



PERANCANGAN PIT DAN SEQUENCE PENAMBANGAN NIKEL PT ADHIKARA CIPTA MULIA DESA MAROMBO PANTAI KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN KABUPATEN KONAWA UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Muhammad Yusuf Imana¹, Deniyatno², Muhammad Ilham Kadar³, Muhardi Mustofa⁴

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231

Intisari

Perseroan Terbatas (PT) Adhikara Cipta Mulia merupakan salah satu perusahaan swasta yang bergerak dibidang pertambangan dengan wilayah izin usaha pertambangan (IUP) seluas 455 Ha. Dalam memenuhi permintaan pasar serta konsistensi perusahaan dalam kegiatan penambangan pada saat beberapa *pit* di perusahaan sudah tidak beroperasi (*mineout*), maka PT. Adhikara Cipta Mulia merencanakan kegiatan penambangan pada *pit* 4 yang telah dilakukan kegiatan eksplorasi sebelumnya, dengan luas area 5,66 Ha dengan target produksi sebanyak 100.000 ton per bulan dengan permintaan kadar Ni $\geq 1,7\%$, dan *cut off grade* Ni $\geq 1,5\%$. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan *pit limit* berdasarkan geometri cadangan pada *pit* 4 dengan menggunakan bantuan *software micromine 2021.5* dan *software rockscience slide* dengan memperhatikan *economic stripping ratio perusahaan* yaitu 3:1, menentukan jumlah cadangan tertambang dan umur tambang berdasarkan *pit limit*, serta merancang *sequence* penambangan berdasarkan *pit limit* yang memenuhi standar *cut off grade* perusahaan dan berpatokan pada target produksi perusahaan serta memasukan *mining recovery* 95%. Dari hasil estimasi cadangan tertambang berdasarkan *pit limit*, diperoleh total volume *overburden* sebesar 662.737,50 ton, sedangkan untuk cadangan bijih nikel memiliki total volume sebesar 334.162,50 ton dengan rata-rata kandungan Ni sebesar 1,90 % dengan nilai *stripping ratio* 1 : 1,98 Berdasarkan hasil estimasi tersebut dan mengacu pada target produksi perusahaan maka diperkirakan umur tambang pada *Pit* 4 PT. Adhikara Cipta Mulia akan berlangsung kurang lebih 3,25 bulan. Rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 3 *sequence* yang dilakukan dengan sistem *level plan* yang akan dimulai pada elevasi tertinggi 416,26 mdpl sampai elevasi terendah 324,26 mdpl.

Kata Kunci: nikel laterit, perancangan *pit*, *sequence*

ABSTRACT

Limited Liability Company (PT) Adhikara Cipta Mulia is one of the private companies engaged in mining sector with a mining business permit area (IUP) covering an area of 455 Ha. In meeting market demand and the company's consistency in mining activities At the time some pits in the company were no longer operational (*mineout*), then PT. Adhikara Cipta Mulia plans mining activities In Pit 4 which has been carried out exploration activities before, with an area of 5.66 Ha with a production target of 100,000 tons per month with content demand Ni $\geq 1,7\%$, and *cut off grade* Ni $\geq 1,5\%$. This study aims to conduct Pit Limit Design Based on reserve geometry on Pit 4 with the help of Micromine 2021.5 Software and rockscience slide Software Taking into account the company's economic stripping ratio of 3:1, determine the amount of mined reserves and the minelife Based on Pit Limit, as well as designing mining sequences Based on Pit Limit that meets company standards cut off grade and Based on the company's production target and enter mining recovery 95%. From the results of estimates of mined reserves besed pit limit obtained total volume overburden amounted to 662.737,50 tons, Meanwhile, nickel ore reserves have a total volume of 334.162,50 tons with an average Ni content of 1,90 % with a stripping ratio of 1 : 1,98 Based on the results of these estimates and referring to the company's production targets then it is estimated that the mine life in Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia will last approximately 3.25 months. The mining sequence design is divided into 3 sequences performed with a level plan system that will begin At the highest elevation of 416.26 masl to the lowest elevation of 324.26 masl.

Keywords: nickel laterite, pit design, sequence

1. PENDAHULUAN

Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan potensi nikel laterit yang sangat melimpah, khususnya daerah Konawe Utara. Perseroan Terbatas (PT) Adhikara Cipta Mulia merupakan salah satu perusahaan swasta yang ikut serta mengambil peluang tersebut dengan melakukan kegiatan penambangan di Desa Marombo pantai Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara dengan wilayah izin usaha pertambangan (IUP) seluas 455 Ha. Penambangan dilakukan menggunakan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dengan metode *open cast* yang dilakukan dengan cara *selective mining* yang terdiri dari 4 *pit* penambangan, yaitu *Pit-1*, *Pit-2*, *Pit-3* dan *Pit-4*.

Sistem penambangan terbuka (*surface mining*) memerlukan adanya perencanaan mulai dari kegiatan eksplorasi bahan galian hingga pascatambang guna mencegah kerugian yang berdampak. Rancangan atau desain berperan sebagai penentuan persyaratan spesifikasi, dan kriteria teknik untuk mencapai sasaran serta urutan teknis pengerjaannya. Salah satu hasil rancangan pada perencanaan tambang adalah *pit limit*. *Pit limit* yang dirancang selanjutnya akan dibagi menjadi unit-unit yang lebih kecil (*sequence*). *Sequence* penambangan merupakan tahapan penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu *pit* akan ditambang mulai dari bukaan awal hingga bentuk akhir *pit* yang bertujuan untuk membagi seluruh volume yang ada dalam *pit limit* ke dalam unit-unit perencanaan yang lebih kecil sehingga lebih mudah ditangani.

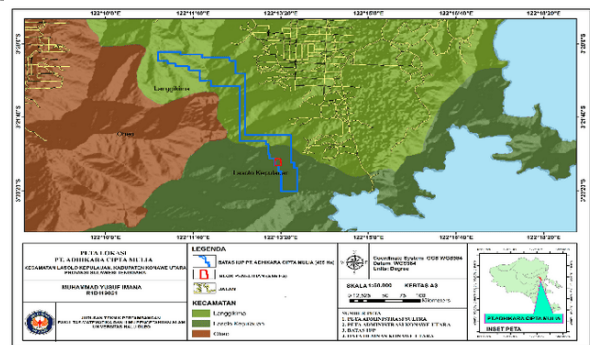
Dalam memenuhi permintaan pasar serta konsistensi perusahaan dalam kegiatan penambangan yang dilakukan pada saat beberapa *pit* lainnya sudah tidak beroperasi (*mineout*), maka PT. Adhikara Cipta Mulia merencanakan kegiatan penambangan pada *Pit 4* yang telah dilakukan kegiatan eksplorasi sebelumnya, dengan luas area 5,66 Ha dengan target produksi sebanyak 100.000 ton per bulan dengan permintaan kadar Ni $\geq 1,7\%$, dan *Cut Off Grade* Ni $\geq 1,5\%$.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai “Perancangan *Pit* dan *Sequence* Penambangan Nikel Pada *Pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara” agar mendapatkan endapan bijih nikel yang lebih optimal dan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh pihak perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan dalam jangka waktu ± 1 bulan, yang berlokasi di *pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia, Lokasi penelitian berada pada wilayah administratif Desa Marombo pantai, Kecamatan Lasolo, Kepulauan Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Akses menuju perusahaan dapat ditempuh melalui jalur darat menggunakan kendaraan roda empat dan roda dua yang berjarak ± 188 Kilometer dari kota Kendari (Ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara) dengan waktu tempuh ± 5 Jam. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Jenis Penelitian

Secara umum penelitian ini menggunakan metode atau jenis penelitian kuantitatif, dimana penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data yang dapat diukur dengan melakukan teknik statistik, matematika atau komputasi. Proses penelitian kuantitatif dimulai dari teori, hipotesis, desain penelitian, memilih subjek, mengumpulkan data, memproses data, menganalisis data, dan menuliskan kesimpulan. Penelitian ini akan menggabungkan antara data-data yang didapatkan dilapangan dan dari pustaka yang ada, sehingga keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Penelitian yang dimaksud adalah perancangan *pit* dan *sequence* penambangan.

2.3 Instrumen Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian Beserta Kegunaannya

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Kamera	Untuk mengambil dokumentasi saat penelitian
2	Alat Tulis	Untuk mencatat data-data saat melakukan penelitian
3	Global Position System (GPS)	Untuk menentukan koordinat saat kegiatan penelitian
4	Palu dan tabung (<i>Shelby Tube</i>)	Untuk mengambil sampel tanah

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
5	Laptop	Untuk membuat laporan
6	Software Rockscience Slide	Untuk menentukan geometri lereng yang akan digunakan
7	Software ArcGis	Untuk membuat peta dan layout rancangan <i>pit</i> dan <i>sequence</i> penambangan
8	Software Global Mapper	Untuk pengolahan data-data yang diperlukan
9	Software Microsoft Excel	Untuk pengolahan dan membuat rencana dari rancangan <i>sequence</i> penambangan
10	Software micromine 2021.5	Untuk membuat desain <i>pit</i> dan rancangan <i>sequence</i> penambangan

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini akan dibagi menjadi beberapa tahapan mulai dari perizinan, studi literatur, pengamatan lapangan, serta tahap pengumpulan data. Tahapan prosedur kegiatan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Perizinan

Tahapan perizinan, yaitu pembuatan surat izin penelitian oleh pihak jurusan teknik pertambangan untuk nantinya diserahkan kepada pihak perusahaan lokasi daerah penelitian.

2. Studi literatur

Tahapan studi literatur yang dimaksud adalah mengumpulkan dan memahami berbagai referensi kepustakaan mengenai kegiatan perencanaan tambang khususnya dalam hal perancangan *pit* dan *sequence* penambangan bijih nikel dan mempelajari laporan para peneliti yang dilakukan sebelumnya dengan tujuan untuk lebih mengetahui bagaimana cara perancangan *pit* dan *sequence* penambangan yang baik dan benar.

3. Pengamatan lapangan

Tahapan Pengamatan lapangan dilakukan dengan observasi langsung pada daerah penelitian mengenai kondisi geologi, morfologi, struktur dan topografi, serta mengamati kegiatan penambangan pada *pit* yang masih beroperasi maupun yang telah *mineout* sebagai bentuk pengenalan dan pemahaman situasi dan kondisi daerah penelitian.

4. Pengambilan dan pengumpulan data

Kegiatan pengambilan dan pengumpulan data yang dilakukan meliputi data primer yang diambil dari lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari literatur dan pihak perusahaan. Data primer yang diambil yaitu data sampel tanah pada lapisan (limonit, dan saprolit) lalu dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo selama kurang lebih 1 minggu untuk mendapatkan data bobot isi, sudut geser dalam dan nilai kohesi dari sampel tanah tersebut. Data sekunder yaitu data bor, data

topografi, nilai *cut of grade* (COG), target produksi perusahaan, *economic stripping ratio*, *density* material, Spesifikasi alat angkut, batas blok pada *Pit* 4 dan batas IUP PT. Adhikara Cipta Mulia.

5. Pengolahan dan Analisa Data

Setelah semua data yang dibutuhkan sudah diperoleh, kemudian tahapan selanjutnya yaitu pengolahan data menggunakan perhitungan dan analisis untuk membuat desain atau rancangan. Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, grafik maupun dalam bentuk perhitungan pada penyelesaian suatu proses tertentu.

Penjabaran dari tahap pengolahan dan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

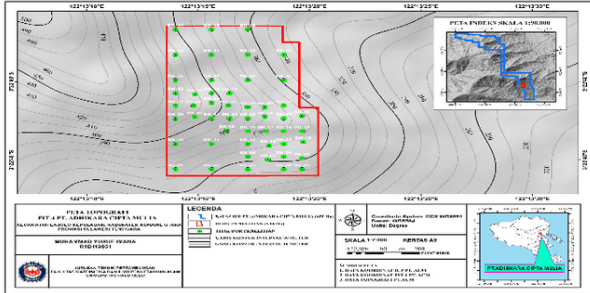
- 1) Membuat beberapa jenis peta, seperti peta citra, peta topografi, peta kemiringan lereng, dan peta analisa struktur dengan bantuan *software ArcGis* dan *Global Mapper*. Peta-peta ini nantinya akan digunakan sebagai bahan pendukung analisa karakteristik lokasi penelitian.
- 2) Melakukan validasi data sekunder yaitu data bor dan data topografi *Pit* 4 PT. Adhikara Cipta Mulia dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* untuk kemudian dilanjutkan pengolahan data menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5*. Tahap ini bertujuan untuk menampilkan sebaran titik bor, kontur topografi, serta pembuatan blok model.
- 3) Melakukan estimasi sumberdaya pada lokasi penelitian menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* berdasarkan sebaran bijih dari model blok yang telah dibuat.
- 4) Mengolah data primer, yaitu data geoteknik berupa data bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam menggunakan bantuan *software Rockscience Slide* untuk menentukan geometri lereng yang akan digunakan dalam perancangan *pit* dan *sequence* penambangan.
- 5) Membuat rancangan *pit limit* atau batas akhir penambangan menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* yang didasarkan model blok sumberdaya dengan memasukkan parameter geometri jenjang, lebar jalan angkut, *cut of grade* (COG), dan *economic stripping ratio*.
- 6) Melakukan estimasi cadangan tertambang menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* berdasarkan kriteria *cut of grade* (COG) rancangan *pit limit* yang telah dibuat sebelumnya, kemudian menghitung umur tambang berdasarkan jumlah cadangan tertambang yang diperoleh.
- 7) Membuat rancangan *sequence* penambangan menggunakan bantuan *software Micromine*

2021.5 yang dibuat berdasarkan bentuk *pit limit* kemudian membaginya menjadi beberapa unit sesuai dengan target produksi perbulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

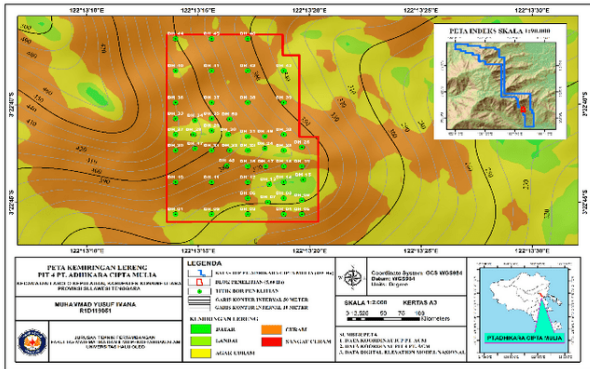
3.1 Kondisi Area Penelitian Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia

1. Kondisi Topografi dan Morfologi



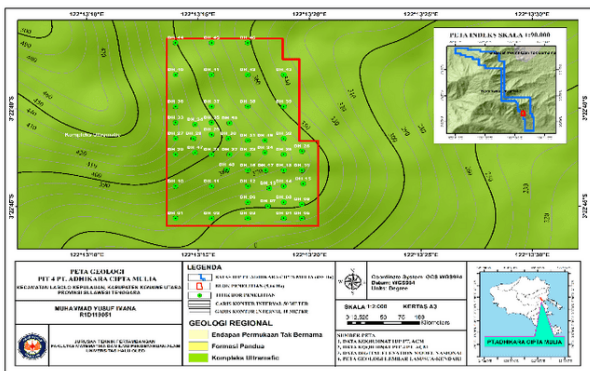
Gambar 2. Peta Topografi Area Penelitian

2. Kondisi Kemiringan Lereng (Slope)



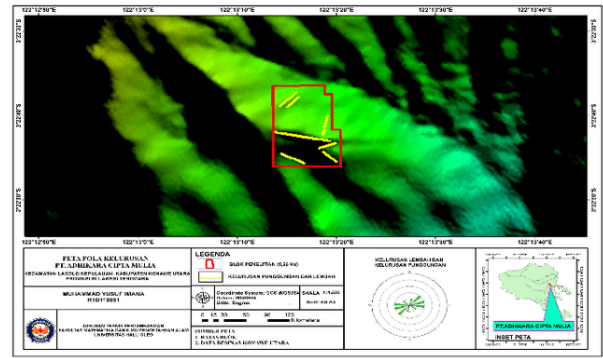
Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Area Penelitian

3. Kondisi Litologi



Gambar 4. Peta Geologi Area Penelitian

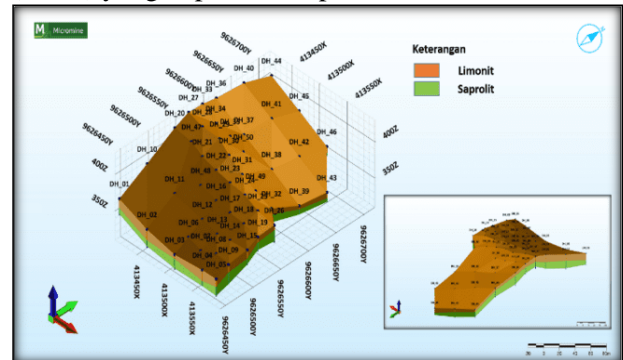
4. Struktur Geologi



Gambar 5. Peta Analisa Struktur Geologi Lokasi Penelitian

3.2 Pemodelan Endapan Nikel Laterit

Pemodelan endapan nikel laterit penting untuk dilakukan agar dapat diketahui zona laterisasi dari suatu endapan. Berdasarkan hasil eksplorasi langsung dengan metode pemboran pada lokasi-lokasi titik bor yang telah direncanakan dengan spasi 25-50 meter, yang tersebar sebanyak 50 titik bor yang dilakukan pada Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia dengan luas 5,66 Ha, diperoleh hasil pemboran dalam kategori daerah yang memiliki prospek dengan kadar yang sesuai dengan target perusahaan yang dapat untuk dilanjutkan. Berdasarkan data tersebut, pemodelan endapan nikel laterit dibuat menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* dalam bentuk *solid digital terrain model (DTM)* yang dapat dilihat pada Gambar 6. berikut.

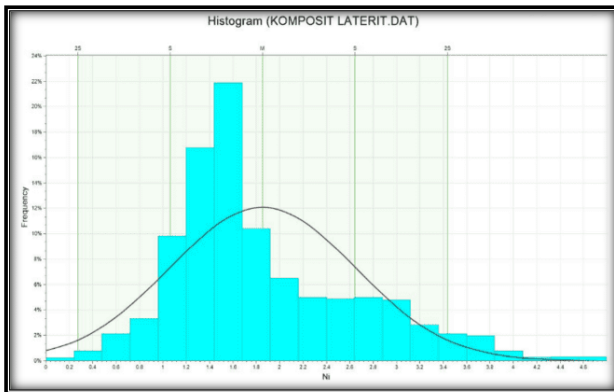


Gambar 6. Model Endapan Nikel Laterit

3.3 Analisis Statistik Dasar

Analisis statistik dasar dilakukan untuk mengetahui karakteristik sebaran data pada zona laterisasi (limonit dan saprolit) berupa nilai rata-rata kadar dari setiap lubang bor, nilai *variance* (homogenitas kadar), *coefficient of variation*, serta sebaran dari distribusi kadar. Pada penelitian ini Analisis statistik dilakukan menggunakan *Software Micromine 2021.5* Analisis statistik ini dilakukan berdasarkan data hasil *composite Ni* pada zona saprolit dan limonit yang telah di validasi berdasarkan setiap perubahan kadar Ni. Sebaran dari distribusi kadar yang ditampilkan dalam bentuk

histogram (*composite Ni laterit*) dan tabel *report analisis statistik* dapat dilihat pada **Gambar 7.** dan **Tabel 2.**



Gambar 7. Histogram Distribusi Kadar Ni Zona Laterisasi (*Micromine 2021.5*)

Tabel 2. Analisis Statistik Dasar Ni Zona Laterisasi

Variabel	Ni
Number of samples	1004
Minimum value	0
Maximum value	4,80
Mean	1,49
Median	1,42
Variance	0,55
Standard Deviation (sd)	0,74
Coefficient of variation	0,50
Skewness	0,79
kurtosis	4,37

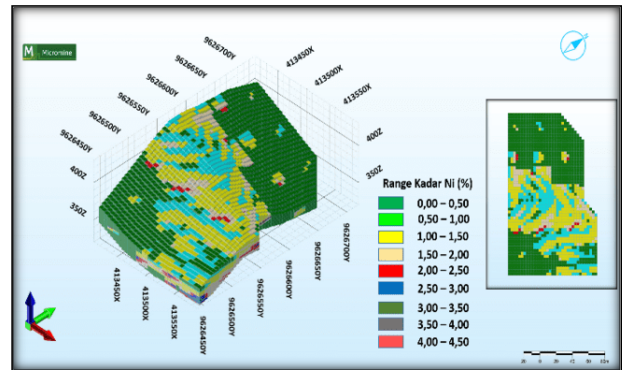
(Sumber: *Report Software Micromine 2021.5*)

Berdasarkan hasil analisis statistik dasar Ni zona laterisasi (limonit dan saprolit) pada **Tabel 2** diatas, dapat diketahui bahwa jumlah sampel yang dianalisa sebanyak 1004 sampel, nilai kadar terendah 0 dan kadar tertinggi 4,80, selain itu dapat diketahui nilai rata-rata sampel 1,49 dengan nilai tengah (*median*) bernilai 1,42. Memiliki nilai *variance* 0,55, *standard deviation* (SD) 0,74, *coefficient of variation* 0,50, dengan nilai *skewness* 0,79 dan nilai *kurtosis* 4,37. Hasil analisis statistik dasar tersebut dapat digunakan untuk menentukan metode estimasi yang cocok digunakan terhadap karakteristik data yang diteliti yang disesuaikan dengan kondisi geologi atau geometri endapan pada daerah penelitian.

3.4 Estimasi Sumberdaya dan Cadangan

Estimasi sumberdaya dan cadangan secara digital didasarkan pada kerangka model blok. Pemodelan dilakukan dalam bentuk model blok tiga dimensi yang mengikuti bentuk geometri sebaran endapan nikel laterit pada daerah lubang bor dengan menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* Model blok tersebut memuat koordinat serta memberikan informasi mengenai volume, tonase,

density, litologi, dan kadar rata-rata dari setiap blok. Ukuran model blok 5 meter x 5 meter (x, y) yang digunakan berdasarkan pembagian dari jarak horizontal antara titik pemboran, sedangkan 1 meter (z) adalah jarak vertikal setiap pengambilan sampel. Semakin kecil ukuran blok maka hasil estimasi akan semakin representatif. Dalam perhitungannya digunakan nilai *density* rekomendasi dari perusahaan sebesar 1,5 ton/m³. Model blok sumberdaya pada *Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia* yang menunjukkan sebaran endapan bijih nikel menggunakan sistem *block* dapat dilihat pada **Gambar 8.** berikut.



Gambar 8. Model Blok Sumberdaya Tertunjuk (*Micromine 2021.5*)

Berdasarkan hasil estimasi model blok sumberdaya tertunjuk pada **Gambar 8.** menggunakan *Software Micromine 2021.5* menggunakan metode *inverse distance weighting* (IDW) didapatkan total jumlah volume sumberdaya tertunjuk sebesar 824.275,00 m³ dengan jumlah tonase sebesar 1.236.412,50 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 0,94 %. Pada zona limonit, didapatkan jumlah volume sumberdaya tertunjuk sebesar 387.950,00 m³ dengan jumlah tonase sebesar 581.925,00 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 0,79 %, sementara pada zona saprolit, didapatkan jumlah volume sumberdaya tertunjuk sebesar 436.325,00 m³ dengan jumlah tonase sebesar 654.487,50 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,07 %. Hasil estimasi model blok sumberdaya tertunjuk pada *Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia* secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 3.**

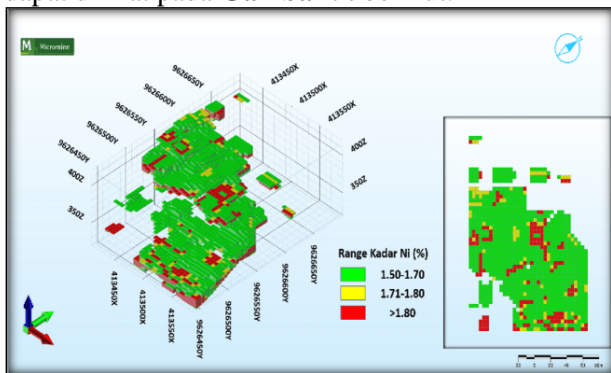
Tabel 3. Hasil Estimasi Sumberdaya Tertunjuk

Litologi	Range Ni (%)	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Limonit	0,0 - 0,5	150.400,00	225.600,00	0,02
	0,5 - 1,0	50.000,00	75.000,00	0,81
	1,0 - 1,5	136.750,00	205.125,00	1,25
	1,5 - 2,0	41.500,00	62.250,00	1,66
	2,0 - 2,5	7.625,00	11.437,50	2,20
	2,5 - 3,0	1.525,00	2.287,50	2,69
	3,0 - 3,5	125,00	187,50	3,19
	3,5 - 4,5	25,00	37,50	3,72

Subtotal		387.950,00	581.925,00	0,79
Saprolit	0,0 - 0,5	168.275,00	252.412,50	0,00
	0,5 - 1,0	6.400,00	9.600,00	0,87
	1,0 - 1,5	77.750,00	116.625,00	1,34
	1,5 - 2,0	122.975,00	184.462,50	1,70
	2,0 - 2,5	39.925,00	59.887,50	2,22
	2,5 - 3,0	15.600,00	23.400,00	2,72
	3,0 - 3,5	4.950,00	7.425,00	3,16
3,5 - 4,5	450,00	675,00	3,71	
Subtotal		436.325,00	654.487,50	1,07
Grandtotal		824.275,00	1.236.412,50	0,94

(Sumber: Report Software Micromine 2021.5)

Setelah sumberdaya terunjuk telah dilakukan pemodelan dan estimasi, dan diketahui jumlah volume, tonase dan kadar Ni nya maka selanjutnya dapat dimodelkan cadangan terkira berdasarkan model blok sumberdaya sebelumnya dengan memasukkan parameter nilai *cut off grade* yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu 1,5% Ni. Dalam pemodelan cadangan, *ore* akan dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan kadar nikelnya, yaitu *High Grade ore* dengan kadar Ni lebih dari 1,80 %, *Medium Grade ore* dengan kadar Ni berkisar 1,71 % sampai 1,80 %, dan *Low Grade ore* dengan kadar Ni berkisar 1,50 % sampai 1,70 %, Sementara untuk kadar Ni dibawah 1,50 % sudah tidak masuk dalam kategori *ore* atau dengan kata lain sudah tidak bernilai ekonomis untuk ditambang berdasarkan ketetapan perusahaan. Model blok cadangan terkira pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia hasil pemodelan dapat dilihat pada **Gambar 9.** berikut.



Gambar 9. Model Blok Cadangan Terkira (Micromine 2021.5)

Berdasarkan hasil estimasi model blok cadangan terkira pada **Gambar 9.** dengan menggunakan *software Micromine 2021.5* menggunakan metode *inverse distance weighted (IDW)* didapatkan total jumlah volume cadangan terkira sebesar 237.625,00 m³ dengan jumlah tonase sebesar 356.437,50 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,90 %. Pada zona limonit, didapatkan jumlah volume cadangan terkira sebesar 51.950,00

m³ dengan jumlah tonase sebesar 77.925,00 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,77 %, sementara pada zona saprolit, didapatkan jumlah volume cadangan terkira sebesar 185.675,00 m³ dengan jumlah tonase sebesar 278.512,50 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,94 %. Hasil estimasi model blok cadangan terkira pada *Pit 4 PT.* Adhikara Cipta Mulia secara rinci dapat dilihat pada tabel **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Perhitungan Cadangan Terkira

Litologi	Range Ni(%)	Kategori	Volume(m ³)	Tonase(ton)	Ni (%)
Limonit	>1,80	<i>High Grade</i>	15.625,00	23.437,50	2,13
	1,71 - 1,80	<i>Medium Grade</i>	6.625,00	9.937,50	1,75
	1,50 - 1,70	<i>Low Grade</i>	29.700,00	44.550,00	1,58
	Subtotal		51.950,00	77.925,00	1,77
Saprolit	>1,80	<i>High Grade</i>	88.725,00	133.087,50	2,26
	1,71 - 1,80	<i>Medium Grade</i>	21.750,00	32.625,00	1,79
	1,50 - 1,70	<i>Low Grade</i>	75.200,00	112.800,00	1,60
	Subtotal		185.675,00	278.512,50	1,94
Grandtotal		237.625,00	356.437,50	1,90	

(Sumber: Report Software Micromine 2021.5)

3.5 Analisis Geoteknik Untuk Kestabilan Lereng

Analisis geoteknik sangat berperan penting untuk melakukan analisis desain *pit* penambangan yang optimal dan aman untuk digunakan. Pengambilan data geoteknik berupa sampel tanah dilakukan pada lapisan limonit dan saprolit yang terdapat di area *Pit 4 PT.* Adhikara Cipta Mulia. Dalam melakukan perancangan *pit* penambangan yang baru, maka pengambilan data geoteknik dilakukan pada areal *pit* penambangan yang sudah terbuka dan terletak tidak jauh dari lokasi *pit* penambangan baru dengan syarat urutan penyusunan zona bawah permukaan yang masih sama. Setelah semua sampel yang dibutuhkan telah terkumpul, maka sampel tersebut dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Halu Oleo, untuk dilakukan pengujian sehingga menghasilkan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan analisa faktor keamanan lereng nantinya. Data yang digunakan sebagai acuan untuk analisis kestabilan lereng menggunakan metode *fellenius* berupa data bobot isi tanah (γ), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ). Berdasarkan hasil uji laboratorium dari sampel tanah yang diambil di lapangan maka diperoleh nilai bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam yang dapat dilihat pada **Tabel 5.** berikut.

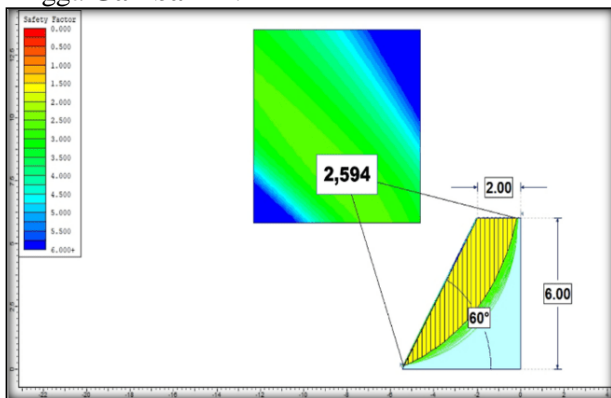
Tabel 5. Data Pengujian Sampel Tanah Pada Zona Limonit dan Saprolit

Zona	Pengujian	Hasil Lab	Satuan	Hasil	Satuan
Limonit	Bobot Isi	1,26	gr/cm ³	12,35682	(kN/m ³)
	Kohesi	0,151	kg/cm ²	14,808117	(kN/m ²)
	Sudut Geser	51,34	°	51,34	°

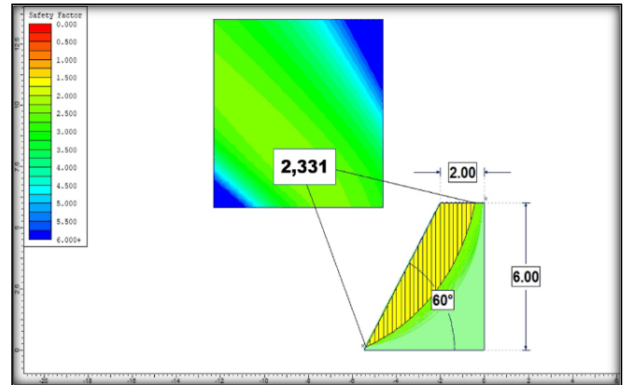
Saprolit	Bobot Isi	1,225	gr/cm ³	12,013575	(kN/m ³)
	Kohesi	0,113	kg/cm ²	11,081571	(kN/m ²)
	Sudut Geser	52,696	°	52,696	°

(Sumber: Hasil Penelitian,2023)

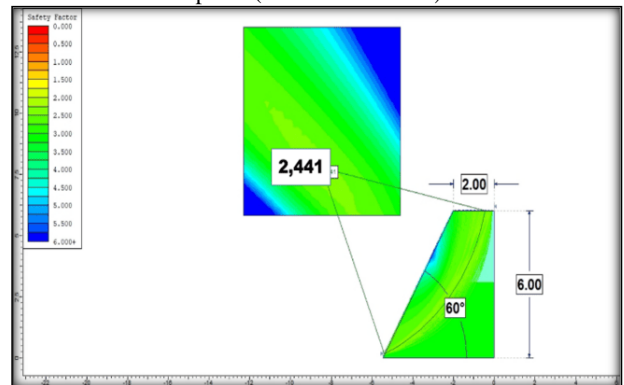
Simulasi perhitungan faktor keamanan bertujuan untuk mendapatkan rekomendasi rancangan geometri lereng yang optimal serta memenuhi standar Faktor Keamanan (FK) sesuai Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018, Nilai faktor keamananan dikategorikan berdasarkan jenis lereng, yaitu pertama adalah lereng tunggal dimana nilai Faktor Keamanan minimal 1,1, kemudian yang kedua adalah *Inter-ramp* dimana nilai Faktor Keamanan minimal 1,2 sampai 1,3 dan yang terakhir adalah lereng keseluruhan dimana nilai Faktor Kemanan minimal 1,3 sampai 1,5. Simulasi perhitungan faktor keamanan lereng penambangan dilakukan menggunakan bantuan *software Rockscience Slide* dengan penggambaran lereng dilakukan secara manual pada tampilan *software* dengan sistem *trial and eror* atau coba-coba hingga didapatkan rancangan geometri lereng seperti tinggi lereng, lebar lereng dan kemiringan lereng yang sesuai. Simulasi perhitungan faktor keamanan dilakukan pada zona limonit dan zona saprolit ditambah dengan analisa kemungkinan jika terjadi kontak antar beberapa zona dalam satu lereng. Hasil simulasi perhitungan faktor keamanan pada masing-masing dapat dilihat pada **Gambar 10.** hingga **Gambar 12.**



Gambar 10. Analisa Faktor Keamanan Lereng Pada Zona Limonit (*Rockscience Slide*)



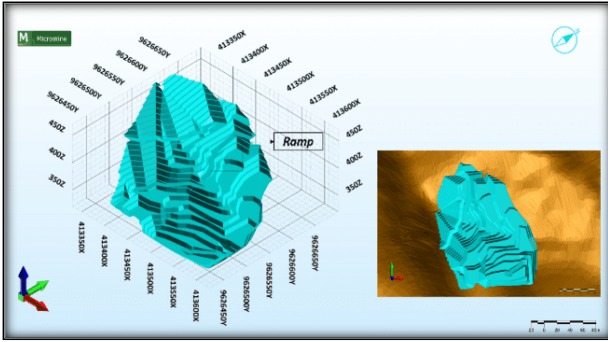
Gambar 11. Analisa Faktor Keamanan Lereng Pada Zona Saprolit (*Rockscience Slide*)



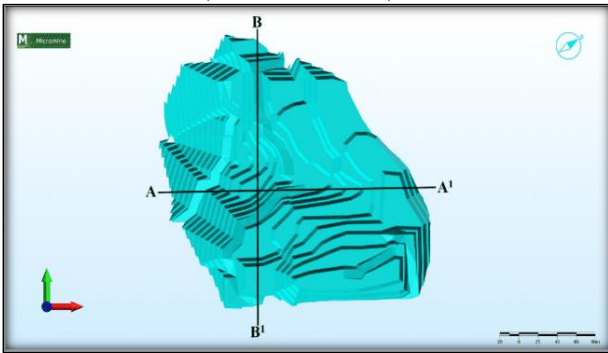
Gambar 12. Analisa Faktor Keamanan Lereng Lebih Dari Satu Zona (*Rockscience Slide*)

3.6 Rancangan Pit Limit

Pit limit penambangan merupakan batas penambangan maksimum. *Pit limit* dapat ditentukan berdasarkan hasil pengukuran lokasi sumber daya yang paling akhir, dan masih memenuhi keekonomisan penambangan. *Pit limit* atau biasa disebut batas akhir penambangan juga merupakan kombinasi dari semua jenjang yang telah dibuat dengan memperhitungkan faktor keekonomisan, dimana keterdapatn bijih atau *ore* tersebut masih dianggap dapat ditambang dengan mempertimbangkan faktor keamanan, yaitu suatu jenjang penambangan masih dapat dilanjutkan ke jenjang selanjutnya dengan asumsi bahwa jenjang tersebut masih dalam posisi aman dan tidak rawan longsor. Rancangan *pit limit* penambangan dan penampang (*cross section*) *pit limit* dapat dilihat pada **Gambar 13.** hingga **Gambar 14.**



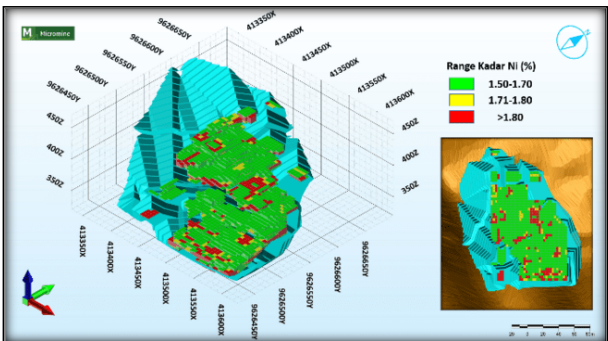
Gambar 13. Rancangan Pit Limit Penambangan (Micromine 2021.5)



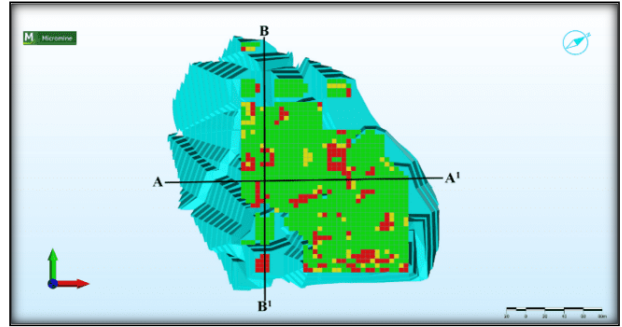
Gambar 14. Pit Limit Penambangan (Garis Cross section) (Micromine 2021.5)

3.7 Cadangan Tertambang Berdasarkan Pit Limit

Cadangan tertambang merupakan bagian dari sumberdaya mineral yang telah dimasukkan parameter *cut off grade* dan parameter rancangan *pit limit*. Parameter *cut off grade* yang digunakan pada PT. Adhikara Cipta Mulia yaitu $\geq 1.5\%$. Model blok cadangan tertambang berdasarkan *cut off grade* perusahaan dan rancangan *pit limit* penambangan dapat dilihat pada pada Gambar 15. hingga Gambar 16.



Gambar 15. Model Blok Cadangan Tertambang (Micromine 2021.5)



Gambar 16. Model Blok Cadangan Tertambang (Garis Cross section) (Micromine 2021.5)

Berdasarkan sebaran model blok cadangan tertambang pada Gambar 15. dimana dalam perhitungannya menghasilkan jumlah cadangan tertambang dengan *cut off grade* $\geq 1,5\%$ Ni maka didapatkan total cadangan bijih nikel dengan volume sebesar 234.500,00 m³ dan tonase 351.750,00 ton dan kadar rata-rata Ni sebesar 1,90 %. Rincian perhitungan cadangan tertambang dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Cadangan Tertambang

Material	Range Ni (%)	Ore Class	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Ore	> 1,80	High Grade	104.350,00	156.525,00	2,24
	1,71 - 1,80	Medium Grade	26.750,00	40.125,00	1,75
	1,50 - 1,70	Low Grade	103.400,00	155.100,00	1,59
	Total Ore		234.500,00	351.750,00	1,90
OB/Waste	< 1,50	Waste	506.775,00	662.737,50	0,73
Mining Recovery 95 %			222.775,00	334.162,50	1,90
Stripping Ratio				1 : 1,98	

(Sumber: Report Software Micromine 2021.5)

3.8 Umur Tambang (Mine Life)

Penentuan umur tambang (*mine life*) bertujuan untuk menentukan batas waktu proses penambangan hingga akhirnya suatu *front* penambangan dinyatakan *mineout* atau telah habis cadangan yang akan ditambang. Berdasarkan estimasi jumlah cadangan tertambang dan memasukan parameter *mining recovery* 95 % sehingga diperoleh 334.162,50 ton dengan target produksi perusahaan sebesar 100.000 ton setiap bulannya. Untuk dapat menentukan umur tambang dapat dilakukan dengan cara membagi total cadangan dengan target produksi, maka diperkirakan umur tambang pada Pit 4 PT. Adhikara Cipta Mulia akan berlangsung kurang lebih selama 3,34 bulan.

3.9 Sequence Penambangan

Rancangan *sequence* penambangan dibuat mengacu pada target produksi yang ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 100.000 ton perbulan.

Sequence penambangan yang dirancang akan menggambarkan *progress* penambangan atau kemajuan tambang untuk mengidentifikasi lokasi, perubahan penurunan *level* penambangan, tonase material tertambang serta batas penambangan yang telah ditentukan dalam satu tahapan penambangan. Berdasarkan target produksi, rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 3 tahap yang dilakukan dengan sistem *level plan* atau mengikuti *level* penggalian, dimana penambangan nantinya akan dimulai pada topografi dengan elevasi tertinggi 417 mdpl sampai dengan topografi dengan elevasi terendah 324 mdpl.

1. Sequence Penambangan Bulan Ke-1

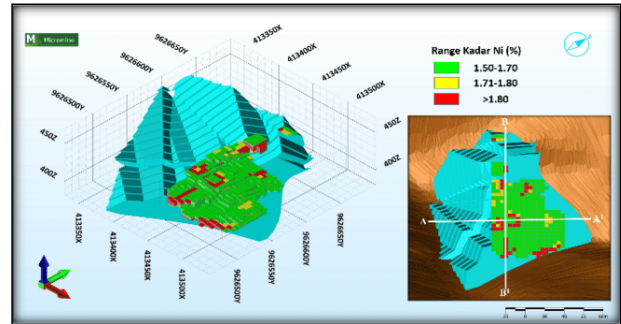
Rancangan *sequence* penambangan tahap pertama merupakan bagian awal penambangan yang akan dibuka pada *Pit 4 PT*. Adhikara Cipta Mulia. Perencanaan kegiatan penambangan pada *sequence* pertama dimulai dari elevasi 417 mdpl sampai elevasi 382 mdpl, dengan luas area yang dibuka sebesar 2,84 ha. Rincian perolehan *sequence* penambangan bulan ke-1 dapat dilihat pada **Tabel 7**. berikut.

Tabel 7. Rincian Perolehan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-1

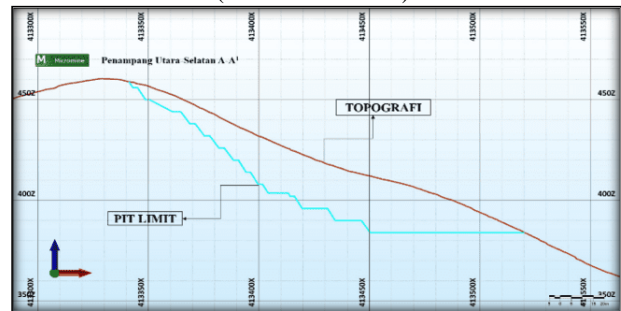
Material	Range Ni (%)	Ore Class	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Ore	> 1,80	High Grade	35.600,00	53.400,00	2,15
	1,71 - 1,80	Medium Grade	10.300,00	15.450,00	1,75
	1,50 - 1,70	Low Grade	33.775,00	50.662,50	1,6
	Total Ore		79.675,00	119.512,50	1,86
OB/Waste	< 1,50	Waste	154.200,00	225.525,00	0,76
	Mining Recovery 95 %		75.691,25	113.536,90	1,86
	Stripping Ratio		1 : 1,99		

(Sumber: Report Software Micromine 2021.5)

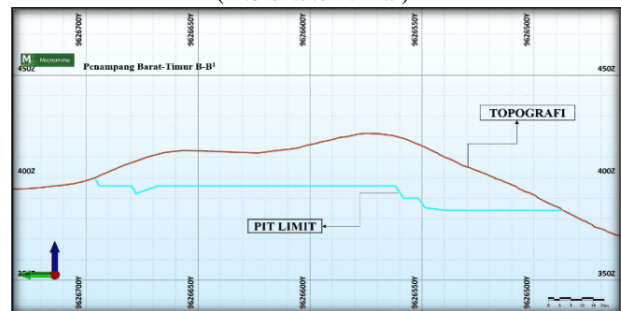
Berdasarkan **Tabel 7**. diatas, diketahui pada *sequence* bulan pertama dengan memasukan parameter *mining recovery* 95 % diperoleh jumlah tonase material *ore* sebesar 113.536.90 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,86 %. Sementara itu, jumlah tonase material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 225.525,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan pertama sebesar 1 : 1,99. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan pertama dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 17**. hingga **Gambar 19**.



Gambar 17. Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-1 (Micromine 2021.5)



Gambar 18. Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan (Micromine 2021.5)



Gambar 19. Penampang (*Cross section*) Barat-Timur (Micromine 2021.5)

2. Sequence Penambangan Bulan Ke-2

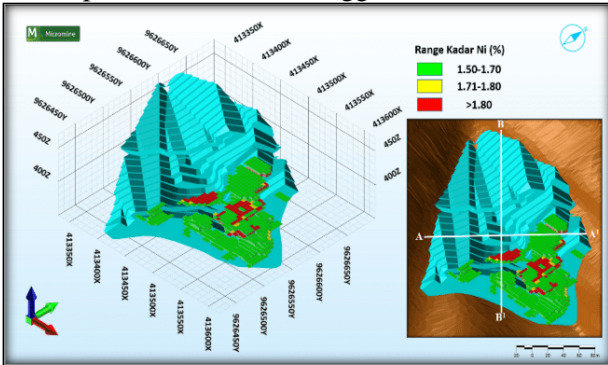
Rancangan *sequence* penambangan tahap kedua yang selanjutnya dibuka akan diawali dari elevasi 382 mdpl sampai elevasi 358 mdpl, dengan luas area yang dibuka sebesar 4,49 ha. Rincian perolehan *sequence* penambangan bulan ke-2 dapat dilihat pada **Tabel 8**. Berikut.

Tabel 8. Rincian Perolehan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-2

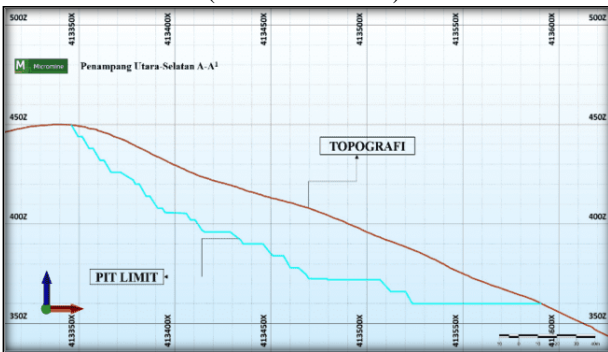
Material	Range Ni (%)	Ore Class	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Ore	> 1,80	High Grade	23.825,00	35.737,50	2,26
	1,71 - 1,80	Medium Grade	8.375,00	12.562,50	1,75
	1,50 - 1,70	Low Grade	47.375,00	71.062,50	1,59
	Total Ore		79.575,00	119.362,50	1,81
OB/Waste	< 1,50	Waste	216.050,00	275.812,50	0,72
	Mining Recovery 95 %		75.596,25	113.394,40	1,81
	Stripping Ratio		1 : 2,43		

(Sumber: Report Software Micromine 2021.5)

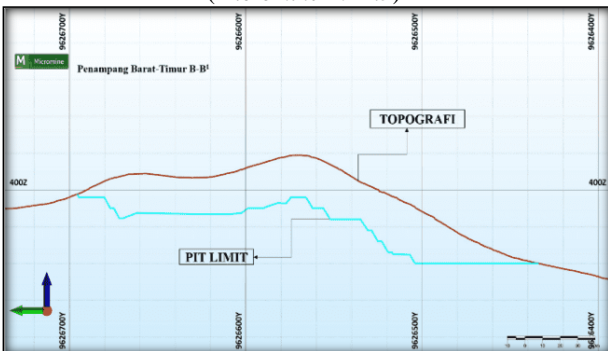
Berdasarkan **Tabel 8.** diatas, diketahui pada *sequence* bulan kedua dengan memasukan parameter *mining recovery* 95 % diperoleh jumlah tonase material *ore* sebesar 113.394,40 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,81 %. Sementara itu, jumlah tonase material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 275.812,50 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan kedua sebesar 1 : 2,43. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan kedua dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 21.** hingga **Gambar 23.**



Gambar 21. Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-2 (Micromine 2021.5)



Gambar 22. Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan (Micromine 2021.5)



Gambar 23. Penampang (*Cross section*) Barat-Timur (Micromine 2021.5)

3. *Sequence* Penambangan Bulan Ke-3

Rancangan *sequence* penambangan tahap ketiga yang selanjutnya dibuka akan diawali dari elevasi 358 mdpl sampai elevasi 324 mdpl, dengan luas area yang dibuka sebesar 5,62 ha. Rincian perolehan cadangan *sequence* penambangan bulan

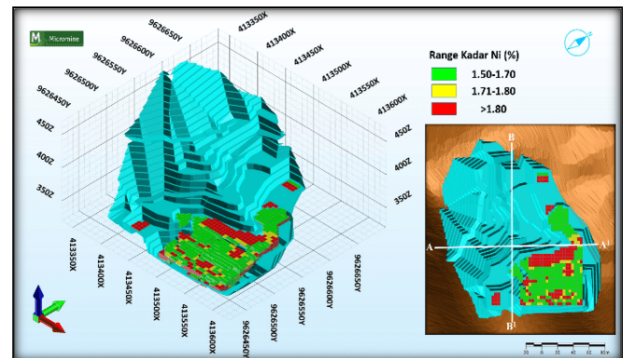
ke-3 dapat dilihat pada **Tabel 9.** berikut.

Tabel 9. Rincian Perolehan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-3

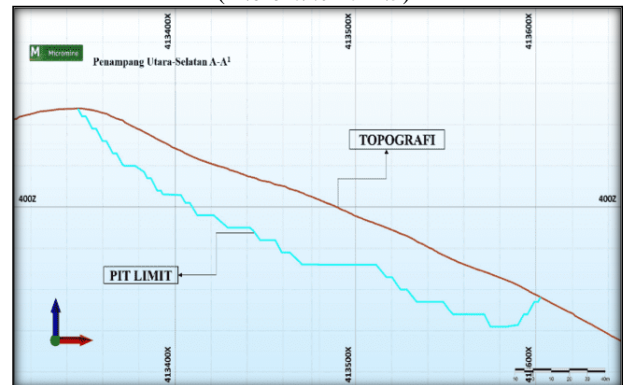
Material	Range Ni (%)	Ore Class	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Ore	> 1,80	High Grade	44.925,00	67.387,50	2,30
	1,71 - 1,80	Medium Grade	8.075,00	12.112,50	1,76
	1,50 - 1,70	Low Grade	22.250,00	33.375,00	1,60
Total Ore			75.250,00	112.875,00	2,03
OB/Waste	< 1,50	Waste	136.525,00	161.400,00	0,70
Mining Recovery 95 %			71.487,50	107.231,30	2,03
Stripping Ratio				1 : 1,51	

(Sumber: *Report Software Micromine 2021.5*)

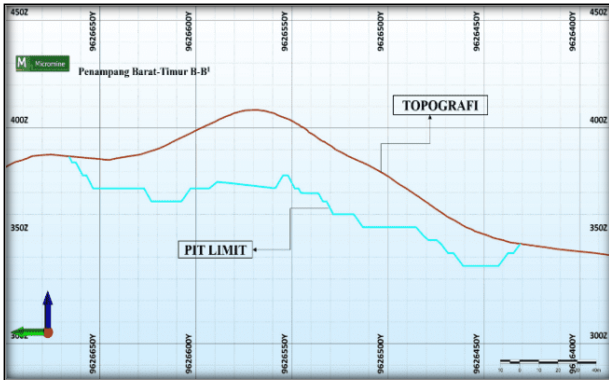
Berdasarkan **Tabel 4.8** diatas, diketahui pada *sequence* bulan ketiga dengan memasukan parameter *mining recovery* 95 % diperoleh jumlah tonase material *ore* tertambang sebesar 107.231,30 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 2,03 %. Sementara itu, jumlah tonase material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 161.400,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan ketiga sebesar 1 : 1,51. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan ketiga dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 24.** hingga **Gambar 26.**



Gambar 24. Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-3 (Micromine 2021.5)

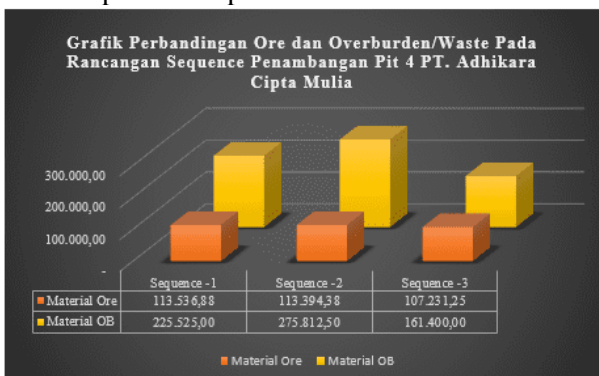


Gambar 25. Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan (Micromine 2021.5)



Gambar 26. Penampang (Cross section) Barat-Timur
(Micromine 2021.5)

Hasil rancangan penambangan untuk *sequence* penambangan selama 3 bulan pada *Pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia secara keseluruhan dapat dilihat dengan grafik yang menampilkan perbandingan terhadap perolehan tonase *ore* dan tonase *overburden* dari bulan pertama hingga bulan ketiga. Grafik perolehan rancangan *sequence* 3 bulan dapat dilihat pada Gambar 27. berikut.



Gambar 27. Grafik Perolehan Rancangan *Sequence* 3 Bulan

4 KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Rancangan *pit limit* pada *Pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia dirancang berdasarkan pertimbangan lokasi model blok cadangan serta hasil analisa geoteknik yang telah dihitung sebelumnya pada masing-masing zona yaitu tinggi lereng 6 meter, lebar lereng 2 meter serta kemiringan lereng 60 derajat. Desain jalan tambang pada *pit limit* dirancang dua jalur dengan lebar keseluruhan 9 meter, hal ini sesuai dengan spesifikasi alat angkut yang digunakan dilokasi penelitian. Desain jalan tambang dengan dua lajur dimaksudkan untuk dapat memudahkan *mobilitas* kendaraan *Dump Truck* dalam proses produksi.

- 2) Cadangan tertambang berdasarkan rancangan desain *pit limit* penambangan pada *Pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia yang memenuhi standar *cut off grade* perusahaan, serta dimasukan parameter *mining recovery* 95 % didapatkan volume *ore* sebesar 222.775,00 m³ dan tonase 334.162,50 ton, dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,90 % Ni. Berdasarkan estimasi jumlah cadangan tertambang tersebut dengan target produksi perusahaan sebesar 100.000 ton setiap bulannya, maka diperoleh umur tambang pada *pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia akan berlangsung kurang lebih selama 3,34 bulan.
- 3) Rancangan *sequence* penambangan berdasarkan target produksi pada *Pit 4* PT. Adhikara Cipta Mulia, dibagi menjadi 3 tahap yang dilakukan dengan menggunakan sistem *level plan* atau mengikuti *level* penggalian, dimana penambangan nantinya akan dimulai pada topografi dengan *level* tertinggi 416,26 mdpl sampai dengan topografi dengan *level* terendah 324,26 mdpl. Pada *sequence* pertama diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 75.691,25 m³ dan tonase material *ore* sebesar 113.536,90 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,86 %. Pada *sequence* kedua diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 75.596,25 m³ dan tonase material *ore* sebesar 113.394,40 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,81 %. Pada *sequence* ketiga diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 71.487,50 m³ dan tonase material *ore* sebesar 107.231,30 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 2,03 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. Adhikara Cipta Mulia yang telah bersedia menjadi lokasi penelitian penulis serta banyak membantu selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Araya, A. S., Nehring, M., Vega, E. T., dan Miranda, N. S., 2020, The Impact Of Equipment Productivity And Pushback Width On The Mine Planning Process, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 120(10), Hal. 599–607. ISSN: 225-6253.
- [2.] Bai, X., Marcotte, D., Gamache, M., Gregory, D., dan Lapworth, A., 2018, Automatic



- Generation Of Feasible Mining Pushbacks For Open Pit Strategic Planning, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 118(5), Hal. 515–530. ISSN: 225-6253.
- [3.] Bergawa, W. S., 2018, *Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan*, Kilau Book, Yogyakarta. ISBN-10: 978-6-2375-9431-4.
- [4.] Darling, P., 2011, *Mining Engineering Handbook Third Edition*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, ISBN: 978-0-87335-341-0.
- [5.] Hardiyatmo, H.S. (2018). *Mekanika Tanah II*. Gajah Mada University Press. ISBN: 979-420-637-7.
- [6.] Husaini, A. F., Maryanto, dan Guntoro, D., 2019, Penjadwalan Produksi dan Pentahapan Tambang (Mine Sequence) Kuari Batu Gamping pada Iup Op 412 Ha di PT Semen Padang, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kotamadya Padang, Provinsi Sumatera Barat, *Prosiding Teknik Pertambangan*, Vol. 5(1), Hal. 279–286. ISSN: 2460–6499.
- [7.] Komite Cadangan Mineral Indonesia, 2017, *Kode Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Mineral Indonesia*, Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia dan Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- [8.] KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang “Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik”. Khairul, A., Maryanto., dan Usman, D.N., 2021, Perancangan Tambang (Pit Design) dan Pentahapan Tambang Batubara Pit Blok 3 dengan Stripping Ratio 7 : 1 di PT XYZ, Desa Lubuk Sini, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu, *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, Vol 1(1), Hal. 1–7. ISSN: 2460-6499.
- [9.] Kurniadi, A., Rosana, M. F., Yuningsih, E. T., dan Pambudi, L., 2018, Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah, *Padjajaran Geoscience Journal*, Vol. 02(03), Hal. 221–234. ISSN: 2597-4033.
- [10.] *Micromine (Head Office)*, 2014. *Micromine Training Open Pit Mine Planning*. Nedlands WA 6009. Australia. ISBN: 2000-3000-3010.
- [11.] Pranata, H., dan Yulhendra, D., 2021, Rancangan Pelaksanaan Eksploitasi Nikel pada Blok X PT. Paramitha Persada Tama Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara, *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6(5), Hal. 218–231. ISSN: 2302-3333.
- [12.] Prasetyono, E. N. H., Kusdarini, E., dan Cahyono, Y. D. G., 2020, Rancangan Pit Penambangan Batubara Pada Pit X PT. Prolindo Cipta Nusantara, Site Sie Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, Vol. 2(1), Hal. 71–78. ISSN: 2686- 0651.
- [13.] Rafsanjani, M. R., Djamaluddin., dan Bakri, H., 2016, Estimasi Sumberdaya Bijih Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode Idw Diprovinsi Sulawesi Tenggara, *Jurnal Geomine*, Vol. 04(1), Hal. 19–22. ISSN: 2541-2116.
- [14.] Setiawan, A. R., Muchsin, A. M., dan Guntoro, D., 2018, Rancangan Teknis Penambangan Bijih Bauksit pada Wilayah Bukit D PT Kalbar Bumi Perkasa Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat, *Prosiding Teknik Pertambangan*, Vol. 4(2), Hal. 553–560. ISSN: 2460- 6499.
- [15.] Slide, 2002. *2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes*. Rocscience Inc.
- [16.] Sudrajat, N., 2013, *Teori dan Praktik Pertambangan Indonesia*, Medpress Digital, Yogyakarta, ISBN: 10-979-341-141-4.
- [17.] UU RI No.3., 2020, *Tentang “Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara”*.
- [18.] Zibuka, M. I., Widodo, S., Budiman, A. A., 2016, Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Membandingkan Metode Nearest Neighbour Point Dan Inverse Distance Weighting, *Jurnal Geomine*, Vol. 4(1), Hal. 44–49. ISSN: 2541-2116.