



RANCANGAN TEKNIS PENAMBANGAN DAN PENJADWALAN PRODUKSI JANGKA PENDEK PENAMBANGAN BIJIH NIKEL LATERIT PADA PT BOSOWA MINING SITE WAWOHEO KECAMATAN WIWIRANO KABUPATEN KONAWA UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Hamza¹, Firdaus², Marwan Zam Mili³, Erwin Anshari⁴

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo

Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231
hamzakabawo01@gmail.com

Intisari

Perseroan Terbatas (PT) Bosowa Mining merupakan salah satu perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang industri pertambangan komoditas nikel dengan luas wilayah izin usaha pertambangan (IUP) 1.500 Ha. Saat ini perusahaan tersebut berencana membuka lahan penambangan baru pada Pit A Blok ITB untuk mempertahankan produksi dan akan dijadwalkan ketika beberapa blok lainnya telah mencapai kategori *mineout*. Target produksi bijih nikel pada Pit A Blok ITB sebesar 70.000 ton/bulan dengan kriteria nilai *cut off grade* Ni >1,40% dan standar penjualan perusahaan adalah 1,60% Ni. Hal tersebut memerlukan rancangan teknis dan penjadwalan yang baik untuk dapat mencapai target produksi yang diinginkan. Rancangan penambangan dibuat berdasarkan optimasi bukaan tambang (*pit optimisation*) menggunakan bantuan perangkat lunak *Micromine 2021.5* dengan algoritma *Lerchs-Grossmann*. Berdasarkan hasil *pit optimasi* didapatkan *pit shell optimum* pada *pit shell* ke-enam. Rancangan penambangan dibuat berdasarkan *optimum pit shell* dengan geometri jenjang penambangan berupa tinggi jenjang 6 meter, lebar jenjang 2 meter, sudut lereng jenjang 60° dan lebar ramp 9 meter. Hasil analisis geoteknik geometri jenjang memenuhi standar faktor keamanan yang sesuai dengan nilai FK lereng tambang berdasarkan KepMen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM-RI/2018 untuk keadaan *single slope*, *inter-ramp* dan *overall slope*. Rancangan *pit limit* penambangan pada Pit A Blok ITB menghasilkan jumlah cadangan bijih nikel (*ore*) sebanyak 639.199 ton (1,62% Ni) dan *overburden/waste* sebanyak 985.625 ton dengan nilai *stripping ratio* 1,71 : 1. Umur tambang diperkirakan akan berlangsung selama ± 8 bulan. Rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 8 tahap yang dilakukan dengan sistem *level plan* atau mengikuti level penggalian dengan elevasi tertinggi 608 mdpl dan elevasi terendah 502 mdpl. Penjadwalan produksi jangka pendek dilakukan selaras dengan pembagian *sequence* penambangan. Penjadwalan produksi dijadwalkan akan dimulai pada bulan Januari sampai Agustus tahun 2024.

Kata Kunci : Bijih Nikel, *Pit Optimasi*, Rancangan Tambang, Faktor Keamanan, Penjadwalan Jangka Pendek.

Abstract

Limited Liability Company (Ltd.) Bosowa Mining is one of the national private companies operating in the field of nickel commodity mining industry with an area of permission of mining enterprise (IUP) 1,500 Ha. Currently the company plans to open a new mining land at Pit A Block ITB to maintain production and will be scheduled in an effort to meet the production target when several other blocks have reached the mineout category. The nickel ore production target at the Pit A ITB Block is 70,000 tons/month with the criterion of value cut off grade Ni >1.40% and the company's sales standard is 1.60% Ni. This requires good technical planning and scheduling to reach the desired production target. The mining design is based on pit optimisation using Micromine 2021.5 software with the Lerchs-Grossmann algorithm. Based on the optimized pit shell results, the optimum pit shells were obtained at the sixth pit shell. The mining plan is based on the optimal pit shells with mining geometry is 6 meters bench high, 2 meters berm width, 60° slope angle and 9 meters ramp width. The results of the geotechnical analysis meet the safety factor standard that corresponds to the value of the mining slope SF according to KepMen ESDM No. 1827 K/30/MEM-RI/2018 for single slope, inter-ramp and overall slope conditions. The mining pit limit scheme at Pit A ITB Block produced a total of nickel ore reserves of 639,199 tonnes (1.62% Ni) and overburden/waste of 985,625 tonnes with a stripping ratio of 1.71 : 1. The mine's life is expected ±8 months. The mining sequence design is divided into eight stages that are carried out with a level plan system or follow the level of excavation with the highest elevation of 608 mdpl and the lowest 502 mdpl. Short-term production scheduling is carried out in line with mining sequence division. Production schedules are scheduled to start in January to August 2024.

Keywords: Nickel Ore, Pit Optimization, Mine Design, Safety Factor, Short Term Scheduling.

1. PENDAHULUAN

PT. Bosowa Mining telah melakukan kegiatan eksplorasi pada salah satu blok pada wilayah IUP, yaitu Blok ITB. Dari hasil eksplorasi yang telah dilakukan, Blok ITB menunjukkan adanya potensi sumberdaya nikel yang menguntungkan untuk dilanjutkan pada kegiatan penambangan. Oleh karena itu, perusahaan berencana membuka lahan penambangan baru pada *Pit A* Blok ITB untuk mempertahankan produksi dan akan dijadwalkan ketika beberapa blok lainnya telah mencapai kategori *mineout*. Target produksi bijih nikel untuk *Pit A* Blok ITB sebesar 70.000 ton/bulan dengan kriteria nilai *cut off grade* Ni >1,40% dan standar penjualan perusahaan adalah 1,60% Ni. Saat ini, perusahaan belum memiliki rancangan teknis penambangan dan penjadwalan produksi pada *Pit A* Blok ITB untuk memenuhi target produksi perbulannya.

Penelitian ini difokuskan pada penentuan rancangan teknis penambangan pada *Pit A* Blok ITB yang sesuai dengan kondisi dilapangan dan penjadwalan produksi jangka pendek (*short-term scheduling*), yang selanjutnya diharapkan dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan di perusahaan. Hal tersebut dilakukan agar kegiatan penambangan dapat terlaksana dengan baik dan benar, sehingga target produksi bijih nikel dapat tercapai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Tambang

Perencanaan tambang adalah urutan kegiatan yang harus dilaksanakan untuk pencapaian tujuan dan sasaran dari pertambangan. Kegiatan perencanaan mulai dari estimasi sumberdaya, estimasi cadangan, studi kelayakan, perancangan hingga kajian ekonomi dan lingkungan tambang [10].

Aspek perencanaan tambang berhubungan dengan waktu, dan tidak berkaitan dengan masalah geometri, misalnya perhitungan kebutuhan alat dan tenaga kerja, perkiraan biaya kapital dan biaya operasi. Sedangkan perancangan tambang meliputi perancangan batas akhir penambangan (*ultimate pit limit*), tahapan penambangan (*pushback*), urutan penambangan tahunan atau bulanan, penjadwalan produksi dan perancangan *waste dump* [2].

2.2 Geoteknik Tambang Terbuka

Aktivitas penambangan mineral dan batubara di ruang terbuka yang berupa penggalian dan penimbunan akan selalu menghadapi permasalahan kestabilan lereng. Analisis kestabilan lereng perlu dilakukan untuk mencegah bahaya longsor di

waktu yang akan datang karena hal ini menyangkut keselamatan kerja, keamanan peralatan dan benda-benda lainnya, serta keberlangsungan produksi. Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*). Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsor di waktu yang akan datang [1].

Mengacu pada Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.1827 K/30/MEM/2018, tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, maka nilai faktor keamanan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) yang dapat diterima jika nilai faktor keamanan (FK) dinamis, yaitu minimal 1,1 [7].

Dalam praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Bila tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu, cara yang lebih cocok adalah dengan metode irisan (*method of slice*). Analisis stabilitas lereng dengan cara *Fellenius* (1972) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor [4].

2.3 Optimasi Bukaian Tambang (*Pit Optimization*)

Tujuan dari proses *optimasi pit* adalah untuk menentukan *pit* yang optimal. *Pit* yang optimal memberikan nilai sekarang bersih setinggi mungkin, dengan mempertimbangkan semua kendala penjadwalan operasional (produktivitas penambangan dan pemrosesan tahunan), diskon dan biaya modal berulang. Optimasi *pit* menggunakan algoritma *Lerchs-Grossmann* merupakan teknik pengoptimalan standar industri yang digunakan dalam penambangan dan eksplorasi [3].

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 4726:2019, tentang Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya dan Cadangan Mineral, batas *pit* ekonomis dari sebuah tambang terbuka atau batas blok penambangan ekonomis dari sebuah tambang terbuka harus ditentukan melalui proses optimisasi, berdasarkan semua asumsi/parameter teknis dan ekonomi yang sebelumnya telah ditentukan [9].

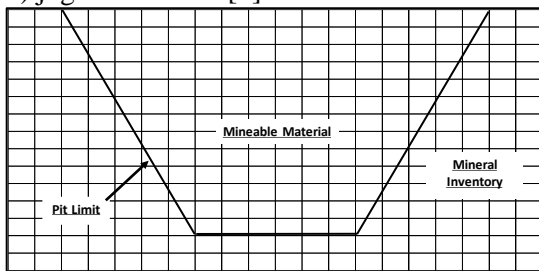
2.4 Rancangan Penambangan

Untuk mengusahakan bahan galian dapat diproduksi maka harus ada perancangan desain tambang sesuai dengan kondisi topografi dan karakteristik endapan bahan galian. Dengan adanya desain tambang maka target produksi dan umur tambang dapat ditentukan. Aspek yang

mempengaruhi perancangan desain tambang adalah topografi, jenis dan model geologi bahan galian, target produksi, rekomendasi geoteknik, batas IUP, alat yang dimiliki, jenis batuan penutup, kondisi iklim dan status kepemilikan lahan [8].

2.5 Batas Penambangan (*Pit Limit*)

Langkah pertama dalam perencanaan jangka panjang atau jangka pendek, batas lubang terbuka harus ditentukan terlebih. Batas tersebut menentukan jumlah bijih yang dapat ditambang, kandungan logam, dan jumlah limbah terkait yang akan dipindahkan selama umur operasi. Ukuran, geometri, dan lokasi lubang akhir (*ultimate pit limit*) penting dalam perencanaan area *tailing*, tempat pembuangan limbah, jalan akses, pabrik pemusatan, dan semua fasilitas permukaan lainnya. Pengetahuan yang didapat dari merancang lubang akhir (*ultimate pit limit*) juga membantu [6].



Gambar 1. *Pit Limit* pada Superposisi Mineral [5]

2.6 Umur Tambang (*Life Of Mine*)

Umur tambang (*life of mine*) adalah waktu yang dihitung dari jumlah cadangan dibagi dengan produksi tambang per tahun. Umur tambang sangat dipengaruhi oleh jumlah total cadangan ekonomis dan permintaan pasar atau pemasaran [8].

Perhitungan umur tambang dapat dirumuskan menggunakan persamaan (1) berikut [5].

$$\text{Umur Tambang} = \frac{\text{Jumlah Cadangan Bijih (ton)}}{\text{Target Proksi Bijih} \left(\frac{\text{ton}}{\text{tahun}}\right)} \quad (1)$$

2.7 Tahapan (*Sequence*) Penambangan

Sekuens penambangan atau *sequences*, *expansion*, *phases*, *working pit*, *slices* ataupun *stage* adalah tahapan awal dalam perencanaan tambang dimana dilakukan pembagian *pit* menjadi unit yang lebih kecil dengan tujuan untuk mempermudah pengaturan penambangan. Konsep dasar pentahapan penambangan dimulai dari hasil penjadwalan produksi kemudian membuat blok penambangan. Blok penambangan disesuaikan dengan dimensi lebar alat yang direncanakan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan *sequence* penambangan berdasarkan volume produksi penambangan. Pada tahap ini menjelaskan tahapan kegiatan

penambangan, umur tambang, sekuens penambangan pertahun dilengkapi peta layout penambangan dan rencana produksi (bijih, overburden, topsoil), luasan lahan terganggu, rencana peledakan dan kebutuhan bahan peledak, rencana pengangkutan material (jarak hauling, geometri jalan dan tanggul pengaman) pertahun [10].

2.8 Penjadwalan Tambang (*Mine Scheduling*)

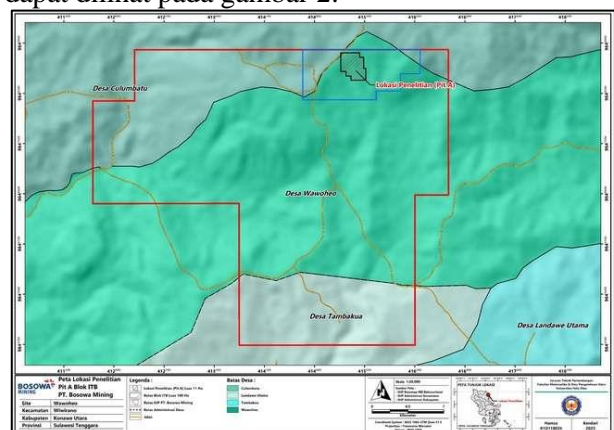
Penjadwalan penambangan adalah pembagian produksi tambang dinyatakan dalam periode waktu yang ditentukan. Perencanaan tambang/produksi adalah membagi rancangan tambang kedalam bentuk yang lebih kecil berdasarkan skala waktu tertentu sehingga memudahkan dalam pengaturan operasional. Penjadwalan produksi penambangan pada dasarnya mengikuti target produksi dan disesuaikan dengan rencana jam kerja efektif [10].

Penjadwalan produksi tambang bijih dinyatakan dalam periode waktu tertentu yang meliputi data tonase bijih dan waste, kadar dan pemindahan material total dari tambang tersebut. Selama proses penjadwalan, evaluasi dilakukan terhadap tingkat produksi bijih, jadwal pengupasan tanah penutup, strategi kadar batas (*cut off grade*) [2].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam kurun waktu ± 2 bulan. Lokasi penelitian berada pada wilayah administratif Desa Wawoheo, Kecamatan Wiwirano, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian berfokus pada *Pit A* Blok ITB PT. Bosowa Mining. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan berbagai sarana transportasi yang ada yakni dengan lewat jalur darat dengan menggunakan roda dua atau roda empat. Lokasi penelitian ditempuh menggunakan roda empat dari pusat Kota

Kendari (Ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara) menuju Kecamatan Wiwirano, Kabupaten Konawe Utara dengan jarak ± 204 Km ke arah utara melalui jalan poros lintas Sulawesi dengan waktu tempuh perjalanan ± 4 jam 30 menit. Selanjutnya perjalanan dilanjutkan dari Kecamatan Wiwirano menuju *site* Wawoheo PT. Bosowa Mining dengan jarak ± 12 Km dengan waktu tempuh perjalanan ± 1 jam.

3.2 Jenis Penelitian

Secara umum penelitian mengenai rancangan teknis penambangan dan penjadwalan produksi jangka pendek menggunakan metode atau jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Penelitian metode menggunakan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga keduanya didapat pendekatan untuk penyelesaian masalah.

3.3 Instrumen Penelitian

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

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian Beserta Kegunaannya

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat tulis	Untuk mencatat data-data pada saat melakukan penelitian
2	Kamera	Untuk dokumentasi kegiatan lapangan
3	Tabung besi dan palu	Untuk mengambil sampel tanah
4	Timbangan dan cetakan benda uji	Untuk menentukan sifat fisik tanah berupa bobot isi tanah (γ)
5	Peralatan <i>direct shear test</i>	Untuk menentukan sifat mekanik tanah berupa nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ)
6	<i>Software Rockscience Slide</i>	Untuk membuat model geometri lereng penambangan
7	<i>Software Micromine 2021.5</i>	Untuk membuat desain <i>pit</i> dan <i>sequence</i> penambangan
8	<i>Software ArcGis</i>	Untuk membuat peta dan layout desain <i>pit</i> , rancangan dan <i>sequence</i> penambangan
9	<i>Microsoft Office 2016</i>	Untuk pengolahan data dan merencanakan penjadwalan produksi penambangan bijih nikel
10	Laptop	Untuk membuat laporan

3.4 Prosedur Penelitian

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

Studi literatur merupakan bagian dari kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan, mempelajari dan membaca berbagai sumber pustaka yang mendukung secara langsung dan berkaitan dengan rancangan teknis penambangan dan penjadwalan produksi.

3. Pengamatan Lapangan

Pada tahap ini yang dilakukan adalah melakukan pengamatan mengenai kondisi topografi, morfologi daerah penelitian dan melakukan pengamatan berbagai kegiatan yang terkait.

4. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer yang diambil langsung dari lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan.

Pengumpulan data primer berupa Pengambilan data geoteknik berupa sampel tanah. Sampel tanah tersebut kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan data berupa bobot isi (γ) kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Pengumpulan data sekunder yang dari Perusahaan berupa data *block model* sumberdaya *Pit A Blok ITB*, data topografi *update*, model geologi endapan nikel laterit, data *density* material *overburden* dan bijih nikel, target produksi bijih nikel, data *Cut off Grade (COG)*, data parameter ekonomis *pit* optimasi, *economic stripping ratio*, dan spesifikasi peralatan mekanis.

5. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini :

- 1) Membuat beberapa jenis peta karakteristik daerah *Pit A Blok ITB* menggunakan *software ArcGis*
- 2) Mengolah data primer yaitu sampel tanah untuk memperoleh data geoteknik berupa data bobot isi (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ)
- 3) Menentukan geometri lereng penambangan dan lebar jalan angkut (*ramp*)
- 4) Menentukan beban distribusi (*distributed load*) dan beban kegempaan (*seismic load*)
- 5) Membuat model geometri lereng penambangan untuk *single slope*, *inter-ramp* dan *overall slope*. Kemudian menghitung Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran dengan acuan Kepmen ESDM 1827 K/30/MEM-RI untuk keadaan statis dan dinamis menggunakan bantuan *software Rockscience Slide*.
- 6) Melakukan validasi terhadap blok model sumberdaya dengan data topografi dan model geologi endapan nikel laterit.

- 7) Melakukan pengerjaan *pit* optimasi menggunakan algoritma *Leuchs-Grossmann* dan dengan bantuan *software Micromine 2021.5*.
- 8) Membuat rancangan *pit limit* penambangan menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* dengan acuan *optimum pit shell*.
- 9) Menentukan jumlah cadangan berdasarkan desain *pit limit* penambangan.
- 10) Menghitung umur tambang (*mine life*)
- 11) Membuat rancangan tahapan (*sequence*) penambangan menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* berdasarkan rancangan *pit limit*.
- 12) Membuat penjadwalan produksi jangka pendek untuk pengupasan overburden dan penggalian bijih nikel berdasarkan rancangan *sequence* penambangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Daerah Penelitian

Penentuan teknik pengambilan endapan bahan galian bijih nikel bergantung pada kondisi morfologi, kondisi topografi, kondisi litologi, struktur geologi, muka air tanah, situasi lahan dan sebagainya.

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lereng sesuai dengan klasifikasi Van Zuidam (1985), daerah penelitian memiliki kondisi kelerengan yang dibagi menjadi 2 kelas yaitu kemiringan lereng miring dan kemiringan lereng agak curam. Kondisi morfografi pada area *Pit A* Blok ITB yang diamati pada daerah penelitian merupakan pedataran dan perbukitan yang memanjang dari arah utara-selatan.

Berdasarkan analisis data topografi, ketinggian daerah penelitian bervariasi mulai dari elevasi 602 mdpl – 550 mdpl. Pengamatan litologi yang dilakukan pada daerah penelitian berdasarkan peta geologi regional lembar Lasusua-Kendari (Simandjuntak dkk, 1983). Hasil analisa menunjukkan bahwa penyusun batuan yang terdapat pada daerah penelitian yaitu berupa Formasi Kompleks Ultramafik (Ku). Kompleks Ultramafik merupakan sumber pembentukan endapan laterit nikel yang cukup baik yang terdiri atas peridotit, harzburgit, dunit, gabro dan serpentin.

Analisa struktur geologi pada lokasi penelitian dilakukan dengan cara membuat garis-garis *lineament* (kelurusan geologi). Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa pada *Pit A* Blok ITB tidak terdapat adanya potensi struktur. Sedangkan dari hasil eksplorasi yang telah dilakukan di area penelitian, pada *Pit A* Blok ITB tidak ditemukan adanya muka air tanah dari hasil titik bor terdalam.

Tutupan lahan pada *Pit A* Blok ITB Tbk

merupakan lahan yang belum terganggu aktivitas penambangan dimana masih terisi oleh tutupan berupa hutan dan semak belukar. *Pit A* Blok ITB didominasi oleh tutupan lahan berupa hutan yang telah dilakukan eksplorasi, selain itu lokasi *Pit A* Blok ITB ini terletak cukup jauh dari lahan bukaan tambang pada salah satu blok PT. Bosowa Mining.

4.2 Analisis Geoteknik Untuk Kestabilan Lereng

Pengambilan data geoteknik berupa sampel tanah dilakukan pada masing-masing litologi yang terdapat di sekitar area *Pit A* Blok ITB. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada areal pit penambangan yang sudah terbuka dan terletak tidak jauh dari lokasi *Pit A* Blok ITB dengan syarat urutan penyusun zona bawah permukaan yang masih sama.

Perhitungan komponen dasar geometri jenjang terdiri dari perhitungan tinggi jenjang (*bench*), lebar jenjang (*berm*), *single slope* dan *overall slope angle*. Berdasarkan hasil perhitungan geometri jenjang penambangan, diperoleh tinggi jenjang 6 m, lebar jenjang penangkap yaitu 2 m dan nilai sudut *single slope* untuk geometri lereng adalah 60°.

Faktor keamanan lereng dianalisa dengan menggunakan hasil analisa laboratorium berupa nilai sifat fisik dan sifat mekanik tanah untuk mendapatkan nilai kritis longsor yang kemungkinan terjadi di *Pit A* Blok ITB. Sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah tersebut berupa data bobot isi tanah (γ) kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah

No.	Material	Bobot Isi (kN/m ³)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (°)
1.	Limonit	14,798	19,208	53,973
2.	Saprolit	14,504	15,484	52,696

Simulasi perhitungan faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran 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. Simulasi perhitungan faktor keamanan lereng penambangan dilakukan menggunakan bantuan *software Rockscience Slide*. Analisis faktor keamanan yang dilakukan berupa faktor keamanan statis dan faktor keamanan dinamis untuk lereng tunggal, inter-ramp dan lereng keseluruhan. Hasil analisis kestabilan lereng berupa perhitungan Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran geometri jenjang penambangan *Pit A* Blok ITB dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis Uji Faktor Keamanan Lereng

No.	Jenis Lereng	Zona	Faktor Keamanan
-----	--------------	------	-----------------

			Statis	Dinamis
1.	Single Slope	Liminit	2,81	1,37
		Saprolit	2,49	1,21
2.	Inter-ramp	Liminit	2,63	1,62
		Saprolit	2,45	1,51
3.	Overall Slope	Liminit dan Saprolit	2,33	1,47

Tabel 4. Hasil Analisis Probabilitas Kelongsoran Lereng

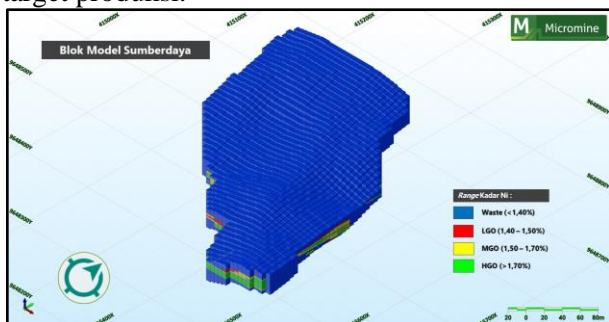
No.	Jenis Lereng	Zona	Probabilitas Kelongsoran (%)	
			Statis	Dinamis
1.	Single Slope	Liminit	0,00	6,80
		Saprolit	0,10	13,60
2.	Inter-ramp	Liminit	0,45	12,20
		Saprolit	0,68	17,13
3.	Overall Slope	Liminit dan Saprolit	2,10	19,10

Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4 Kondisi geometri geoemteri jenjang penambangan Pit A Blok ITB sudah memenuhi nilai faktor keamanan lereng tambang pada berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM-RI/2018.

4.3 Optimasi Bukaian Tambang (Pit Optimisation)

Proses optimasi bukaian tambang dilakukan untuk mendapatkan model bukaian akhir penambangan yang optimal. Model ini digunakan untuk menentukan batas akhir penambangan untuk pembuatan rancangan *sequence* penambangan pada Pit A Blok ITB. Optimasi tambang terbuka dilakukan berdasarkan algoritma *Lerchs-Grossmann*. Proses tersebut dibantu oleh perangkat lunak *Micromine 2021.5*. Lisensi yang digunakan adalah milik Universitas Halu Oleo dengan kode lisensi MM5951.

Data parameter inputan yang digunakan dalam proses optimasi bukaian tambang pada Pit A Blok ITB berupa model sumberdaya nikel laterit, baatasan area optimasi (data topografi, batas *pit*, batas blok dan batas IUP), data keekonomisan, mining recovery dan mining dilution, data rekomendasi geoteknik, dan target target produksi.



Gambar 3. Blok Model Sumberdaya Pit A Blok ITB

Hasil Estimasi sumberdaya nikel pada Pit A Blok ITB yaitu sebesar 149.414 ton nikel untuk *low grade ore* (LGO) dengan kadar rata-rata 1,44%, kemudian 289.863 ton nikel *medium grade ore*

(MGO) dengan kadar rata-rata 1,59% dan 204.551 ton nikel *high grade ore* (HGO) dengan kadar rata-rata 1,80%.

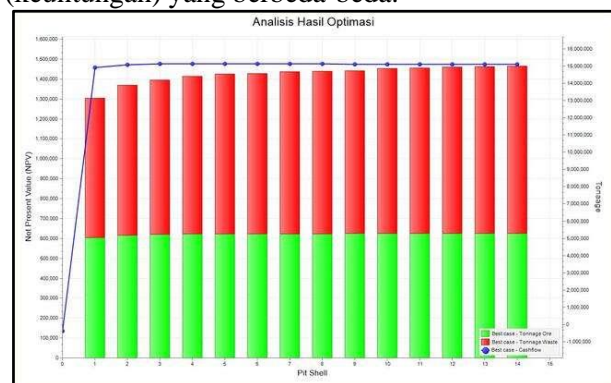
Data keekonomian meliputi biaya operasional penambangan, harga komoditas, biaya penjualan (termasuk royalti), *capital cost*, *capital expenses*, dan tingkat suku bunga (*discounted rate*).

Tabel 5. Data Parameter Ekonomis Pit Optimasi

Type	Parameter	Satuan	Nilai
Mining	Biaya Penambangan		
	- Ore	\$/ton	4,27
	- Overburden/Waste	\$/ton	3,00
Processing	Biaya Pemrosesan	\$/ton	1,50
	G and A Cost	\$/ton	0,10
Selling	Barging Cost	\$/ton	5,00
	Shipping (Pengapalan)	\$/ton	2,00
Pit	Initial Capital Cost	\$	386.617
Analysis	Expenses	\$/bulan	58.127
Parameter	Discounted Rate	%	8,00

Data keekonomian merupakan data sekunder yang bersumber dari data historis penambangan pada PT Bosowa Mining. Harga jual bijih nikel yang digunakan mengacu pada data Harga Patokan Mineral (HPM) Nikel bulan Juli 2023 oleh Asosiasi Penambang Nikel (APNI)

Hasil dari proses optimasi *pit* berupa sebuah seri *pit shell* yang memiliki informasi jumlah tonase untuk *ore* dan *waste*, nilai *revenue* (pendapatan), nilai *total cost* (biaya total), dan nilai *net value* (keuntungan) yang berbeda-beda.



Gambar 4. Grafik Hasil Optimasi Pit

Umumnya *pit shell* optimal dipilih berdasarkan nilai *Net Present Value* (NPV) terbesar. Pada penelitian ini pemilihan *pit shell* optimal didasarkan pada skenario *best case*, dengan asumsi penerapan skema skenario penambangan tersebut lebih mendekati realisasi di lapangan. Perolehan NPV tertinggi didapatkan pada pada *pit shell* 6 dengan NPV sebesar \$ \$15.138.381-. Asumsi optimis pada *pit shell* 6, apabila penambangan bisa dilakukan mendekati skenario *best case* maka NPV yang diperoleh berada pada titik tertingginya. Berdasarkan

pertimbangan tersebut maka *pit shell* ke-6 dipilih menjadi *pit shell* optimal.

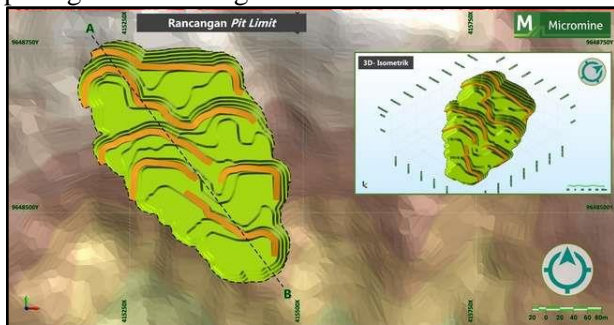
4.4 Rancangan Bukaan Tambang

Penentuan geometri jenjang penambangan didasarkan pada hasil analisis pengujian geoteknik. Komponen geometri jenjang yang digunakan untuk rancangan *pit limit* penambangan pada *Pit A* Blok ITB dapat dilihat pada tabel berikut.

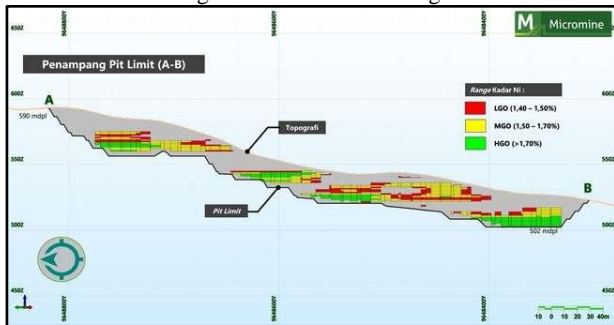
Tabel 6. Komponen Geometri Jenjang

No.	Komponen Geometri Jenjang	Nilai	Satuan
1.	Tinggi jenjang (<i>bench height</i>)	6	meter
2.	Lebar jenjang (<i>berm width</i>)	2	meter
3.	Lebar <i>ramp</i>	9	meter
4.	Sudut jenjang tunggal (<i>single slope</i>)	60	derajat

Pit limit merupakan batas akhir penambangan yang telah ditentukan, desain *pit limit* adalah kombinasi dari seluruh jenjang penambangan dengan mempertimbangkan faktor keekonomisan dari keterdapatannya suatu bijih (*ore*) yang masih dianggap ekonomis untuk dilakukan penambangan, selain itu suatu *pit limit* yang dibuat juga harus mempertimbangkan faktor keamanan dari satu jenjang ke jenjang berikutnya yang dianggap aman atau tidak terjadi longsor. Rancangan *pit limit* dirancang mengacu pada *optimum pit shell* yaitu *pit shell* ke-6 yang telah ditentukan sebelumnya sebagai batas akhir penambangan/ *ultimate pit limit* pada *Pit A* Blok ITB. Rancangan *pit limit* dan penampang hasil *cross section* pada *Pit A* Blok ITB dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Rancangan *Pit Limit* Penambangan *Pit A* Blok ITB

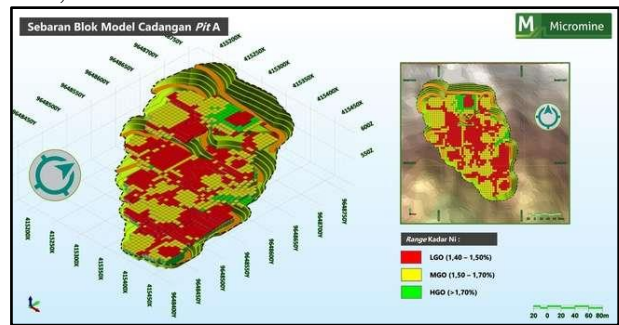


Gambar 7. *Cross-Section Pit Limit* Penambangan

Berdasarkan rancangan *pit limit* yang telah dibuat, arah penambangan akan dimulai dari arah

utara menuju arah selatan, luas area penambangan yang akan dibuka seluas 7,4 ha, dengan elevasi tertinggi berada pada ketinggian 608 mdpl dan elevasi terendah berada pada ketinggian 502 mdpl. Dari hasil analisis diketahui FK statis untuk lereng *pit limit* adalah senilai 3,68 dengan *probability of failure* sebesar 0,1%. Sedangkan FK dinamis untuk lereng *pit limit* adalah senilai 2,06 dengan *probability of failure* sebesar 5,1%.

Perubahan sumberdaya menjadi cadangan dilakukan dengan pertimbangan faktor pengubah berdasarkan Kode KCMi 2017. Faktor pengubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan dari hasil pengolahan data dan informasi yang bersumber dari perusahaan. Dimana dalam penaksirannya menghasilkan jumlah cadangan dengan *cut off grade* $\geq 1,4\%$ Ni sejumlah 426.133 m³ dan tonase 639.199 ton dengan nilai kadar rata-rata Ni 1,62%.



Gambar 8. Blok Model Cadangan *Pit A* Blok ITB

Jumlah cadangan yang dapat ditambang dengan memasukkan parameter *mining recovery* adalah sebesar 383.520 m³ dengan tonase sebesar 575.279 ton. Selain material *ore*, diketahui pula total volume material *overburden* (OB) dengan kategori *waste* (material yang tidak bernilai ekonomis) sebesar 616.016 m³ dengan tonase 985.625 ton. *Stripping ratio* diperoleh sebesar 1,71 : 1. Artinya dibutuhkan mengupas sebesar 1,71 ton *overburden* untuk mendapatkan 1 ton *ore*.

Tabel 7. Rincian Jumlah Cadangan pada *Pit A* Blok ITB

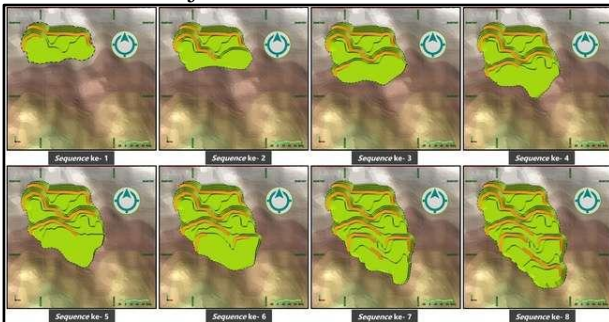
Material	Kelas Ore	Range Ni (%)	Volume (m ³)	Tonase (Ton)	Rata-Rata Ni (%)
Ore	LGO	1,40 – 1,50	99.023	148.535	1,44
	MGO	1,50 – 1,70	192.344	288.516	1,59
	HGO	$\geq 1,70$	134.766	202.148	1,80
Total Ore			426.133	639.199	1,62
OB/Waste			< 1,40	616.016	0,92
<i>Mining Recovery Ore</i> (90%)			383.520	575.279	1,62
<i>Stripping Ratio</i>					1,71

Target produksi bijih nikel untuk *Pit A* Blok ITB sebesar ± 70.000 ton untuk setiap bulannya. Untuk dapat menentukan umur tambang dapat dilakukan dengan cara membagi total cadangan dengan target produksi, maka diperkirakan umur tambang pada *Pit A* Blok ITB PT. Bosowa Mining akan berlangsung

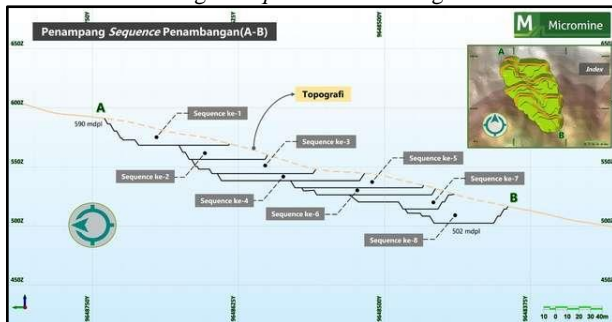
kurang lebih selama 8 bulan.

4.5 Rancangan Sequence Penambangan

Rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 8 tahap sesuai dengan umur tambang yang dilakukan dengan sistem *level plan* atau mengikuti level penggalian, dimana penambangan nantinya akan dimulai pada topografi dengan level tertinggi 608 mdpl sampai dengan topografi dengan level terendah 502 mdpl. Arah penambangan dimulai dari arah utara menuju ke arah selatan.



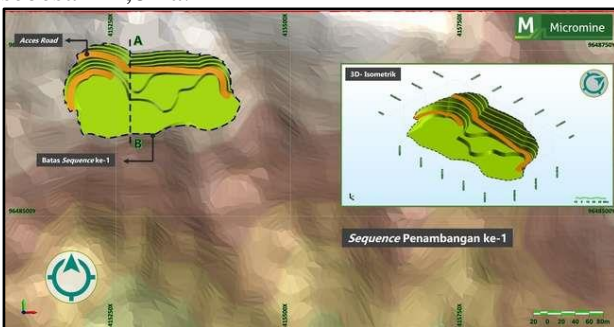
Gambar 9. Rancangan Sequence Penambangan Pit A Blok ITB



Gambar 10. Cross-Section Sequence Penambangan

1. Sequence Penambangan ke-1

Rancangan penambangan *sequence* ke-1 dimulai dari *request level* maksimum 608 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 567 mdpl. Luas bukaan penambangan pada *sequence* 1 ini yaitu sebesar $\pm 2,8$ ha.



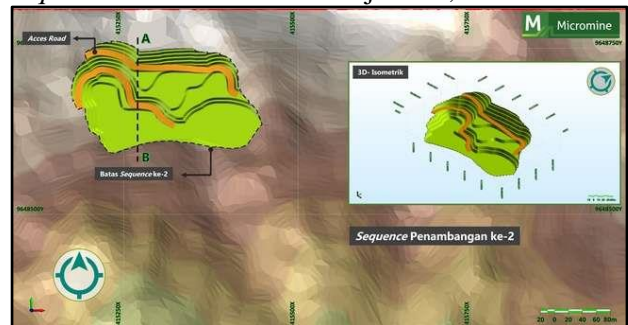
Gambar 11. Rancangan Sequence ke-1

Total cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan *sequence* penambangan ke-1 dengan memasukkan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 78.461 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,56%. Sementara itu, jumlah

volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 276.938 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 3,92 : 1. FK statis untuk lereng *sequence* penambangan ke-1 adalah 2,239 dengan *probability of failure* 1,9%. FK dinamis untuk lereng *sequence* penambangan ke-1 adalah 1,5 dengan *probability of failure* sebesar 12,4%.

2. Sequence Penambangan ke-2

Rancangan penambangan *sequence* ke-2 dimulai dari *request level* maksimum 567 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 556 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk *sequence* ke-2 adalah sebesar $\pm 0,6$ ha sehingga total bukaan sampai *sequence* ke-2 bertambah menjadi $\pm 3,4$ ha.



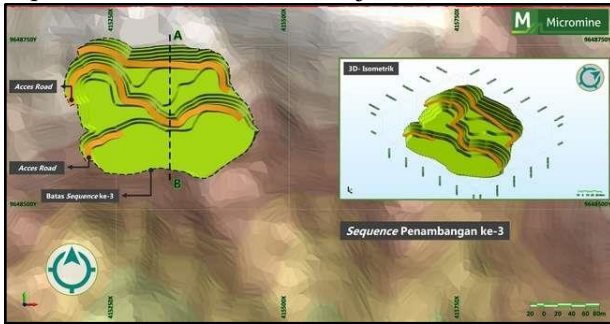
Gambar 12. Rancangan Sequence ke-2

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan *sequence* penambangan ke-2 dengan memasukkan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 77.879 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,61%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 137.125 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 1,61 : 1. statis untuk lereng *sequence* penambangan ke-2 adalah senilai 5,981 dengan *probability of failure* 0%. FK dinamis untuk lereng *sequence* penambangan ke-1 adalah senilai 2,754 dengan *probability of failure* 1,1%.

3. Sequence Penambangan ke-3

Rancangan penambangan *sequence* ke-3 dimulai dari *request level* maksimum 556 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 545 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk *sequence* ke-3 adalah sebesar $\pm 1,1$ ha sehingga total bukaan sampai

sequence ke-3 bertambah menjadi $\pm 4,5$ ha.

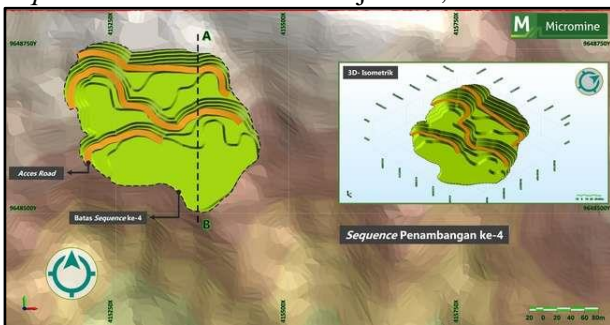


Gambar 13. Rancangan Sequence ke-3

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan sequence penambangan ke-3 dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 70.088 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,64%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 153.438 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 2,19 : 1. FK statis untuk lereng sequence penambangan ke-3 adalah 2,848 dengan *probability of failure* 0,2%. Sedangkan FK dinamis untuk lereng sequence penambangan ke-3 adalah 1,667 dengan *probability of failure* 9,7%.

4. Sequence Penambangan ke-4

Rancangan penambangan sequence ke-4 dimulai dari *request level* maksimum 545 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 540 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk sequence ke-4 adalah sebesar $\pm 0,6$ ha sehingga total bukaan sampai sequence ke-4 bertambah menjadi $\pm 5,1$ ha.



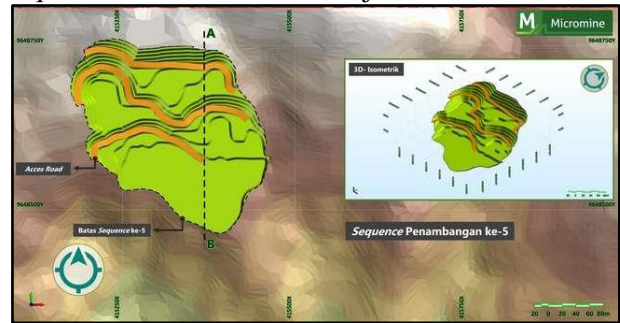
Gambar 14. Rancangan Sequence ke-4

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan sequence penambangan ke-4 dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 72.928 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,66%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 31.875 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 0,44 : 1. FK statis untuk lereng sequence penambangan ke-4 adalah 5,747 dengan *probability of failure* sebesar 0%. FK dinamis untuk lereng sequence penambangan ke-4

adalah 3,007 dengan *probability of failure* 0,1%.

5. Sequence Penambangan ke-5

Rancangan penambangan sequence ke-5 dimulai dari *request level* maksimum 540 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 530 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk sequence ke-5 adalah sebesar $\pm 0,7$ ha sehingga total bukaan sampai sequence ke-5 bertambah menjadi $\pm 5,8$ ha.

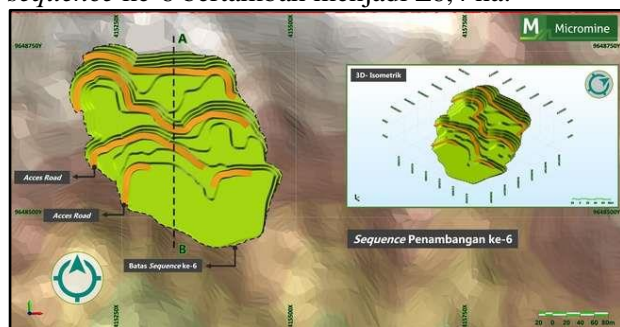


Gambar 15. Rancangan Sequence ke-5

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan sequence penambangan ke-5 dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 74.981 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,57%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 170.063 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 2,27 : 1. FK statis untuk lereng sequence penambangan ke-5 adalah 4,269 dengan *probability of failure* 0%. FK dinamis untuk lereng sequence penambangan ke-1 adalah 2,417 dengan *probability of failure* 0,8%.

6. Sequence Penambangan ke-6

Rancangan penambangan sequence ke-6 dimulai dari *request level* maksimum 530 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 524 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk sequence ke-6 adalah sebesar $\pm 0,6$ ha sehingga total bukaan sampai sequence ke-6 bertambah menjadi $\pm 6,4$ ha.



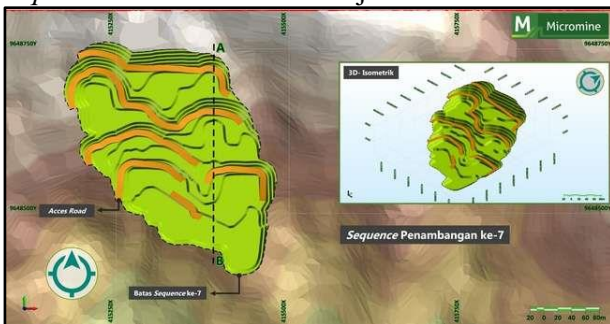
Gambar 16. Rancangan Sequence ke-6

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan sequence penambangan ke-6 dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 70.506 ton dengan kadar

rata-rata Ni sebesar 1,59%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 84.938 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 1,20 : 1. FK statis untuk lereng *sequence* penambangan ke-6 adalah 3,540 dengan *probability of failure* 0%. FK dinamis untuk lereng *sequence* penambangan ke-1 adalah 3,083 dengan *probability of failure* 1,5%.

7. Sequence Penambangan ke-7

Rancangan penambangan *sequence* ke-7 dimulai dari *request level* maksimum 524 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 515 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk *sequence* ke-7 adalah sebesar ±0,6 ha sehingga total bukaan sampai *sequence* ke-7 bertambah menjadi ±7 ha.



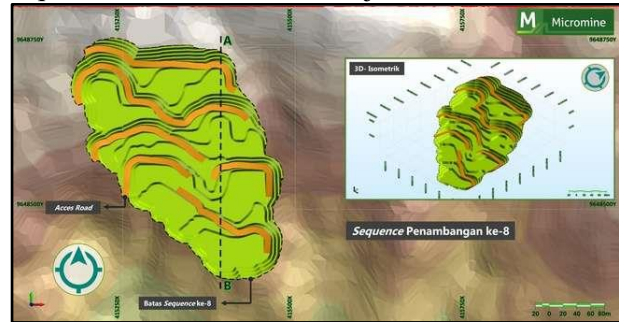
Gambar 17. Rancangan Sequence ke-7

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan *sequence* penambangan ke-7 dengan memasukkan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 71.139 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,60%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 104.938 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 1,48 : 1. FK statis untuk lereng *sequence* penambangan ke-7 adalah 3,419 dengan *probability of failure* 0%. FK dinamis untuk lereng *sequence* penambangan ke-7 adalah 1,939 dengan *probability of failure* 3,8%.

8. Sequence Penambangan ke-8

Rancangan penambangan *sequence* ke-8 dimulai dari *request level* maksimum 515 mdpl dan *request level* minimum pada ketinggian 502 mdpl. Luas bukaan penambangan untuk *sequence* ke-8 adalah sebesar ±0,4 ha sehingga total bukaan sampai

sequence ke-8 bertambah menjadi ±7,4 ha.



Gambar 18. Rancangan Sequence ke-8

Cadangan bijih nikel yang diperoleh berdasarkan rancangan *sequence* penambangan ke-8 dengan memasukkan parameter *mining recovery* 90% diperoleh tonase sebesar 74.932 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,75%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden/waste* yang akan dikupas adalah sebesar 26.313 ton dengan nilai *stripping ratio* sebesar 0,35 : 1. FK statis untuk lereng *sequence* penambangan ke-8 adalah 3,680 dengan *probability of failure* 0,1%. FK dinamis untuk lereng *sequence* penambangan ke-8 adalah 2,061 dengan *probability of failure* sebesar 5,1%.

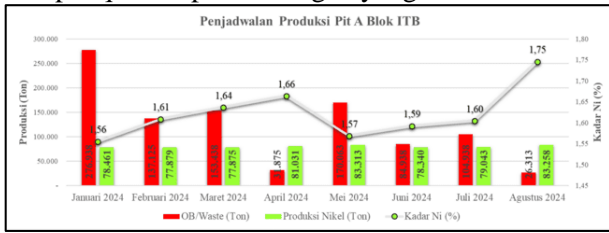
4.6 Penjadwalan Produksi Jangka Pendek (Short-Term Scheduling)

Penjadwalan produksi dimaksudkan untuk menentukan waktu mulai dan berakhirnya kegiatan penambangan untuk memperoleh sejumlah material *overburden* dan *ore* berdasarkan hasil rancangan desain *sequence* penambangan yang telah dilakukan. Dengan target produksi bijih nikel 70.000 ton/bulan penjadwalan produksi yang dibuat menghasilkan waktu 8 bulan penambangan untuk menghabiskan sejumlah *ore* yang termasuk dalam kategori tertambang berdasarkan *pit limit* yang dirancang. Kegiatan penambangan direncanakan akan dilakukan pada bulan Januari 2024 sampai pada bulan Agustus 2024.

Penjadwalan produksi penambangan mengikuti target produksi dan disesuaikan dengan rencana hari kerja efektif. Untuk mencapai target produksi 70.000 ton bijih nikel/bulan, kegiatan penambangan harus dijadwalkan dalam waktu yang lebih kecil berdasarkan skala waktu tertentu sehingga memudahkan dalam pengaturan operasional.

Skenario penambangan yang digunakan untuk menambang bijih nikel pada *Pit A* Blok ITB adalah dengan menggunakan sistem *level plan*, dimana proses penambangan yang dilakukan untuk setiap bulannya berfokus pada pencapaian target produksi 70.000 ton bijih nikel per bulan dengan melakukan kegiatan pengupasan (*stripping*) sejumlah material

overburden bersamaan dengan kegiatan *ore getting* dalam tiap level penambangan sesuai batas area setiap *sequence* penambangan yang telah ditentukan.



Gambar 19. Grafik Penjadwalan Produksi Jangka Pendek

5. KESIMPULAN

1. Rancangan *pit limit* pada *Pit A Blok ITB* dibuat berdasarkan *optimum pit shell* yaitu *pit shell* ke-6. Rancangan *pit limit* dibuat dengan geometri lereng berupa tinggi jenjang 6 m, lebar jenjang 2 m, kemiringan lereng 60° dan lebar *ramp* 9 m.
2. Rancangan teknis pentahapan (*sequence*) penambangan *Pit A Blok ITB* dibagi menjadi 8 tahap.
3. Penjadwalan produksi jangka pendek (*short term scheduling*) untuk *Pit A Blok ITB* akan dimulai pada bulan Januari 2024 sampai dengan bulan Agustus 2024

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, I. 2021. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. ISBN: 978-602-03-2735-8.
- [2] Bargawa, W., S. 2018. *Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan*. Yogyakarta: Kilau Book.
- [3] Esmaili, Andrew dan Mazalli, L. 2014. *Micromine Training - Open Pit Mine Planning*. Perth: Micromine Corporate. Australia.
- [4] Hardiyatmo, H., C. 2018. *Mekanika Tanah II Edisi Keenam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. ISBN : 978-602-386-312-9.
- [5] Hustrulid, W., Kuchta, M., dan Martin, R., 2013. *Open Pit Mine Planning and Design 3rd Edition - Fundamental : Vol 1*. Florida, Amerika: CRC Press/Balkema. ISSN-13: 978-1-4822-2117-6.
- [6] Kennedy, B.A. 2009. *Surface Mining 2nd Edition*. Colorado. Amerika Serikat. ISSN-13: 978-1-4822-2117-6.
- [7] Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827

K/30/MEM/2018. 2018. Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Jakarta.

- [8] Sidiq, H. 2019. *Perencanaan Desain Tambang*. Yogyakarta : Elje Branding. ISBN: 978-602-336-544-9.
- [9] Standar Nasional Indonesia (SNI) 4726:2019. 2019. *Tentang Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, Dan Cadangan Mineral*. Jakarta.
- [10] Supandi, Hidayatullah S., dan Bambang P.P. 2023. *Buku Ajar Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Deepublish (CV. Budi Utama). ISBN: 978-623-02-6386-6.