



## **RANCANGAN SEQUENCE PENAMBANGAN BIJIH NIKEL PADA PIT 3 BLOK MGE PT. PERTAMBANGAN BUMI INDONESIA DESA POLORA INDAH KECAMATAN LANGGIKIMA KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

**Wa Oga<sup>1</sup>, Wahab<sup>2</sup>, Irfan Saputra<sup>3</sup>, La Ode Jonas Tugo<sup>4</sup>**

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Halu Oleo  
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231  
[waoga27@gmail.com](mailto:waoga27@gmail.com)

---

### **Intisari**

Potensi Provinsi Sulawesi Tenggara terhadap bijih nikel mendorong PT. Pertambangan Bumi Indonesia sebagai perusahaan yang bergerak dibidang Pertambangan nikel turut serta mengambil peluang ini dan berinisiatif melakukan usaha pertambangan bijih nikel. PT. Pertambangan Bumi Indonesia memiliki wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) 5.923 Ha. Blok MGE memiliki luas sebesar 17 Ha dan berdasarkan kajian Stripping ratio pada PT. Pertambangan Bumi Indonesia adalah 3:1 dan Cut Off Grade Ni  $\geq 1,3$  %. Untuk memaksimalkan kegiatan penambangan dalam memenuhi target produksi, maka dilakukan rancangan desain pit limit, jumlah cadangan tertambang berdasarkan pit limit dan umur tambang, hingga rancangan Sequence. Pada penelitian ini, diperoleh jumlah sumberdaya memiliki volume sebesar 1.296.00 m<sup>3</sup> dan memiliki cadangan tertambang sebanyak 527.937,75 ton dengan geometri jenjang 90% sehingga nilai tonase ore yang diperoleh sebesar 586.597,50 ton. Kadar rata-rata Ni sebesar 1,52% dan nilai stripping ratio yang dihasilkan adalah 2,89 : 1, sehingga umur tambang pada Pit 3 diperkirakan 5 bulan. Berdasarkan target produksi, Sequence dirancang dengan 5 tahapan penambangan (mining Sequence) dengan nilai kadar rata – rata Ni yang berbeda – beda setiap Sequence, dimana kadar rata – rata Ni pada Sequence 1 yaitu 1,52%, kadar rata – rata Ni pada Sequence 2 yaitu 1,40%, kadar rata – rata Ni pada Sequence 3 yaitu 1,53%, kadar rata – rata Ni pada Sequence 4 yaitu 1,57% dan kadar rata – rata Ni pada Sequence 5 yaitu 1,58%.

**Kata kunci:** nikel laterit, Pit limit, cadangan tertambang, sequence

### **ABSTRACT**

*Potential of Southeast Sulawesi Province for nickel Pertambangan Bumi Indonesia Inc. Mining as a company operating in the nickel mining sector also took this opportunity and took the initiative to carry out a nickel mining business. PT. Indonesian Bumi Mining has a Mining Business Permit (IUP) area of 5.923 Ha. The MGE block has an area of 17 Ha and based on the Stripping ratio study at PT. Indonesian Earth Mining is 3:1 and Cut Off Grade Ni  $\geq 1,3$  %. To maximize mining activities in meeting production targets, a pit limit design is carried out, the amount of mineable reserves is based on the pit limit and mining age, and a Sequence design is carried out. In this research, the number of resources obtained has a volume of 1.296,00 m<sup>3</sup> and has mined reserves of 527.937,75 tons with a geometric depth of 90% so that the ore tonnage value obtained is 586,597.50 tons. The average Ni content is 1,52% and the resulting stripping ratio value is 2,89 : 1, so the mine life in Pit 3 is estimated to be 5 months. Based on production targets, the Sequence is designed with 5 mining stages (mining Sequence) with different average Ni content values for each Sequence, where the average Ni content in Sequence 1 is 1,52%, the average Ni content in Sequence 2, namely 1,40%, the average Ni content in Sequence 3 is 1,53%, the average Ni content in Sequence 4 is 1,57% and the average Ni content in Sequence 5 is 1,58%.*

**Keywords:** nickel laterite, Pit limit, mining reserves, sequence

---

## 1. PENDAHULUAN

Potensi Provinsi Sulawesi Tenggara terhadap bijih nikel mendorong PT. Pertambangan Bumi Indonesia sebagai perusahaan yang bergerak dibidang Pertambangan nikel turut serta mengambil peluang ini dan berinisiatif melakukan usaha pertambangan bijih nikel. PT. Pertambangan Bumi Indonesia memiliki wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) 5.923 Ha yang berlokasi di Desa Polora Indah, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Dalam melakukan aktivitas penambangannya, PT. Pertambangan Bumi Indonesia menerapkan sistem tambang blok mining dan dipadukan dengan selektivmining.

Proses penambangan dapat mencapai tujuan apabila dirancang suatu sequence penambangan untuk ditambang secara optimal. Sequence penambangan merupakan bentuk-bentuk penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu pit akan ditambang dari tahap awal hingga tahap akhir rancangan tambang. Sequence sering disebut juga sebagai *pushback, expansions, phase, working pit, slice*, ataupun *stage*, yang merupakan tahapan awal perencanaan tambang dengan membagi pit menjadi satuan yang lebih kecil dengan tujuan untuk mempermudah pengaturan penambangan. Rancangan sequence merupakan faktor penting dalam suatu kegiatan penambangan, terutama untuk memberikan informasi mengenai hal-hal terkait dengan rencana kemajuan tambang pada suatu periode waktu tertentu.

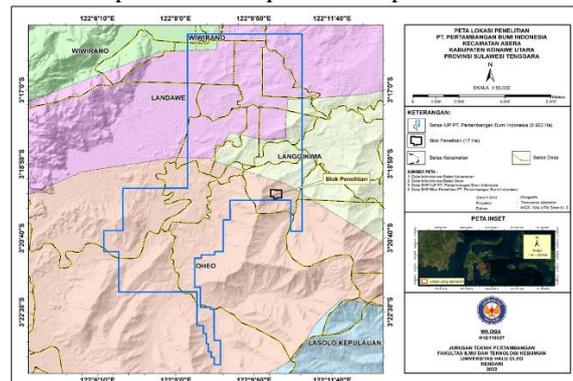
Perseroan Terbatas Pertambangan Bumi Indonesia berencana akan melakukan kegiatan penambangan pada Pit 3 dengan luas area 10,64 Ha atau 10.6400 m<sup>2</sup> dengan permintaan kadar Ni  $\geq 1,8$  % dan Cut Off Grade Ni  $\geq 1,3$  %. Untuk memaksimalkan kegiatan penambangan, diperlukan perancangan yaitu desain Pit dan Sequence penambangan dalam memenuhi rencana target produksi bulanan sehingga dapat memudahkan proses penambangan dan memaksimalkan perolehan bijih yang ditambang. Berdasarkan permasalahan diatas perlu dilakukan penelitian mengenai “Rancangan Sequence Penambangan Bijih Nikel pada Pit 3 Blok MGE PT Pertambangan Bumi Indonesia desa Polora Indah Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara”.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan

dalam jangka waktu  $\pm 1$  bulan, dimulai dengan pengambilan dan pengumpulan data penelitian pada bulan Juli 2023 yang berlokasi di pit 3 blok MGE PT. Pertambangan Bumi Indonesia, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan sampel tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo untuk mendapatkan data bobot isi, sudut geser dalam dan nilai kohesi dari sampel tanah selama kurang lebih 5 hari, setelah itu melakukan pengolahan dan analisis data serta penyusunan hasil penelitian di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo sampai dengan bulan Juli 2023. Lokasi penelitian berada pada wilayah administratif Desa Polora Indah, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Akses menuju perusahaan dapat ditempuh melalui jalur darat menggunakan kendaraan roda empat dan roda dua yang berjarak  $\pm 133$  Kilometer dari kota Kendari (Ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara) dengan waktu tempuh  $\pm 5$  Jam. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Peta Batas IUP penelitian

### 2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada Rancangan Teknis Sequence menggunakan penelitian kuantitatif. 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.

### 2.3 Instrumen Penelitian

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

**Tabel 1.** Alat dan bahan penelitian beserta

No	Instrumen penelitian	Kegunaan
1	ATK	Untuk mencatat data-data yang didapatkan

		di lapangan
2	Kamera	Untuk dokumentasi kegiatan di lapangan
3	<i>Shelby Tube</i>	Sebagai alat untuk mengambil sampel tanah
4	<i>Software Arcgis</i>	Untuk membuat peta penelitian
5	<i>Software Rockscience Slide</i>	Untuk menganalisa kestabilan lereng dalam penentuan geometri lereng yang akan digunakan
6	<i>Software Global Mapper</i>	Untuk pengolahan data topografi dan data <i>slope</i>
7	<i>Software Microsoft Excel</i>	Untuk pengolahan dan pembuatan rencana <i>sequence</i> penambangan
8	<i>Software NETPROMine 5.8</i>	Untuk membuat pemodelan geologi, desain <i>Pit</i> dan rancangan <i>sequence</i> penambangan
9	Laptop	Untuk membuat laporan

## 2.4 Prosedur Penelitian

Tahapan kegiatan pada penelitian ini terdiri dari tahap studi literatur, pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan dan analisis data. Berikut ini adalah tahapan kegiatan penelitian yang akan dilakukan.

### 1. Studi literatur

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mencari literatur yang akan menunjang kegiatan penelitian yang didapat dari buku-buku, jurnal dan penelitian terdahulu yang terkait dengan rancangan *Pit* dan *sequence* penambangan yang juga dijadikan sebagai dasar dan acuan dilakukannya penelitian ini.

### 2. Observasi lapangan

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan pengamatan langsung dilapangan pada daerah *Pit 3* Blok MGE serta melakukan wawancara dengan pegawai perusahaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui terkait kondisi topografi dan morfologi fokus area penelitian dan mendapatkan informasi yang menunjang kegiatan penelitian.

### 3. Pengumpulan data

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung pada daerah penelitian baik itu melalui pengukuran maupun pengamatan. Data primer penelitian yaitu Data sampel tanah (kohesi, bobot isi, sudut geser dalam), Data Struktur, Data Litologi dan Data .Geomorfologi

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan dari sumber-sumber yang telah ada. Data sekunder dikumpulkan berdasarkan literatur dan berbagai referensi yang diperoleh dari pihak perusahaan atau laporan penelitian sebelumnya

yang berkaitan dengan masalah yang diangkat. Data yang dimaksud meliputi:

- 1) Data topografi
- 2) Data *drillhole*
- 3) Density material
- 4) Data *Cut off grade (CoG)*
- 5) Spesifikasi alat angkut
- 6) Target produksi
- 7) Economic Stripping ratio

## 4. Pengolahan data dan analisis data

Data-data yang telah dikumpulkan dilapangan, baik itu data primer maupun data sekunder selanjutnya digunakan untuk pengolahan dan analisis data guna mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Adapun *Software* yang digunakan dalam proses pengolahan dan analisis data ada adalah *Software NETPROMine 5.8*, *Software Arcgis*, *Software Rockscience Slide*, *Software Global Mapper*, dan *Software Microsoft Excel*.

Tahapan pengolahan dan analisa data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan pengujian sampel tanah pada laboratorium uji tanah untuk mendapatkan data kohesi, bobot isi dan sudut geser dalam. Kemudian data tersebut digunakan untuk menganalisa kestabilan lereng dalam penentuan geometri lereng yang akan digunakan dalam perancangan *Pit* dan *sequence* penambangan. Pengolahan dilakukan menggunakan Metode Fellenius dengan bantuan *Software Rockscience Slide*.
- 2) Membuat peta analisis karakteristik area penelitian (struktur, litologi dan geomorfologi) yang menunjang hasil pengamatan secara langsung pada area penelitian.
- 3) Mengolah data topografi daerah penelitian dan data *drillhole* menggunakan *Software NETPROMine 5.8* yang bertujuan untuk menampilkan kontur topografi, sebaran titik bor, dan *layer* geologi.
- 4) Melakukan analisis statistik dasar data *drillhole* menggunakan *Software NETPROMine 5.8* yang hasilnya digunakan sebagai acuan dalam pemilihan metode estimasi sumberdaya yang akan digunakan.
- 5) Membuat model blok dan interpretasi geometri endapan bahan galian menggunakan *Software NETPROMine 5.8* berdasarkan data *drillhole*.
- 6) Melakukan estimasi sumberdaya pada daerah penelitian menggunakan *Software NETPROMine 5.8* berdasarkan sebaran bijih dari model blok yang telah dibuat.

- 7) Membuat rancangan *Pit limit* penambangan menggunakan *Software NETPROMine* dengan mempertimbangkan parameter cut off grade, lebar ramp (jalan angkut dalam *Pit limit*), dan parameter geometri jenjang.
- 8) Melakukan perhitungan cadangan tertambang berdasarkan rancangan *Pit limit* menggunakan *Software NETPROMine 5.8* dan menghitung umur tambang berdasarkan jumlah cadangan tertambang yang diperoleh.
- 9) Membuat rancangan *sequence* penambangan menggunakan *Software NETPROMine 5.8* berdasarkan target produksi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kondisi Area Penelitian Pit 3 Blok MGE

##### 1. Kondisi Topografi dan Morfologi

Berdasarkan relief ketinggian pada daerah penambangan PT. Pertambangan Bumi Indonesia pada Pit 3 berada pada ketinggian yang relatif sedang dengan elevasi 310 mdpl hingga 210 mdpl

##### 2. Kondisi Kemiringan Lereng (*Slope*)

Kemiringan lereng (*slope*) adalah kenampakan permukaan alam yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian antar dua tempat. Kemiringan lereng menunjukkan besarnya sudut yang terbentuk dari perbedaan ketinggian sebuah bentang alam yang merupakan salah satu data penting yang digunakan dalam eksplorasi nikel laterit dimana pada daerah-daerah dengan kemiringan landai sampai agak curam merupakan tempat yang optimal terbentuknya nikel laterit karena pada daerah tersebut mengakibatkan air yang berada diatas permukaan akan bergerak perlahan sehingga mempunyai kesempatan penetrasi lebih dalam hingga kebawah permukaan melalui rekahan atau pori-pori batuan. Berdasarkan analisa kondisi kemiringan lereng dengan menggunakan data digital elevation model (DEM) kemiringan lereng (*slope*) pada area penelitian Pit 3 Blok MGE sebagian besar berada pada kemiringan datar hingga agak curam dengan persentase kemiringan 0%-25% dan ada sebagian kecil area dengan kemiringan curam dan sangat curam dengan persentase kemiringan 25%-45%.

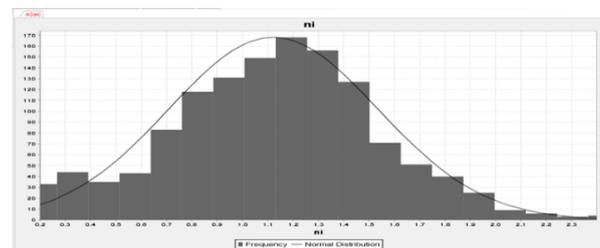
##### 2. Kondisi Litologi dan Struktur Geologi

Kondisi geologi merupakan salah satu faktor pembentukan endapan nikel laterit. Kondisi geologi juga sangat mempengaruhi kondisi endapan dan penyebaran bahan galian nikel laterit. Berdasarkan

analisa peta kondisi geologi yang diamati melalui Lembar Lasusua Kendari yakni area penelitian pada Pit 3 Blok MGE berada pada kompleks ultramafik dengan endapan bijih nikel atau ore pada lokasi penelitian bersifat heterogen atau sebaran tidak merata dengan litologi penyusun satuan ore limonit dan saprolit yang berada pada kompleks ultramafik yakni serpentinit dan peridotit dimana merupakan batuan pembawa nikel laterit yang baik. Kondisi geologi dianalisa secara terbatas hanya pada area Pit 3 Blok MGE. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan yang mengacu pada analisis peta geologi pada fokus area penelitian tidak dipengaruhi oleh adanya potensi struktur geologi dan termasuk kedalam geometri endapan sedang (moderat) ditinjau dari topografi area penelitian.

#### 3.2 Analisis Statistik Dasar

Analisis statistik dasar dilakukan untuk melihat sebaran data pada zona laterisasi. Berdasarkan hasil analisis statistik diharapkan diperoleh pola penyebaran suatu data kadar bijih nikel untuk setiap data bor. Analisis yang dilakukan berupa sebaran distribusi kadar, nilai kadar rata-rata, *variance*, standar *deviasi*, *coefficient of variation (CV)* dan *skewness* pada zona laterisasi. dapat dilihat pada **Gambar 6.** dan **Tabel 2.**



**Gambar 2.** Histogram Distribusi Ni Zona Laterisasi (*NETPROMine 5.8*)

**Tabel 2.** Analisis Statistik Dasar Ni Zona Laterisasi

Variabel	Ni
<i>Number of samples</i>	1297
<i>Minimum value</i>	0,020
<i>Maximun value</i>	2,490
<i>Mean</i>	1,120
<i>Median</i>	1,140
<i>Variance</i>	0,172
<i>Standard Deviation</i>	0,413
<i>Skewness</i>	-0,0161
<i>Coefficient of variation</i>	0,369

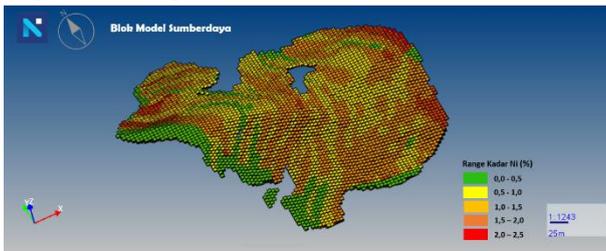
(Sumber: *Report Software NETPROMine 5.8*)

Hasil analisis statistik kadar Ni pada Pit 3 Blok MGE menunjukkan nilai minimum kadar Ni adalah 0,020 dan nilai maksimum nya adalah 2,490. Dengan nilai tengah nya 1,140 serta nilai *variance* nya 0,172. Adapun nilai standard deviation 0,413 dan nilai *coefficient of variation* nya adalah 0,369 serta nilai *skewness* nya -0,0161.

### 3.3 Blok Model Endapan

Blok model merupakan bagian dari pemodelan endapan nikel dilakukan dengan membuat blok-blok berdasarkan data hasil pengeboran. Pembuatan blok model dilakukan dengan bantuan software pemodelan *NetproMine*. Dalam pembuatan blok model endapan nikel diperlukan data hasil pengukuran di lapangan yang berupa data *assay*, *collar*, *geology*, dan *survey*. Data tersebut kemudian diolah menjadi database, dilanjutkan dengan *blok model*.

Blok model bertujuan untuk melakukan estimasi sumberdaya dan cadangan yang selanjutnya akan menjadi dasar dalam perancangan Sequence. Blok model dibuat dengan dimensi  $\frac{1}{2}$  jarak antar titik bor sehingga diperoleh dimensi blok nya adalah  $5 \times 5 \times 1$ . Blok model sumberdaya nikel laterit pada *Pit 3* Blok MGE dapat dilihat pada **Gambar 3**. berikut.



**Gambar 3.** Model Blok Sumberdaya (*NETPROMine 5.8*)

Berdasarkan gambar diatas sumberdaya dimodelkan dengan kadar Ni 0 hingga lebih besar dari 2,5%. Dari hasil pemodelan sumberdaya maka diperoleh volume sebesar 1.296.600,00 m<sup>3</sup> dengan nilai *density* material yang ditetapkan oleh PT. Pertambangan Bumi Indonesia untuk *OB* atau *Waste* adalah 1,5 ton/m<sup>3</sup> dan untuk *Ore* adalah 1,55 ton/m<sup>3</sup>, maka nilai tonase dari total sumberdaya tersebut adalah 2.009.730,00 ton. Rata-rata kadar Ni adalah 1,00%. secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 3**.

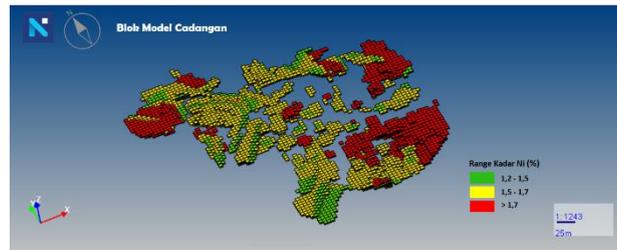
**Tabel 3.** Hasil Estimasi Sumberdaya Tertunjuk

Litology	Range Ni (%)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonase (Ton)	Ni (%)
Limonit	0,0 -> 0,5	56.500,00	87.575,00	0,18
	0,5 -> 1,0	209.625,00	324.918,75	0,83
	1,0 -> 1,5	403.000,00	624.650,00	1,21
	1,5 -> 2,0	85.875,00	133.106,25	1,66
	2,0 -> 2,5	4.300,00	6.665,00	2,09
	<b>Sub Total</b>		759.300,00	1.176.915,00
Saprolit	0,0 -> 0,5	94.650,00	146.707,50	0,26
	0,5 -> 1,0	222.550,00	344.952,50	0,77
	1,0 -> 1,5	184.275,00	285.626,25	1,21
	1,5 -> 2,0	35.000,00	54.250,00	1,65

	2,0 -> 2,5	825,00	1.278,75	2,10
<b>Sub Total</b>			537.300,00	832.815,00
<b>Grand Total</b>			1.296.600,00	2.009.730,00

(Sumber: *Report Software NETPROMine 5.8*)

Pemodelan dilanjutkan pada blok model *ore* dengan memberikan batas kadar rata-rata yang masih dapat ditambang (*cut off grade*) yang ditetapkan oleh PT. Pertambangan Bumi Indonesia yaitu 1,3%. Blok model *ore* pada *Pit 3* Blok MGE dapat dilihat pada **Gambar 4**. berikut.



**Gambar 4.** Model Blok Cadangan (*NETPROMine 5.8*)

Berdasarkan gambar di atas bentuk blok model cadangan nikel dengan batas *cut off grade* atau kadar terendah yang masih dapat ditambang yang digunakan oleh perusahaan yaitu  $Ni \geq 1,3\%$ . Jumlah volume *ore* yang diperoleh berdasarkan blok model *ore* adalah 378.450,00 m<sup>3</sup> dan tonase nya adalah 586.597,50 ton. Rata-rata Ni yang diperoleh adalah 1,52%. Hasil perhitungan pada blok model *ore* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan *Ore*

Material	Range Ni (%)	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonase (Ton)	Ni (%)
Ore	1,3 -> 1,5	203.550,00	315.502,50	1,38
	1,5 -> 1,7	112.775,00	174.801,25	1,58
	1,7 -> 3,0	62.125,00	96.293,75	1,86
	<b>Total Ore</b>		378.450,00	586.597,50

(Sumber: *Report Software NETPROMine 5.8*)

### 3.4 Analisis Geoteknik Untuk Kestabilan Lereng

Analisis geoteknik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam melakukan rancangan *Pit* dan *sequence* penambangan dimana dalam perancangannya perlu dilakukan analisis kestabilan lereng untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang optimal dan aman untuk digunakan. Pengambilan data geoteknik berupa sampel tanah dilakukan pada masing-masing litologi yang terdapat di area *Pit 3* Blok MGE PT. Pertambangan Bumi Indonesia. Setelah pengambilan sampel tanah yang dibutuhkan, maka sampel tersebut dibawa ke Laboratorium *Survey* dan Pengujian Bahan (Mekanika Tanah) Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo untuk dianalisis. Berdasarkan hasil uji laboratorium dari sampel tanah yang diambil di

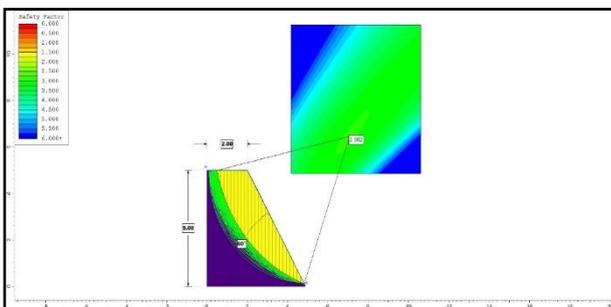
lapangan maka diperoleh nilai bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam yang dapat dilihat pada **Tabel 5.**

**Tabel 5.** Data Pengujian Sampel Tanah Pada Zona Laterisasi

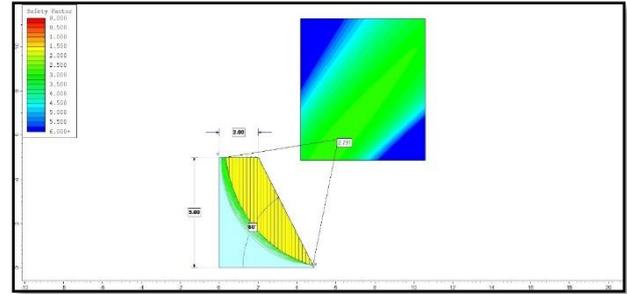
Zona	Pengujian	Hasil Lab	Satuan	Hasil Konversi	Satuan
Limonit	Bobot isi	1.265	gr/cm3	12.406	kN/m3
	Kohesi	0.151	kg/cm2	14.808	kN/m2
	Sudut geser	53.973	deg	53.973	deg
Saprolit	Bobot isi	1.155	gr/cm3	11.327	kN/m3
	Kohesi	0.181	kg/cm2	17.75	kN/m2
	Sudut geser	36.87	deg	36.87	deg

(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-RI/2018. Nilai faktor keamanan dikategorikan berdasarkan jenis lereng, yakni 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 mendapatkan rancangan geometri lereng seperti tinggi lereng, lebar lereng dan kemiringan lereng yang sesuai. Simulasi perhitungan faktor keamanan dilakukan pada masing-masing lapisan yaitu lapisan limonit dan lapisan saprolit ditambah dengan analisa kemungkinan jika terjadi kontak antar beberapa lapisan dalam satu lereng. **Gambar 5.** hingga **Gambar 6.**



**Gambar 5.** Analisa Faktor Keamanan Lereng Pada Zona Limonit (*Rockscience Slide*)



**Gambar 6.** Analisa Faktor Keamanan Lereng Pada Zona Saprolit (*Rockscience Slide*)

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Software rockscience slide* maka didapatkan nilai faktor keamanan (FK) dapat dilihat pada **Tabel 6.**

**Tabel 6.** Nilai Faktor Keamanan

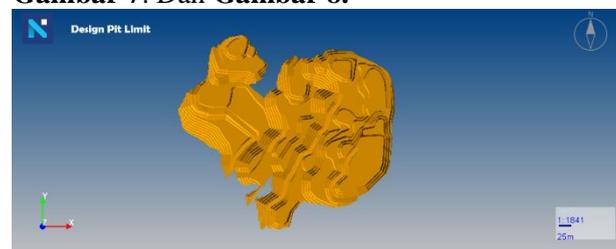
Zona ( <i>Layer Geologi</i> )	FK (Faktor Keamanan)
Limonit	2,982
Saprolit	2,791

(Sumber: Hasil Penelitian,2023)

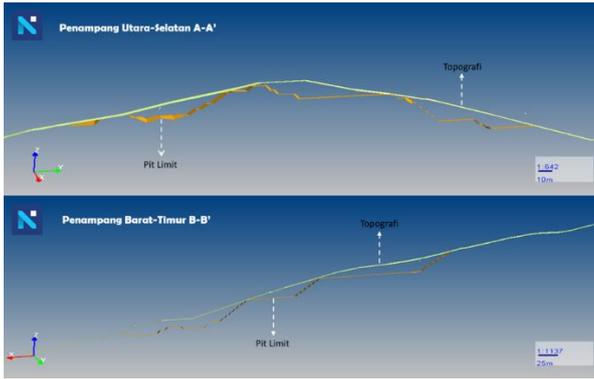
### 3.5 Rancangan *Pit* Limit

Berdasarkan hasil pengujian faktor keamanan (FK), maka dapat diketahui komponen geometri jenjang yang akan digunakan dalam rancangan *pit* pada *Pit 3* Blok MGE yaitu tinggi jenjang yaitu 5 meter, nilai jenjang penangkap (*catch bench*) 2 meter, sudut kemiringan jenjang 60°, serta ramp atau jalan angkut di dalam *pit* yaitu 9 meter.

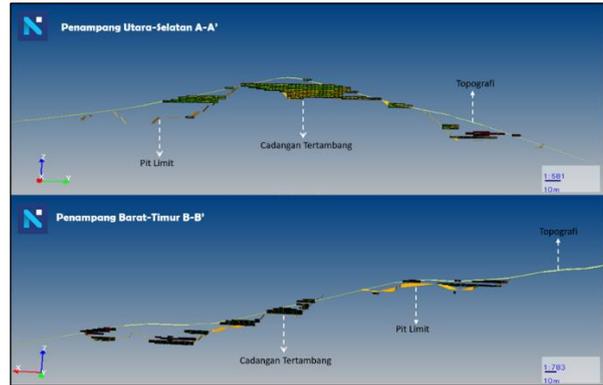
Pembuatan desain *pit* merupakan salah satu acuan dalam membuat perencanaan tambang untuk menentukan jumlah volume *pit* baik itu jumlah *ore* maupun jumlah *overburden*. Berdasarkan data komponen jenjang maka selanjutnya desain *pit* dikerjakan pada program *Software NetproMine*. Desain *pit limit* dan penampang *pit limit* pada *Pit 3* dengan elevasi tertinggi adalah 315 mdpl dan elevasi terendah adalah 187 mdpl. dapat dilihat pada **Gambar 7.** Dan **Gambar 8.**



**Gambar 7.** Rancangan *Pit* Limit Penambangan (*NETPROMine 5.8*)



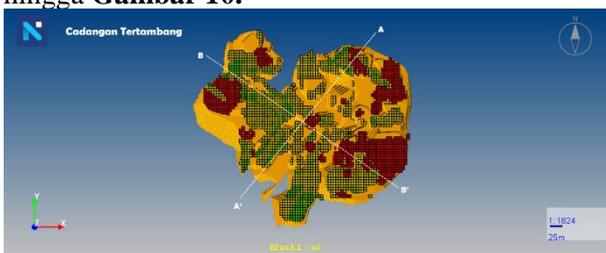
Gambar 8. Penampang Pit Limit Penambangan (NETPROMine 5.8)



Gambar 10. Penampang Pit Limit Cadangan Tertambang (Garis Cross section) (NETPROMine 5.8)

### 3.6 Cadangan Tertambang dan Umur Tambang (Mine Life)

Jumlah cadangan berdasarkan blok model yang masuk dalam area *pit limit* yang telah di desain dengan nilai cut off grade oleh perusahaan sebesar 1,3 % Ni didapatkan volume total cadangan yaitu sebesar 378.450,00 m<sup>3</sup> dan jumlah tonase 586.597,50 ton. Lalu memasukkan parameter *mining recovery* 90% didapatkan total cadangan tertambang 527.937,75 ton, didapatkan nilai stripping ratio pada *Pit 3* yaitu sebesar 2, 89 :1. Untuk mengetahui berapa lama suatu kegiatan penambangan berlangsung dan mengetahui berapa lama waktu produksi untuk satu *pit* dilakukan penentuan umur tambang pada *Pit 3*, untuk dapat menentukan umur tambang dapat dilakukan dengan cara membagi total cadangan dengan target produksi, dengan memasukkan parameter *mining recovery* (perolehan penambangan) untuk mengantisipasi material yang hilang (*loose material*) di lapangan ditetapkan dari perusahaan 90% didapatkan total cadangan tertambang sebesar 527.937,75 ton dengan target produksi sebesar 100.000 ton perbulan, maka diperkirakan umur tambang pada pada *Pit 3* PT. Pertambangan Bumi Indonesia akan berlangsung kurang lebih selama 5,27 bulan, berikut gambar *pit limit* cadangan tertambang Bersama penampangnya Gambar 9. hingga Gambar 10.



Gambar 9. Pit Limit Cadangan Tertambang (NETPROMine 5.8)

Perhitungan cadangan pada *Pit 3* dilakukan menggunakan metode *Invers Distance Weighting* pada *Software NetproMine*. Hasil perhitungan didapatkan jumlah cadangan dengan *Cut Off Grade* Ni 1,3% dengan *minning recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan 90% diperoleh 527.937,75 ton. Berdasarkan hasil cadangan 527.937,75 ton dapat dihitung umur tambang *Pit 3* dengan target produksi 100.000 ton/bulan sehingga diperoleh 5 bulan umur tambang (Lampiran 13). Jumlah cadangan dan umur tambang pada *Pit 3* Blok MGE dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7. Cadangan Tertambang

Material	Range Ni (%)	Volume (m3)	Tonase (Ton)
OB/Waste	<1,3	1.018.225,00	1.527.337,50
Ore	≥1,3	378.450,00	586.597,50
<b>Grand Total</b>		<b>1.396.675,00</b>	<b>2.113.935,00</b>
<b>Mining Recovery (90%)</b>		<b>340.605,00</b>	<b>527.937,75</b>
<b>Stripping Ratio</b>			<b>2.89</b>

(Sumber: Report Software NETPROMine 5.8)

### 3.7 .Sequence Penambangan

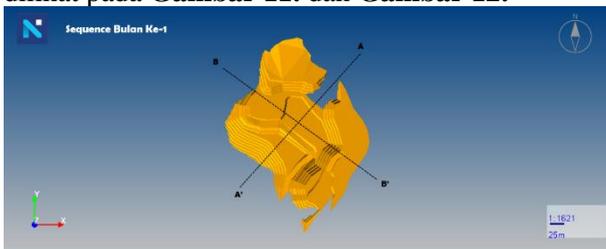
Rancangan *sequence* penambangan merupakan perancangan dalam menentukan arah, serta titik lokasi penambangan yang akan dilakukan dengan membagi lokasi penambangan secara umum menjadi bagian yang lebih kecil untuk mempermudah dalam mengatasi kegiatan penambangan dimana *sequence* akhir penambangan merupakan *pit limit* penambangan. Tujuan utama dari rancangan *sequence* penambangan adalah untuk memudahkan penambangan dengan menyederhanakan seluruh volume dan tonase yang ada dalam *overall pit* ke dalam unit-unit *pit* penambangan yang lebih kecil sehingga memudahkan penanganannya.

Adapun faktor yang mendasari dalam menentukan arah *sequence* penambangan antara lain keadaan morfologi pada lokasi tersebut dimana

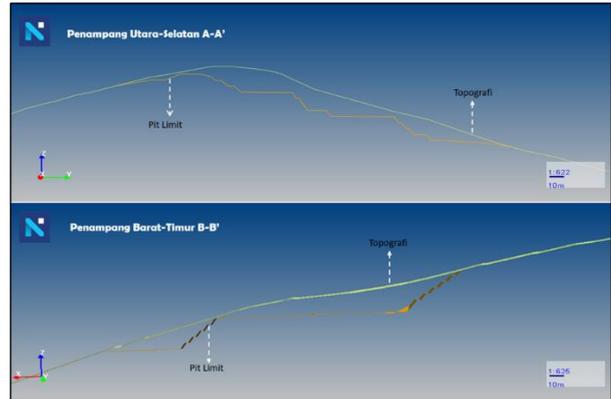
arah penambangan dimulai dari barat menuju timur (mengikuti keadaan topografi perbukitan dari level tertinggi sampai topografi dengan daerah level terendah) dengan menambang habis setiap sub blok yang telah ditetapkan sesuai rencana batasan area *sequence*. Perancangan *sequence* pada dirancang berdasarkan acuan dari jumlah target produksi bulanan yaitu 100.000,00 ton per bulan. Rancangan *sequence* tersebut diawali pada elevasi tertinggi 315 mdpl sampai elevasi terendah 187 mdpl. Area penambangan memiliki cadangan tertambang berdasarkan *pit limit* yang dibagi menjadi 5 tahapan (*sequence*) penambangan. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem level plan atau mengikuti level penggalian.

### 1. *Sequence* Penambangan Bulan Ke-1

Rancangan *sequence* 1 merupakan tahap awal dalam perencanaan *sequence* pada *Pit* 3. Perencanaan pada tahap ini dimulai dari elevasi 315 mdpl dan berakhir pada elevasi 257 mdpl. Tonase *overburden* yang diperoleh pada *Sequence* 1 adalah 466.725,00 ton dan tonase *ore* nya adalah 119.040,00 ton dengan *mining recovery* (perolehan tambang) 90%. Nilai tersebut diasumsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi *loose material* (material yang hilang) pada proses penambangan, dimana *mining recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90%. Sehingga tonase *ore* yang akan diperoleh pada saat produksi adalah 107.136,00 ton. Nilai *stripping ratio* pada *sequence* ini adalah 3,92 : 1 dengan rata-rata kadar Ni adalah 1,52%. Luas bukaan pada *sequence* ini adalah 4,49 Ha. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan pertama dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 11.** dan **Gambar 12.**



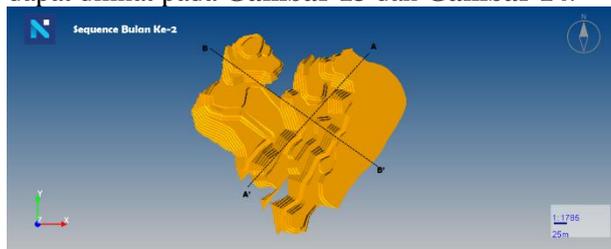
**Gambar 11.** Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-1 (NETPROMine 5.8)



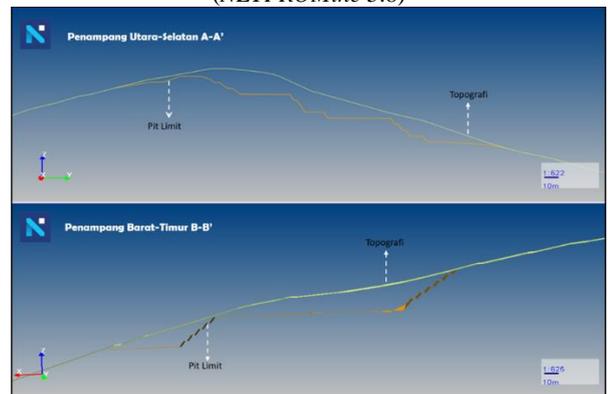
**Gambar 12.** Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan dan Barat-Timur (NETPROMine 5.8)

### 2. *Sequence* Penambangan Bulan Ke-2

Perancangan dilakukan pada bulan ke-2. Perencanaan pada tahap ini dimulai dari elevasi 257 mdpl dan berakhir pada elevasi 217 mdpl. Tonase *overburden* yang diperoleh pada *Sequence* 2 adalah 640.050,00 ton dan tonase *ore* nya adalah 128.882,50 ton dengan *mining recovery* (perolehan tambang) 90%. Nilai tersebut diasumsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi *loose material* (material yang hilang) pada proses penambangan, dimana *mining recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90%. Sehingga tonase *ore* yang akan diperoleh pada saat produksi adalah 115.994,25 ton. Nilai *stripping ratio* pada *sequence* ini adalah 4,97 : 1 dengan rata-rata kadar Ni adalah 1,40%. Luas bukaan pada *sequence* ini adalah 9,19 Ha. Gambar rancangan *Sequence* dan penampang dapat dilihat pada **Gambar 13** dan **Gambar 14.**



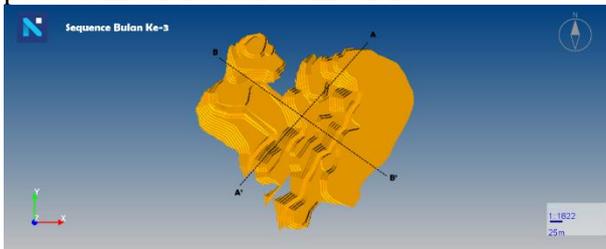
**Gambar 13.** Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-2 (NETPROMine 5.8)



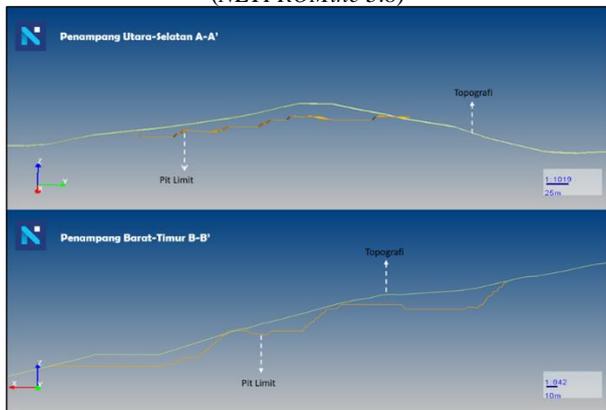
**Gambar 14.** Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan dan Barat-Timur (NETPROMine 5.8)

### 3. Sequence Penambangan Bulan Ke-3

Perancangan dilakukan pada bulan ke-3. Perencanaan pada tahap ini dimulai dari elevasi 217 mdpl dan berakhir pada elevasi 211 mdpl. Tonase *overburden* yang diperoleh pada *Sequence* 3 adalah 127.687,50 ton dan tonase *ore* nya adalah 105.710,00 ton dengan *mining recovery* (perolehan tambang) 90%. Nilai tersebut diasumsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi *loose material* (material yang hilang) pada proses penambangan, dimana *mining recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90%. Sehingga tonase *ore* yang akan diperoleh pada saat produksi adalah 95.139,00 ton. Nilai *stripping ratio* pada *sequence* ini adalah 1,21 : 1 dengan rata-rata kadar Ni adalah 1,53%. Luas bukaan pada *sequence* ini adalah 9,91 Ha. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan ketiga dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 15.** dan **Gambar 16.**



**Gambar 15.** Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-3 (NETPROMine 5.8)

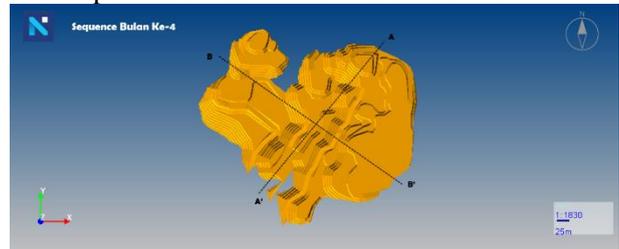


**Gambar 16.** Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan dan Barat-Timur (NETPROMine 5.8)

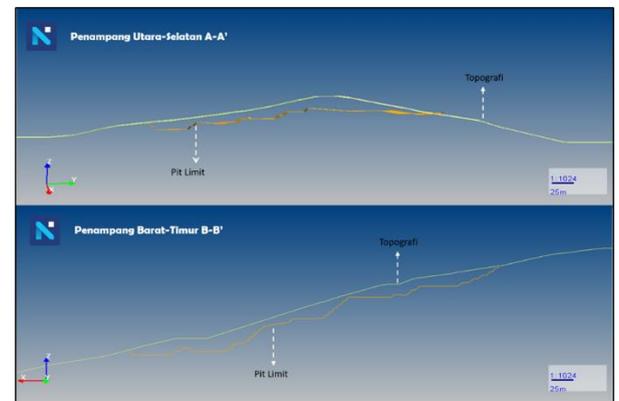
### 4. Sequence Penambangan Bulan Ke-4

Perancangan dilanjutkan pada bulan ke-4. Perencanaan pada tahap ini dimulai dari elevasi 211 mdpl dan berakhir pada elevasi 203 mdpl. Tonase *overburden* yang diperoleh pada *Sequence* 4 adalah 157.987,50 ton dan tonase *ore* nya adalah 116.676,25 ton dengan *mining recovery* (perolehan tambang) 90%. Nilai tersebut diasumsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi *loose material* (material yang hilang) pada proses penambangan, dimana *mining recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90%. Sehingga tonase *ore* yang

akan diperoleh pada saat produksi adalah 105.008,63 ton. Nilai *stripping ratio* pada *sequence* ini adalah 1,35 : 1 dengan rata-rata kadar Ni adalah 1,57%. Luas bukaan pada *sequence* ini adalah 10,63 Ha. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan ke empat dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 17.** dan **Gambar 18.**



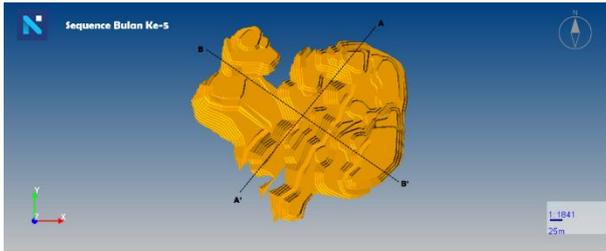
**Gambar 17.** Rancangan *Sequence* Penambangan Bulan Ke-4 (NETPROMine 5.8)



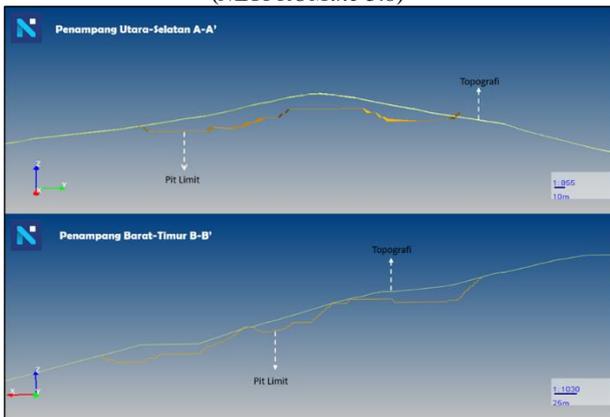
**Gambar 18.** Penampang (*Cross section*) Utara-Selatan dan Barat-Timur (NETPROMine 5.8)

### 5. Sequence Penambangan Bulan Ke-5

Perancangan dilanjutkan apada bulan ke-5. Perencanaan pada tahap ini dimulai dari elevasi 203 mdpl dan berakhir pada elevasi 187 mdpl. Tonase *overburden* yang diperoleh pada *Sequence* 5 adalah 134.887,50 ton dan tonase *ore* nya adalah 116.288,75 ton dengan *mining recovery* (perolehan tambang) 90%. Nilai tersebut diasumsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi *loose material* (material yang hilang) pada proses penambangan, dimana *mining recovery* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90%. Sehingga tonase *ore* yang akan diperoleh pada saat produksi adalah 104.659,88 ton. Nilai *stripping ratio* pada *sequence* ini adalah 1,16 : 1 dengan rata-rata kadar Ni adalah 1,58%. Luas bukaan pada *sequence* ini adalah 10,64 Ha. Hasil rancangan *sequence* penambangan bulan kelima dan penampang (*cross section*) dapat dilihat pada **Gambar 19.** dan **Gambar 20.**



Gambar 19. Rancangan Sequence Penambangan Bulan Ke-5 (NETPROMine 5.8)



Gambar 20. Penampang (Cross section) Utara-Selatan dan Barat-Timur (NETPROMine 5.8)

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang rancangan teknis desain pushback penambangan nikel laterit pada Pit 3 PT. Pertambangan Bumi Indonesia, berikut adalah kesimpulan dari hasil penelitian:

1. Rancangan *pit* penambangan pada Pit 3 Blok MGE PT. Pertambangan Bumi Indonesia berdasarkan pertimbangan teknis hasil uji faktor keamanan lereng dengan geometri tinggi jenjang maksimal sebesar 5 meter dan lebar jenjang minimal 2 meter dengan kemiringan 60°. Hasil estimasi cadangan tertambang berdasarkan desain *pit limit* diperoleh sebesar 527.937,75 ton dengan *minning recovery* 90% sehingga diperoleh tonase ore sebesar 586.597,50 ton. Kadar rata-rata Ni pada pit 3 adalah 1,52% serta tonase *overburden* sebesar 1.527.337,50 ton. Sehingga diketahui nilai *stripping ratio* yang dihasilkan adalah 2, 89 : 1.
2. Berdasarkan rancangan *pit limit* dan target produksi yang telah ditentukan, kegiatan penambangan pada Pit 3 dibagi menjadi 5 *Sequence* penambangan dengan mengasumsikan nilai *mining recovery* 90%. *Desain Sequence* dibuat berdasarkan elevasi.
  - Mine Sequence* ke-1 dengan jumlah tonase ore

107.136,00 ton dengan kadar rata-rata Ni adalah 1,52%, serta material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 466.725,00 ton sehingga nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan pertama adalah 3, 92 : 1.

- Mine Sequence* ke-2 dengan jumlah tonase ore 115.994,25 ton dengan kadar rata-rata Ni adalah 1,40%, serta material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 640.050,00 ton sehingga nilai *stripping ratio* pada *Sequence* bulan kedua adalah 4, 97 : 1.

- Mine Sequence* ke-3 dengan jumlah tonase ore 95.139,00 ton dengan kadar rata-rata Ni adalah 1,53%, serta material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 127.687,50 ton sehingga nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan pertama adalah 1, 21 : 1.

- Mine Sequence* ke-4 dengan jumlah tonase ore 105.008,63 ton dengan kadar rata-rata Ni adalah 1,57%, serta material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 157.987,50 ton sehingga nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan pertama adalah 1, 35 : 1.

- Mine Sequence* ke-5 dengan jumlah tonase ore 104.659,88 ton dengan kadar rata-rata Ni adalah 1,58%, serta material *overburden* yang akan dipindahkan sebesar 134.887,50 ton sehingga nilai *stripping ratio* pada *sequence* bulan pertama adalah 1, 16 : 1.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. Pertambangan Bumi Indonesia yang telah bersedia menjadi lokasi penelitian penulis serta banyak membantu selama proses penelitian berlangsung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprianti, E., Pujiastuti, H., Isfanari, I., dan Rahmawati, E. (2021). Faktor Keamanan Lereng Jalan Raya Pusuk Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Metode Fellenius Dan Bishop. *Spektrum Sipil*, 8(1), 55–62.
- [2] 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*,

- 120(10), 599–607.
- [3] 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*, 118(5), 515–530.
- [4] Bargawa, W. S. (2018). *Perencanaan Tambang Area Mitsubishi PT. Pama Persada Nusantara (Edisi Kedelapan)*. Kllau Book. Yogyakarta. ISBN: 978-623-7594-31-4..
- [5] Bullock, R. L., dan Mernitz, S. (2018). *Mineral Property Evaluation: Handbook for Feasibility Studies and Due Diligence*.
- [6] Drielsma, J. A., Russell-Vaccari, A. J., Drnek, T., Brady, T., Weihed, P., Mistry, M., dan Simbor, L. P. (2016). *Mineral resources in life cycle impact assessment—defining the path forward*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(1), 85–105.
- [7] Ersyad, F., Yulhendra, D., dan Prabowo, H. (2017). *Technical and Economical Study on Design Progress of Limestone Quarry Mining in April-August 2017 at Front III B-IV B Bukit Karang Putih PT. Semen Padang*. *Bina Tambang*, 3(3), 1185–1201.
- [8] Gadang, B., Village, U., Sub-district, L. K., Husaini, A. F., Guntoro, M. D., & Karang, I. U. P. (2018). *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 Mine Scheduling and Mine Sequence of Limestone Quarry In Iup 412 Ha at PT Semen PT Semen Padang , Sumberdaya Terukur Batu Gamping pada Bukit Tajarang IUP 412 Ha yaitu sebesar Landasan Teori Batu Gamping merupakan bagian dari batuan sedimen , yaitu Kandungan utama Batu Gamping adalah mineral kalsium karbonat mineral yang terkandung dalam kalsit sebesar 95 % , dolomit sebanyak Sumberdaya dan Cadangan Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari*.
- [9] Hustrulid, W., Kuchta, M., dan Martin, R. (2013). *Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition*.
- [10] Indrajaya, F., Natallia, A. L., dan Sukmawatie, N. (2020). *Perancangan Sequence Penambangan Batubara pada PT XYZ Provinsi Sumatera Selatan*. *Jurnal Geomine*, 7(3), 240.
- [11] Kurniadi, Adi. Rosana, Mega Fatimah. Yuningsih Euis Tintin. Luhur, P. H. (2018). *Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah*. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 02(03), 221–234.
- [12] Lintjewas, L., Setiawan, I., dan Kausar, A. Al. (2019). *Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara*. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 29(1), 91.
- [13] Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., dan Sompie, O. B. A. (2014). *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius*. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46.
- [14] 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*, 2(1), 71–78.
- [15] Prinandi, A. R. (2015). *Perancangan (Design) Pit Ef pada Penambangan Batubara di PT. Milagro Indonesia Mining Desa Sungai Merdeka, Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur*. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 102–103.
- [16] Putra, WaskitRijal, W., Mingsi Anaperta, Y., Pertambangan, J. T., Teknik, F., Padang, U. N., & Id, Y. C. (2020). *Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Batukapur Terhadap Produksi Di Area 242 Bukit Tajarang Pt. Semen Padang*. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1), 143–152.
- [17] Rinawan, F. I., Nugroho, H., dan Wibawa, R. R. (2014). *Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Potensi Laterit Nikel Studi Kasus: Pulau Pakal, Halmahera Timur, Maluku Utara*. *Itenas Rekayasa*, 18(1), 56–65.
- [18] Saleki, M., Kakaie, R., dan Ataei, M. (2019). *Mathematical relationship between ultimate pit limits generated by discounted and undiscounted block value maximization in open pit mining*. *Journal of Sustainable Mining*, 18(2), 94–99.
- [19] Tinambunan, D., Fahraini, F., dan Irvani. (2018). *Analisa Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Fellenius Secara Manual dan Software Slide Rocscience 6.0 (Studi Kasus : TB 1.42 Pemali PT Timah (Persero) Tbk) (Analysis Slope Stability Using Fellenius Method Manually And Software Slide Rocscience 6.0 in TB 1.42 Pemali PT Timah (Persero) Tbk)*. *Jurnal Mineral*, 3(1), 39–48.
- [20] Tinambunan, D., Fahraini, F., dan Irvani. (2018). *Analisa Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Fellenius Secara Manual dan Software Slide Rocscience 6.0 (Studi Kasus : TB 1.42 Pemali PT Timah (Persero) Tbk) (Analysis Slope Stability Using Fellenius Method*



Manually And Software Slide Rocscience 6.0 in TB 1.42 Pemali PT Timah (Persero) Tbk). Jurnal Mineral, 3(1), 39–48.

[21] Zainassolihin, A. ahmad. (2003). material dalam pit telah dilakukan, maka dapat dilakukan

perhitungan terhadap cadangan bijih (tonase dan grade) yang dapat dieksploitasi secara ekonomis. Sehingga, dengan rencana target produksi yang telah ditetapkan, maka lamanya umur tambang dapat dihit. 15–48