil dari analisis diketahui faktor keamanan (FK) pit dengan tinggi lereng 6 meter, lebar jenjang 2 meter, dan ramp 9 meter dan sudut kemiringan lereng tunggal 65° pada bagian dalam kondisi statis sebesar 1,48 dengan probability of failure (POF) sebesar 0,00 % dan kondisi dinamis sebesar 1,1 dengan probability of failure (POF) sebesar 0,00 %.

3.6 Cadangan Tertambang Berdasarkan Pit Limit

Cadangan tertambang adalah bagian dari sumber daya mineral yang telah diperhitungkan menggunakan parameter *cut off grade* serta rancangan pit limit. Parameter *cut off grade* yang digunakan oleh perusahaan yaitu sebesar 1,5 %. Blok model cadangan yang didasarkan pada *cut off grade* perusahaan dan rancangan pit limit penambangan dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.



Gambar 8 Cadangan Tertambang Berdasarkan *Pit Limit*



Gambar 9 *Cross Section* Blok Model Cadangan

Berdasarkan distribusi blok model cadangan yang ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10, perhitungan dengan menggunakan cut off grade ≥ 1,5% Ni menghasilkan total cadangan bijih nikel dengan volume mencapai 308.125 m³, tonase sebesar 470.796 ton, dan kadar rata-rata nikel (Ni) sebesar 1,94%. Rincian jumlah cadangan tertambang dapat dilihat pada **Tabel 10** berikut.

Tabel 10 Jumlah Cadangan Tertambang

Material	Range	Klasifikasi	Volume	Tonase	Ni
Waste	<1.5	Waste/OB	640.938	981.842	1.168
Ore	1.5-1.8	Low Grade Ore	187.500	286.673	1.627
	1.8-2.0	Medium Grade Ore	48.750	74.434	1.889
	>2.0	High Grade Ore	71.875	109.689	2.308
Grand Total Ore			**308.125**	**470.796**	**1.941**
Mining Recovery 90% Delusi 4%			**277.312,5**	**423.716,4**	**1.863**
Stripping Ratio				**2,3**	

Dalam perencanaaan penambangan umumnya terjadi perbedaan antara perencanaan dengan aktual di lapangan yang disebabkan bermacam-macam faktor, seperti faktor human (pekerja), faktor tools (alat), dan faktor enviro (lingkungan), oleh karena itu dalam penelitian ini dicantumkan parameter perolehan tambang (mining recovery) berdasarkan parameter yang telah ditetapkan oleh perusahaan, mining recovery sebesar 90% dan delusi 4%, hal ini bertujuan untuk mencegah over estimate terhadap perhitungan yang dilakukan. Jumlah cadangan yang dapat ditambang dengan memasukkan parameter mining recovery dan delusi adalah sebesar 423.716,4 ton dengan kadar rata-rata 1.86%.

Penentuan nilai stripping ratio dilakukan dengan membandingkan volume total material overburden terhadap material ore yang telah disesuaikan dengan parameter mining recovery. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai stripping ratio sebesar 2,3, yang mengindikasikan bahwa perolehan setiap satu ton ore memerlukan pengupasan material overburden sebanyak 2,3 ton.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai Rancangan Pit Limit Penambangan Bijih Nikel Laterit Pada Pit Wanggudu PT ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara maka dapat disimpulkan hasil dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Rancangan pit limit penambangan pada pit wanggudu PT ANTAM Tbk UBPN Konawe Utara, dirancang berdasarkan pertimbangan blok model cadangan serta hasil analisis geoteknik. Didapatkan rancangan geometri lereng meliputi tinggi lereng sebesar 6 meter, lebar jenjang 2 meter, dan sudut kemiringan lereng sebesar 65°. Pit limit dirancang dengan elevasi tertinggi mencapai mencapai 150 meter di atas permukaan laut dan elevasi terendah berada pada ketinggian 63 meter di atas permukaan laut, dengan total luas area

bukaan pit sebesar ±9,2 hektar. Selain itu, rancangan pit juga mencakup desain *ramp* dua lajur dengan lebar total 9 meter, yang disesuaikan dengan spesifikasi teknis alat angkut (*dump truck*) yang digunakan di lokasi. Desain jalan tambang dua lajur ini bertujuan untuk mendukung kelancaran dan efisiensi mobilitas alat angkut selama kegiatan produksi berlangsung.

2. Berdasarkan hasil rancangan pit limit penambangan bijih nikel pada pit wanggudu, dan dengan mengacu pada standar *cut-off grade* yang ditetapkan oleh perusahaan, diperoleh total cadangan sebesar 470.796 ton. Dengan mempertimbangkan asumsi *mining recovery* sebesar 90%, maka total tonase *ore* yang dapat diambil secara ekonomis diperkirakan mencapai 423.716,4 ton, dengan kadar rata-rata nikel (Ni) sebesar 1,94% dengan delusi 4% menjadi 1.86. Dalam proses penambangan, volume material pengupasan (*waste*) yang harus dipindahkan diperkirakan sebesar 981.842 ton, sehingga diperoleh nilai *stripping ratio* sebesar 2,3. Rasio ini menunjukkan bahwa untuk setiap 1 ton bijih yang ditambang, diperlukan pemindahan sebesar 2,3 ton tanah penutup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terima kasih yang tulus penulis tujukan kepada PT Antam Tbk UBPN Konawe Utara atas kesediaannya memfasilitasi penelitian ini. Terima kasih pula kepada para pembimbing lapangan dan rekan-rekan di PT Antam yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, data, serta ilmu yang sangat bermanfaat bagi penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Sastra Pratama, M. Zam Mili, dan E. Anshari, "RANCANGAN PUSHBACK PENAMBANGAN NIKEL LATERIT PADA PIT 3 PT. ADHIKARA CIPTA MULIA KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA," *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam*, vol. 3, no. 2, 2023.

[2] A. Waheed, *Nickel Laterites Fundamentals of chemistry, mineralogy, weathering processes, formation, and exploration*. Vale Inco, 2009.

[3] J. Read dan P. Stacey, *OPEN PIT SLOPE DESIGN*. Collingwood: CSIRO, 2009.

[4] N. Arif Wibawa, E. Anshari, I. Saputra, dan I. Sartika Ambarsari, "RANCANGAN PIT DAN SEQUENCE PENAMBANGAN BIJIH NIKEL PADA PIT B BLOK MANGROVE PT. INDRABAKTI MUSTIKA SITE LAMERURU," *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam*, vol. 4, no. 1, 2024.

[5] M. Yusuf Imana, Deniyatno, M. Ilham Kadar, dan M. Mustofa, "PERANCANGAN PIT DAN SEQUENCE PENAMBANGAN NIKEL PT ADHIKARA CIPTA MULIA DESA MAROMBO PANTAI KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA," *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam*, vol. 3, no. 2, hlm. 57–68, 2023.

[6] I. Arif, *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2021.

[7] D. C. Wyllie dan C. W. Mah, *Rock Slope Engineering: Civil and Mining, 4th Edition*, 4 ed. New York: Spon Press, 2005.