Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam)
Volume 5 No. 1/2025 ISSN 2621-3869

RANCANGAN SEQUENCE PENAMBANGAN BIJIH NIKEL PADA BLOK 2 FRONT "X" PT. TIRAN INDONESIA SITE LAMERURU KECAMATAN LANGGIKIMA KABUPATEN KONAWE UTARA

Anwar Masjidin[a], Ika Sartika Ambarsari[a,*], Deniyatno[a], Mohammad Suriyaidulman Rianse[a]
Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia 93231

Intisari

Sequence penambangan merupakan bentuk-bentuk penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu *pit* akan ditambang dari tahap awal hingga tahap akhir rancangan tambang. PT. Tiran Indonesia adalah salah satu perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang industri pertambangan nikel dengan luas wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) 1.411 Ha. Saat ini perusahaan tersebut berencana membuka lokasi penambangan baru yaitu pada Blok 2 *front* X untuk mempertahankan produksi ketika beberapa blok atau *front* lainnya tidak beroprasi lagi atau (*mineout*). Target produksi pada Blok 2 *front* X sebesar 100.000 ton/bulan dengan kriteria nilai *cut off grade* >0.8% Ni. Hal ini memerlukan rancangan teknis yang baik untuk dapat mencapai target produksi yang diinginkan. Rancangan penambangan dibuat berdasarkan parameter hasil geometri lereng dan sebaran *ore* yang telah diestimasi. Berdasarkan hasil geometri lereng didapatkan geometri jenjang penambangan berupa tinggi jenjang 6 meter, lebar jenjang 2 meter, sudut lereng jenjang 60° dan lebar ramp 9 meter. Dari Hasil analisis 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* dan *overall slope*. Cadangan tertambang berdasarkan rancangan desain *pit limit* penambangan pada Blok 2 *front* X yang memenuhi standar *cut off grade* perusahaan, serta dimasukan parameter mining recovery 90 % adalah sebesar 420.570,00 m3 dan tonase sebesar 656.089,20 ton dengan kadar rata-rata 1,63 % Ni, maka diperkirakan umur tambang pada Blok 2 *front* X akan berlangsung kurang lebih selama 7 bulan. Rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 7 tahap yang dilakukan dengan sistem *level plan* atau mengikuti level penggalian dengan elevasi tertinggi 288 mdpl dan elevasi terendah 208 mdpl.

Kata Kunci : Bijih Nikel, *Pit Limit*, Faktor Keamanan, *Sequence*.

Abstract

Mining sequences are forms of mining that show how a pit will be mined from the initial stage to the final stage of the mine design. PT Tiran Indonesia is one of the national private companies engaged in the nickel mining industry with a mining business license area (WIUP) of 1,411 Ha. Currently the company plans to open a new mining location, namely in Block 2 front X to maintain production when several other blocks or fronts are no longer operating or (mineout). The production target for Block 2 front X is 100,000 tons/month with a cut off grade of >0.8% Ni. This requires a good technical design to achieve the desired production target. The mining design is made based on the parameters of the slope geometry results and the distribution of ore that has been estimated. Based on the slope geometry results, the mining level geometry is obtained in the form of a 6 meter high level, 2 meter wide level, 60° slope angle and 9 meter ramp width. The results of the level geometry analysis meet the safety factor standard in accordance with the FK value of the mine slope based on the Minister of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 K/30 / MEM-RI / 2018 for single slope and overall slope conditions. The mined reserves based on the design of the mining pit limit design in Block 2 front X which meets the company's cut off grade standard, and includes a mining recovery parameter of 90% is 420.570,00 m3 and tonnage of 656.089,20 tons with an average grade of 1,63% Ni, then it is estimated that the mine life in Block 2 front X will last for approximately 6.56 months. The mining sequence design is divided into 7 stages carried out with a level plan system or following the excavation level with the highest elevation of 288 meters above sea level and the lowest elevation of 208 meters above sea level.

Keywords : Nickel Ore, Pit Limit, Safety Factor, Sequence.

1. PENDAHULUAN

Perseroan Terbatas (PT) Tiran Indonesia saat ini sedang berencana membuka lokasi penambangan baru pada blok 2 *front* X dalam upaya untuk mempertahankan produksi ketika beberapa *front* lainnya sudah hampir tidak beroperasi (*mineout*). Dalam perancangan *sequence* yang akan dilakukan pada blok 2 *front* X, dengan luas area diperkirakan blok 2, 200 Ha, dengan target produksi yang ingin dicapai 100.000 ton perbulan dengan kriteria *Cut Off Grade* 0,8 % Ni. Saat ini, perusahaan belum memiliki rancangan teknis penambangan, dengan ini tentunya diperlukan perancangan teknis *sequence* dengan menggunakan *Software Micromine* 2021.5.

Penelitian ini berfokus pada penentuan rancangan teknis penambangan pada blok 2 *front* X yang sesuai dengan kondisi dilapangan, yang diharapkan dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan, untuk memenuhi rencana target produksi bulanan sehingga dapat memaksimalkan perolehan *ore* dan memudahkan penambangan nantinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel Laterit

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik (dunit, peridotit) dan ubahannya (serpentinit). Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan asal/induk. Proses terbentuknya nikel laterit dimulai adanya pelapukan yang intensif pada batuan peridotit/batuan induk. Profil nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi yaitu tanah penutup atau top soil, zona limonit, zona lapisan antara atau "*Silica Boxwork*", zona saprolit dan batuan dasar (*bedrock*) [7].

2.2 Sumberdaya dan Cadangan

Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya, dan Cadangan Mineral, menjelaskan bahwa sumberdaya mineral (*mineral resource*) adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari mineral yang memiliki nilai ekonomi pada kerak bumi, dengan dimensi, kualitas, dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis. Sumberdaya mineral dikelompokkan berdasarkan tingkat keyakinan geologi yang terdiri atas 3 kategori yaitu sumberdaya tereka, terunjuk dan terukur [13].

Cadangan mineral adalah bagian dari sumber daya mineral terukur dan/atau tertunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis. Hal ini termasuk tambahan material dilusi ataupun material hilang, yang kemungkinan terjadi ketika material tersebut ditambang. Cadangan mineral dipisahkan berdasarkan naiknya tingkat keyakinan menjadi cadangan terkira dan terbukti [13].

Metode *block modelling* merupakan metode permodelan suatu cadangan ke dalam bentuk penampang *block by block* yang dituangkan dalam model 3 dimensi atau model 2 dimensi. Variabel yang diperlukan untuk pemodelan adalah topografi daerah penelitian (topo), informasi geologi, kadar mineral, jenis batuan (*rock*), massa jenis (*density*), persentase blok sebagai sebagai bagian bijih (*ore*), dan tonase setiap blok dan jumlah minimum komposit [2].

2.3 Analisis Statistik

Statistik adalah ilmu yang membahas metode-metode ilmiah untuk pengorganisasian, penyajian, analisis dan pengumpulan data. Fungsi analisis statistik adalah untuk menjelaskan korelasi dan kecenderungan data sebelum memilih metode penaksiran yang sesuai terutama untuk cebakan dengan variabilitas kadar yang tinggi [2]. Parameter statistik yang digunakan untuk analisis statistik adalah *mean* atau rata-rata, median, varian *standard deviation*, koefisian variasi dan *skewness.* [15].

2.4 Metode Estimasi Cadangan

Metode *inverse distance weighting* (IDW) secara langsung mengimplementasikan asumsi bahwa sesuatu yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan yang saling beijauhan. (Kelebihan dari metode interpolasi *inverse distance weighted* (IDW) ini adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik – titik masukan yang digunakan pada proses interpolasi [9].

Metode *Nearest Neighbour Point* atau biasa juga disebut sebagai metode poligon conto terdekat, dimana pengambilan nilai estimasi terhadap titik berdasarkan pada pengaruh masing-masing titik mengikuti titik terdekat [8].

Metode *ordinary kriging,* adalah suatu metode geostatistik yang digunakan untuk menaksir besarnya nilai karakteristik pada titik lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data titik yang tersampel di sekitarnya, dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut [3].

2.5 Perancangan Tambang

Istilah perancangan tambang biasanya dimaksudkan sebagai bagian dari proses perencanaan tambang yang berkaitan dengan masalah-masalah geometrik, yaitu perancangan batas akhir penambangan, tahapan (*push back*), urutan penambangan tahunan atau bulanan, penjadwalan produksi dan *waste dump*. Sedangkan aspek perencanaan tambang tidak berkaitan dengan masalah geometrik, meliputi perhitungan kebutuhan alat dan tenaga kerja, perkiraan biaya kapital dan biaya operasional [2].

Sistem penambangan pada umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu tambang terbuka (*surface mining*), tambang bawah tanah (*underground mining*) dan tambang bawah air (*underwater mining*) [14]. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan untuk pemilihan sistem penambangan adalah topografi, ketebalan *overburden* dan keberadaan bijih [11].

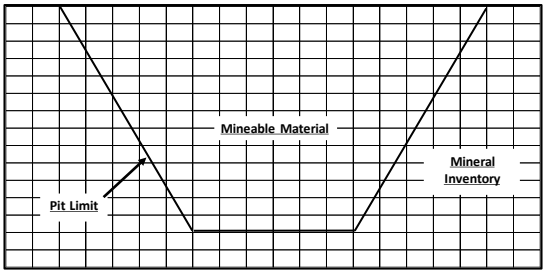
Pembuatan desain geometri jenjang dilakukan dengan mempertimbangkan FK (faktor keamanan) dari jenis batuan. Pembagian geometri jenjang terdiri dari tinggi jenjang, sudut lereng jenjang tunggal dan lebar dari jenjang penangkap (*catch bench*) [10].

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 [1].

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].

2.6 Batas Penambangan (*Pit Limit*)

Langkah pertama salam 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]

2.7 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. 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 [14].

2.8 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 [12].

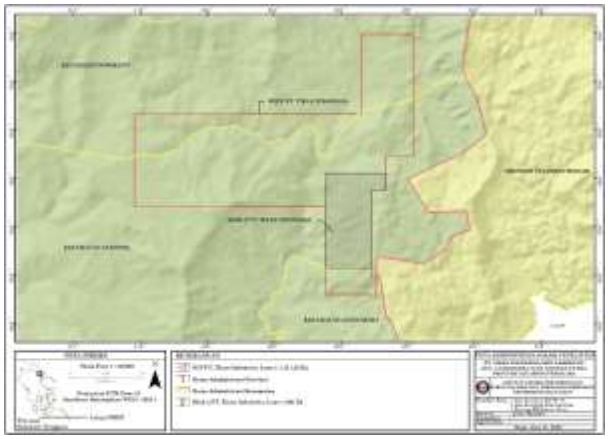
Perhitungan umur tambang dapat dirumuskan menggunakan persamaan (1) berikut [5].

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

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam kurun waktu ±4 bulan. Lokasi penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian berfokus pada Blok 2 *front* X PT. Tiran Indonesia. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Akses menuju perusahaan dapat ditempuh dengan dua jalur yaitu jalur darat dan jalur laut, jarak yang ditempuh relatif sama yaitu ± 300 kilometer dari Kota Kendari (Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tenggara), jika menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat waktu tempuh relatif lama yaitu ± 6 jam, namun jika melewati jalur laut menggunkan *speedboet* waktu tempuh relatif cepat yaitu ± 3 jam.

3.2 Jenis Penelitian

Secara umum penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif dimana proses penelitian mengikuti prosedur yang telah direncanakan dan analisis data dilakukan setelah semua data terkumpul untuk mencapai tujuan deskriptif. Maksud dari tujuan penelitian deskriptif ini adalah dapat menyajikan dan menjelaskan objek penelitian, yaitu rancangan teknis *sequence* penambangan bijih nikel.

3.3 Instrumen Penelitian

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

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian Beserta Kegunaanya

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	*Software Rockscience Slide*	Untuk membuat model geometri lereng penambangan
5	*Software ArcGis*	Untuk membuat peta dan Iayout rancangan teknis penambangan.
6	*Microsoft Office*	Untukpengolahan dan membuat rancangan penambangan.
7	*Software Micromine* 2021.5	Untuk membuat desain *pit* dan *sequence* penambangan
8	Laptop	Untuk membuat laporan

3.4 Prosedur Penelitian

1. 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.

2. Pengamatan Lapangan

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

3. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan dan pengumpulan data yang dimaksud adalah segala data-data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, data tersebut berupa data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data geoteknik yaitu bobot isi, kohesi dan sudut geser tanah yang diperoleh dari tiap-tiap perlapisan sampel tanah dilapangan, kemudian akan dilakukan pengolahan dengan melakukan uji faktor keamanan untuk lereng penambangan. Data sekunder berupa data batas WIUP, data drillhole, data topografi, data situasi jalan hauling, *cut off grade* (COG), *stripping ratio*, *density* material, targer produksi bijih nikel dan spesifikasi alat.

4. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini :

1) Membuat beberapa jenis peta, seperti peta citra, peta topografi, peta kemiringan lereng dan peta geologi dengan menggunakan bantuan dari *Software ArcGis*.
2) Mengolah data sekunder, berupa data *drillhole* dan data topografi diolah menggunakan bantuan dari *Software Micromine 2021.5* untuk memvalidasi dan mengetahui letak model geologi dari endapan bijih.
3) Membuat blok model untuk membagi cebakan bijih menjadi blok-blok yang seragam.
4) Melakukan estimasi sumberdaya dan cadangan pada lokasi penelitian menggunakan bantuan *Software Micromine* 2021.5.
5) 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.
6) Membuat rancangan pit limit atau batas akhir penambangan menggunakan bantuan dari *Software Micromine 2021.5* yang didasarkan pada blok model sumberdaya dengan

memasukkan parameter geometri jenjang yang telah dibuat.

7) Melakuakan estimasi cadangan tertambang menggunakan bantuan dari *Software Micromine 2021.5* berdasarkan *kriteria cut off grade* (COG) dan disain *pit limit* dari yang telah dibuat sebelumnya.
8) 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.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterstik Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang termasuk area penambangan tentunya mempunyain kondisi atau karaktristik yang berbeda-beda. Perbedaan kondisi ini akan mempengaruhi metode penambangan yang akan digunakan nantinya.

Tutupan lahan pada blok 2 *front* X terdiri dari lahan bukaan tambang, dan sebagian lainnya yaitu berupa hutan produksi yang terisi oleh tutupan berupa semak belukar dan didominasi oleh tutupan lahan berupa hutan produksi yang dilakukan eksplorasi.

Berdasarkan analisis data topografi, relif ketinggian dari data topografi yang diberikan pihak perusahaan, bentuk lahan pada blok 2 *front* X berada pada ketinggian yang relatifi bervariasi mulai dari elevasi 208 mdpl – 288 mdpl.

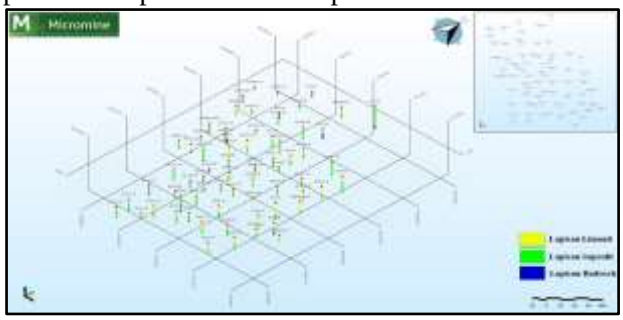
Berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari Sulawesi yang dibuat oleh Simandjuntak, dkk (1993), kondisi litologi pada daerah penelitian yakni pada blok 2 *front* X termasuk dalam Formasi Kompleks Ultramafik (Ku) dan Formasi Pandua (Tmpp). Kompleks Ultramafik merupakan sumber pembentukan endapan laterit nikel yang cukup baik yang terdiri atas peridotit, harzburgit, dunit, gabro dan serpentinit.

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lereng sesuai dengan klasifikasi Van Zuidam (1985), pada daerah penelitian blok 2 *front* X yaitu berada pada kemiringan miring hingga curam ditandai dari warna kuning, orange dan merah pada (gambar 4.4) dengan peresentasi kemiringan 15% hingga 70%.

Analisa struktur geologi pada lokasi penelitian dilakukan dengan cara membuat garis-garis *lineament* (kelurusan geologi). Hasil analsis 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.

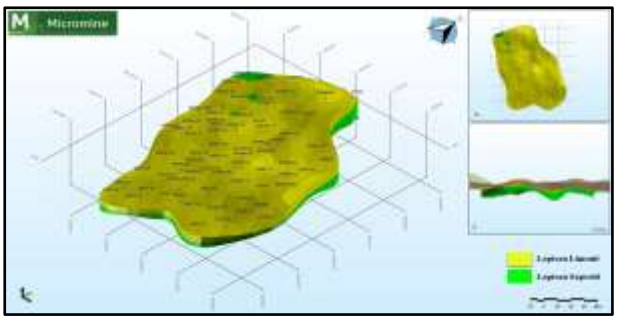
4.2 Pemodelan Endapan Nikel Laterit

Pemodelan endapan nikel laterit penting untuk dilakukan sehingga dapat diketahui zona laterisasinya, sebelum dilakukannya pemodelan perlu kita ketahui terlebih dahulu kegiatan ekplorasi bertujuan untuk mengetahui keadaan dari permukaan serta profil nikel laterit pada daerah penelitian dalam pembuatan pemodelan endapan nikel laterit.



Gambar 3. Tampilan 3 Dimensi Sebaran Titik Bor

Berdasarkan gambar 3 diatas luas blok eksplorasi ± 11 Ha dengan metode pemboran pada loksi titik yang telah direncanakan dan tersebar sebanyak 70 titik bor dengan spasi yang berbeda-beda antara 50 – 25 meter sesuai dengan tingkat keyakinan geologinya. Hasil dari pemboran tersebut dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian kadar dan diperoleh hasil bahwa lokasi ekplorasi pada blok 2 *front* X masuk dalam kategori prospek karena memiliki kualitas dan kuantitas yang sesuai dengan target pemasaran perusahaan sehingga perlu untuk ditindak lanjuti. pemodelan endapan



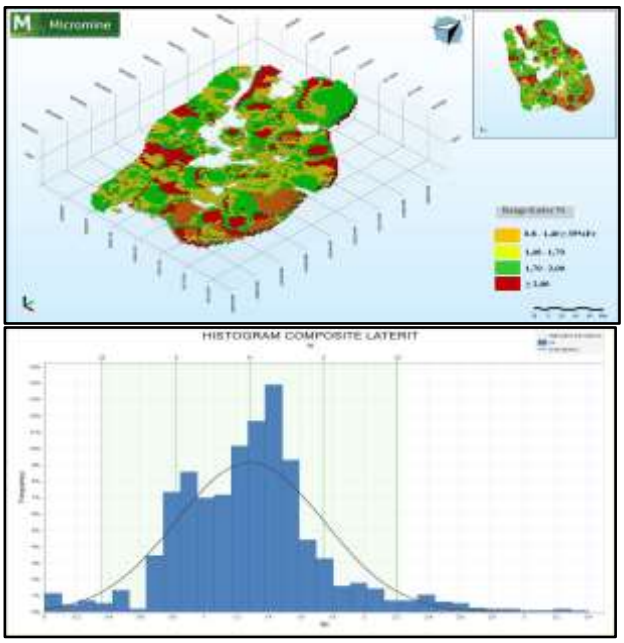
nikel laterit pada zona laterisasi dibuat menggunakan bantuan *software Micromine 2021.5* berdasarkan data eksplorasi yang telah ada, kemudian divisualisasikan dalam bentuk 3D solid *digital terrain model* (DTM).

Gambar 4. Model Zona Laterisasi

4.3 Analisis Statistik dan Penentuan Estimasi Cadangan

Analisis statistik dilakukan untuk melihat sebaran data pada masing-masing domain yang mencakup

sebaran distribusi kadar, nilai kadar rata-rata, *varians*, *standar deviation*, dan *coefficient of variance* pada tiap-tiap domain, serta sebaran dari distribusi kadar yang ditampilkan dalam bentuk histogram dan tabel *report*. Data yang digunakan untuk analisis statistik dasar berupa data kadar Ni hasil *composite* pada zona laterisasi yaitu limonit dan saprolit.

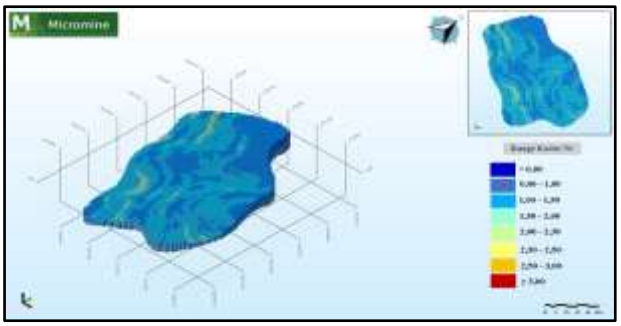


Gambar 5. Histogram Ni Zona Laterisasi

Berdasarkan hasil analisis statistik yang dilakukan didapatkan nilai c*oefficient of variation* 0,35 yang berarti nilai tersebut masuk dalam kategori medium *variability* atau kategori sedang. Setelah itu dilihat dari nilai *skewness* atau kecondongan kurva pada lapisan laterisasi distribusi data condong kekiri (*skewness negative*), dengan nilai *skewness* adalah 0,54 dan juga dibuktikan pernyataan *negative skewness* dikarenakan nilai median lebih besar dari pada nilai mean yakni nilai median 1,3 > nilai mean 1,28. Berdasarkan nilai *coefficient of variation* dan nilai *skewness* diketahui bahwa data tidak terdistribusi secara normal sehingga metode estimasi yang cocok digunakan pada penelitian ini yaitu metode IDW (*Inverse Distance Weighted*).

4.4 Model Blok Endapan

Perhitungan sumberdaya dilakukan dengan menggunakan sistem model blok dengan ukuran 5 × 5 × 1 meter (x, y, z) pada *software Micromine 2021.5* untuk mengetahui volume, tonase, serta kadar dari model blok sumberdaya. Berdasarkan hasil estimasi



sumberdaya menggunakan metode *inverse distance weighting* (IDW) dengan bantuan *software Micromine 2021.5* didapatkan kadar Ni 0 % hingga lebih besar dari 3 %, dengan total volume sebesar 1.974.825,00 m^3 dan tonase sebesar 3.079.713,00 ton.

Gambar 6. Model Blok Sumberdaya

Pemodelan yang dilakukan selanjutnya yaitu blok model endapan *ore* yang dilakukan dengan memasukan parameter nilai *cut off grade* (COG) atau kadar rata-rata terendah yang masih dapat ditambang, yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu PT. Tiran Indonesia yaitu 0.8 Ni dan Fe ≥ 35. Hasil estimasi cadangan endapan *ore* nikel dengan batas COG yang telah ditetapkan oleh perusahaan didapatkan kadar Ni 0.8 % hingga lebih besar dari 3 %, jadi kadar yang berada dibawah 0.8 Ni dan Fe ≤ 35 maka tidak masuk dalam kategori cadangan. Total nilai volume sebesar 502.000,00 m^3 dengan jumlah tonase sebesar 783.120,00 ton.

Gambar 6. Model Blok Cadangan

4.5 Analisis Geoteknik Untuk Faktor Keamanan Lereng

Analisis geoteknik digunakan untuk melakukan analisis desain *pit* penambangan yang optimal dan aman untuk digunakan. Pengambilan data geoteknik berupa sampel tanah dilakukan pada masing-masing litologi yang terdapat di area blok 2 *front* X PT. Tiran Indonesia.

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 anlisis kestabilan lereng berupa perhitungan Fakor Keamanan (FK) dan Probiblitas Kelongsoran geoemteri jenjang penambangan blok 2 *front* X dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis Uji Faktor Keamanan Lereng

No.	Jenis Lereng	Zona	Faktor Keamanan	
			Statis	Dinamis
1.	*Single Slope*	Limonit	2,08	2,11
		Saprolit	2,46	0,00
2.	*Inter-ramp*	Limonit	1,49	5,50
		Saprolit	1,75	0,80
3.	*Overall Slope*	Limonit dan Saprolit	1,48	0,10

Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4 Kondisi geometri geoemteri jenjang penambangan blok 2 *front* X sudah memenuhi nilai faktor keamanan lereng tambang pada berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM-RI/2018.

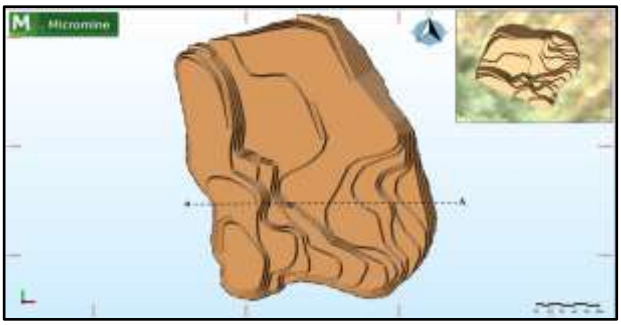
4.6 Desain *Pit Limit* Penambangan

Penentuan geometri jenjang penambangan didasarkan pada hasil analisis pengujian geoteknik Komponen geometri jenjang yang digunakan untuk rancangan *pit limit* penambangan pada blok 2 *front* X dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Komponen Geometri Jenjang

No.	Komponen Geometri Jenjang	Nilai	Satuan
1.	Tinggi jenjang (*bench height*)	6	meter
2.	Lebar jenjang (*berm width*)	2	meter
3.	Lebar *ramp*	9	meter
4.	Sudut jenjang tunggal (*single slope*)	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 keterdapatan 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* dan penampang hasil *cross section* pada blok 2 *front* X dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 5. Rancangan *Pit Limit* Penambangan Pit A Blok ITB



Gambar 6. Penampang *Pit Limit* Penambangan

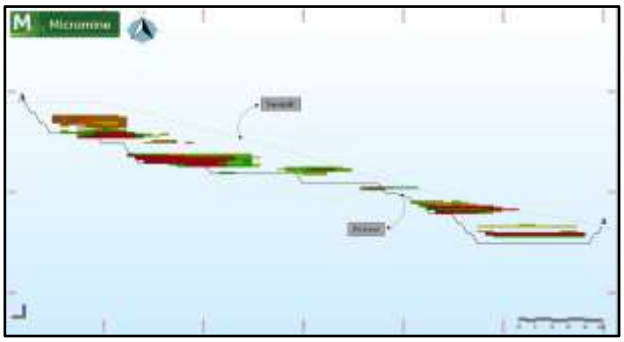
Hasil rancangan *pit limit* yang telah dibuat diperoleh luas bukaan area penambangan seluas 14,45 Ha, dengan elevasi tertinggi yaitu 288 mdpl dan elevasi terendah yaitu 208 mdpl. Kemudian desain jalan tambang pada area *pit limit* dirancang dengan dua jalur dan lebar keseluruhan 9 meter, hal ini disesuaikan berdasarkan spesifikasi alat angkut yang digunakan di lokasi penelitian. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan cadangan tertambang berdasarkan *pit limit* yang telah dibuat.

4.7 Cadangan Tertambang Berdasarkan *Pit Limit* dan Umur Tambang

Cadangan.tertambang pada blok 2 *front* X adalah bagian dari endapan sumberdaya yang telah ditambahkan parameter *cut off grade* yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu 0.8 % Ni dengan Fe ≥ 35 dengan *mining recovery* sebesar 90 %. Blok model cadangan tertambang dengan parameter *cut off grade* dan *pit limit* dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Cadangan Tertambang



Gambar 8. Penampang A-a

Berdasarkan gambar blok model cadangan tertambang dan penampang diatas, jumlah cadangan yang dapat ditambang dengan standar *cut off grade* yang telah ditetapkan oleh perusahaan dengan memasukan parameter *mining recovery ore* yaitu 90%, yaitu sebesar 420.570,00 m^3 dan tonase sebesar 656.089,20 ton dengan kadar rata-rata pada blok 2 *front* X adalah 1,63%.

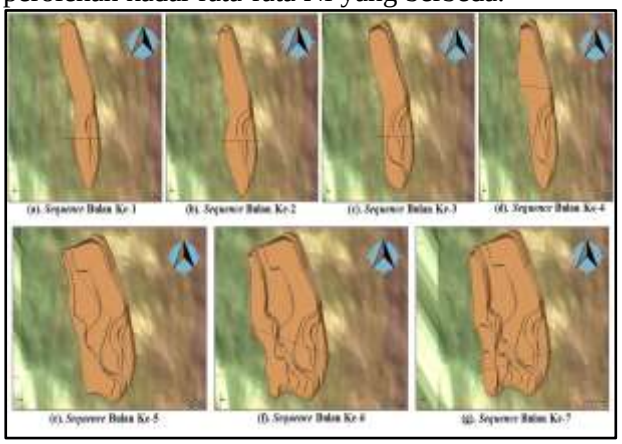
Tabel 4. Rincian Jumlah Cadangan pada blok 2 *front* X

Material	*Range* Kadar Ni (%)	*Ore Type*	Volume (m^3)	Tonase (Ton)	Ni (%)
Ore	0.8 - 1,40 ≥ 35%Fe	VLGO	18.475,00	28.821,00	1,41
	1,40 - 1,70	LGO	92.875,00	144.885,00	1,52
	1,70 - 2,00	MGO	155.775,00	243.009,00	1,62
	≥ 2,00	HGO	200.175,00	312.273,00	1,99
Total *Ore*			467.300,00	728.988,00	1,63
Overburden	< 1,40	*Waste*	1.306.325,00	2.037.867,00	1,15
Mining Recovery Ore (90%)			420.570,00	656.089,20	1,63
Stripping Ratio			2,80		

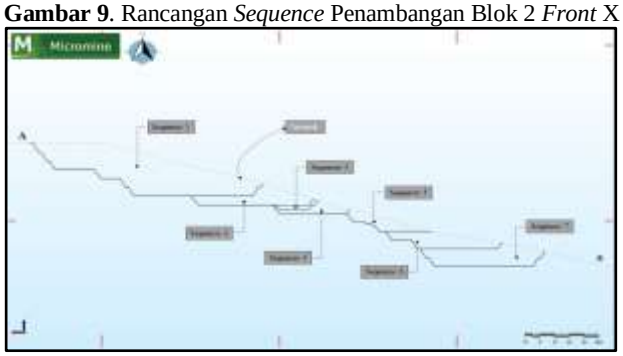
Berdasarkan hasil dari cadangan tertambang dengan parameter *mining recovery ore* yaitu 90% didapatkan hasil sebesar 656.089,20 ton dapat dihitung umur tambang dengan membagi cadangan tertambang dengan target produksi yaitu sebesar 100.000 ton setiap bulannya, maka dapat diperkirakan umur tambang pada blok 2 *front* X PT. Tiran Indonesia akan berlangsung selama ±7 bulan. *Stripping ratio* diperoleh sebesar 2,80 : 1. Artinya dibutuhkan mengupas sebesar 2,80 ton *overburden* untuk mendapatkan 1 ton *ore.*

4.7 Rancangan *Sequence* Penambangan

Rancangan sequence penambangan pada blok 2 *front* X dilakukan berdasarkan target produksi yang telah ditetapkan yaitu 100.000 ton perbulan. Rancangan *sequence* yang akan dilakukan menggambarkan arah kemajuan tambang, perubahan penurunan level penambangan dan batas-batas penambangan yang telah ditentukan dalam satu tahap penambangan serta akan menunjukan jumlah tonase *ore* dan *waste* yang akan terbongkar dengan perolehan kadar rata-rata Ni yang berbeda.



Gambar 9. Rancangan *Sequence* Penambangan Blok 2 *Front* X



Gambar 10. Penampang *Cross Section* pada Setiap *Sequence*

1. *Sequence* Penambangan ke-1

Rancangan penambangan *sequence* ke-1 dilakukaan dari arah timur menuju kearah barat diawali dari elevasi 288 mdpl sampai elevasi 261 mdpl. Luas bukaan penambangan pada *sequence* ke-1 ini yaitu sebesar ±5,86 ha.



Gambar 11. Rancangan *Sequence* ke-1

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* pertama dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 68.445,00 m^3 dan tonase 106.774,20 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,54%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 287.775,00 m^3 dan tonase 448.929,00 ton dengan nilai stripping ratio pada *sequence* pertama sebesar 1

: 3,78.

2. *Sequence* Penambangan ke-2

Rancangan penambangan *sequence* ke-2 dilakukan dari arah selatan menuju kearah utara dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 261 mdpl sampai elevasi 254 mdpl dan luas area yang di buka seluas ±2,2 Ha, sehingga total bukaan menjadi ±8,06.



Gambar 12. Rancangan *Sequence* ke-2

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* kedua dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 71.550,00 m^3 dan tonase 111.618,00 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.49%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 355.000,00 m^3 dan tonase 553.800,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* kedua sebesar 1 : 4,47.

3. *Sequence* Penambangan ke-3

Rancangan penambangan *sequence* ke-3 dilakukan dari arah selatan menuju kearah utara dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 254 mdpl sampai elevasi 251 mdpl, dan luas area yang di buka seluas ±0,91 Ha, sehingga menjadi ±8,97 Ha.



Gambar 13. Rancangan *Sequence* ke-3

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* ketiga dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 54.112,50 m^3 dan tonase 84.415,50 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.9%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 86.300,00 m^3 dan tonase 134.628,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* kedua sebesar 1 : 1,44.

4. *Sequence* Penambangan ke-4

Rancangan penambangan *sequence* ke-4 dilakukan dari arah selatan menuju kearah barat laut dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 251 mdpl sampai elevasi 246 mdpl, dan luas area yang di buka seluas ±0,55 Ha, sehingga menjadi ±9,52 Ha.



Gambar 14. Rancangan *Sequence* ke-4

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* keempat dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 85.950,00 m^3 dan tonase 134.082,00 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.65%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 108.750,00 m^3 dan tonase 169.650,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* kedua sebesar 1 : 1,14.

5. *Sequence* Penambangan ke-5

Rancangan penambangan *sequence* ke-5 dilakukan dari arah selatan menuju kearah barat laut dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 246 mdpl sampai elevasi 236 mdpl, dan luas area yang di buka seluas ±2,19 Ha, sehingga menjadi ±11,71 Ha.



Gambar 15. Rancangan *Sequence* ke-5

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* kelima dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 71.125,00 m^3 dan tonase 111.091,50 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.62%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 179.275,00 m^3 dan tonase 279.669,00 ton dengan

nilai *stripping ratio* pada *sequence* kedua sebesar 1 : 2,27.

6. *Sequence* Penambangan ke-6

Rancangan penambangan *sequence* ke-6 dilakukan dari arah selatan menuju kearah barat laut dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 236 mdpl sampai elevasi 224 mdpl, dan luas area yang di buka seluas ±1,98 Ha, sehingga menjadi ±13,69 Ha.



Gambar 16. Rancangan *Sequence* ke-6

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* keenam dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 59.827,50 m^3 dan tonase 103.701,00 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.66%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 181.925,00 m^3 dan tonase 283.803,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* keenam sebesar 1 : 2,74.

7. *Sequence* Penambangan ke-7

Rancangan penambangan *sequence* ke-7 yang merupakan *sequence* bagian terakhir dilakukaan dari arah selatan menuju kearah utara dengan bukaan penambangan yang diawali dari elevasi 224 mdpl sampai elevasi akhir 208 mdpl, dan luas area yang di buka seluas ±0,76 Ha, sehingga total keseluruhan bukaan menjadi ±14,45 Ha.



Gambar 17. Rancangan *Sequence* ke-7

Cadangan bijih nikel yang diperoleh pada *sequence* ketujuh dengan memasukan parameter *mining recovery* 90% diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 52.042,50 m^3 dan tonase 90.207,00 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1.71%. Sementara itu, jumlah volume material *overburden* yang akan dibongkar sebesar 115.850,00 m^3 dan tonase 180.726,00 ton dengan nilai *stripping ratio* pada *sequence* kedua sebesar 1 : 2.

5. KESIMPULAN

1. Rancangan *pit limit* pada *front* X dirancang dengan mempertimbangkan 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 dan lebar jalan 9 meter. Cadangan tertambang berdasarkan rancangan desain *pit limit* penambangan pada *front* X yang memenuhi standar *cut off grade* perusahaan dengan memasukan parameter *Mining Recovery* yaitu 90%, adalah sebesar 420.570,00 m^3 dan tonase sebesar 656.089,20 ton dengan kadar rata-rata 1,63 % Ni. Berdasarkan estimasi jumlah cadangan tertambang tersebut dengan target produksi perusahaan pada *front* X sebesar 100.000 ton setiap bulannya, maka diperkirakan umur tambang pada blok 2 *front* X PT. Tiran Indonesia akan berlangsung kurang lebih selama ±7 bulan.
2. Berdasarkan target produksi pada blok 2 *front* X, rancangan *sequence* penambangan dibagi menjadi 7 tahap yang dilakukan dengan sistem *level plan* atau mengikuti level penggalian, dimana penambangan nantinya akan dimulai pada topografi dengan level tertinggi 298 mdpl sampai dengan topografi dengan level terendah 208 mdpl. Pada *sequence* pertama diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 76.050,00 m^3 dan tonase 118.638,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1,54% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 3,78. *Sequence* kedua diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 79.500,00 m^3 dan tonase 124.020,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.49% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 4,47. *Sequence* ketiga diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 60.125,00 m^3 dan tonase 93.795,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.9% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 1,44. *Sequence* keempat diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 95.500,00 m^3 dan tonase 148.980,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.65% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 1,14. *Sequence* kekelima diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 79.125,00 m^3 dan tonase 123.435,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.62% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 2,27.

Sequence keenam diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 66.475,00 m^3 dan tonase 103.701,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.66% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 2,74. *Sequence* ketujuh diperoleh jumlah volume material *ore* tertambang sebesar 57.825,00 m^3 dan tonase 90.207,00 ton serta kadar rata-rata Ni sebesar 1.71% dengan nilai *stripping ratio* 1 : 2.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonim, 2018, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

[2] Bargawa, W., S. 2018. P*erencanaan Tambang Edisi Kedelapan*. Yogyakarta: Kilau Book.

[3] Faisal, F., 2013. Metode Ordinary Kriging Blok pada Penaksiran Ketebalan Cadangan Batubara (Studi Kasus : Data Ketebalan Batubara pada Lapangan Eksplorasi X). *Kumpulan Makalah Seminar Semirata*, Vol. 1, No. 1, ISSN: 203–209.

[4] Hardiyatmo, H.S. (2018). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press.ISBN: 979-420-637-7.

[5] Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R., 2013. *Open Pit Mine Planning dan Design 3rd Edition.* CRC Press/Balkema, London. ISBN-13: 978-1-46657512-7.

[6] Kennedy, B.A. 2009. *Surface Mining 2nd Edition*. Colorado. Amerika Serikat. ISSBN-13: 978-1-4822-2117-6.

[7] Kurniadi, A., Rosana, M. F., dan Yuningsih, E. T., 2018., Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit di Daerah Madang dan Serakaman Tengah, *Padjadjaran Geoscience Journal*, Vol. 2, No. 3, Hal. 221-234. ISSN: 2597-4033

[8] Kurnianto, A., Setihadiwibowo, A.P., dan Giamboro, W.S. 2019. Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Nearest Neighbour Point, Inverse Distance Weighting, dan Krigging Pada Daerah Muara Bungo, Sumatera Selatan. *Jurnal Geocelebes* Vol. 3. No. 2. ISSN: 2579-5821.

[9] Pasaribu, J. M., dan Haryani, N. S., 2012. Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor dan Spline, *Jurnal Penginderaan Jauh*, Vol. 9, No. 2, Hal. 126139. ISSN: 1412-8098.

[10] Prasetyono, E., N., H., Kusdarini, E., dan Galih, Y., D., 2020. Rancangan Pit Penambangan Batubara Pada Pit X PT. Prolindo Cipta Nusantara, Site Sie Loban Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Prosiding Teknologi Kebumian dan Kelautan*, Vol. 2, No. 1, Hal. 71-78, ISSN: 2686-0651.

[11] 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, No. 2, Hal. 553-560. ISSN: 2460-6499.

[12] Sidiq, H. 2019. *Perencanaan Desain Tambang*. Yogyakarta : Elje Branding. ISBN: 978-602-336-544-9.

[13] SNI 4726:2019. 2019. Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Mineral. *Badan Standar Nasional*.

[14] Supandi, Hidayatullah S., dan Bambang P.P. 2023. *Buku Ajar Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Deepublish (CV. Budi Utama). ISBN: 978-623-02-6386-6.

[15] Wintolo, D. (2019). Pengantar Statistik Dan Geostatistik. Gadjah Mada *University Press Anggota IKAPI dan APPTI*. ISBN: 978-602-386-310-5