

Estimasi cadangan pada perencanaan jangka menengah dan perencanaan jangka pendek tambang batuan

Reserve estimation for mid-term and short-term mine planning on rock mining site

Romla Noor Hakim^{1*}, Sari Melati², Moh. Suhudi³

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714

³PT Mosa Indo Palma, SCBD Building, Jakarta Selatan, Jakarta Indonesia
e-mail: *2romla@ulm.ac.id

ABSTRAK

Estimasi cadangan merupakan tahapan krusial dalam perencanaan tambang batuan karena berperan dalam menentukan target produksi, umur tambang, serta strategi penambangan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan estimasi cadangan pada perencanaan jangka menengah dan jangka pendek tambang batuan guna mendukung efektivitas operasi penambangan. Metode penelitian dilakukan melalui pengumpulan data geologi, topografi, dan kualitas batuan yang kemudian diolah menggunakan metode pemodelan blok dan perhitungan volume berbasis perangkat lunak tambang. Pada perencanaan jangka menengah, estimasi cadangan digunakan untuk menentukan desain penambangan, sequencing, dan target produksi bulanan hingga tahunan. Sementara itu, pada perencanaan jangka pendek, estimasi cadangan difokuskan pada pengendalian produksi harian dan mingguan berdasarkan kondisi aktual lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi metode geofisika dan pemetaan topografi mampu membangun model endapan untuk estimasi cadangan sebagai dasar dalam merencanakan penambangan jangka menengah dan jangka pendek. Dari model badan batuan dan rancangan penggalian diperoleh estimasi cadangan batu mendekati 1.724.310 LCM karena batuan yang dibongkar menggunakan metode peledakan dengan perkiraan *swell factor* 0.63. Penanganan material batuan yang telah dibongkar, akan dilakukan dengan alat mekanis excavator (kapasitas bucket 0,8 m³) and dump truck (kapasitas vessel 24,8 ton). Penambangan direncanakan akan diselesaikan dalam waktu 5 tahun dengan produksi rata-rata 40.000-50.000 ton/bulan.

Kata-kata kunci: perencanaan, tambang, batuan, jangka menengah, jangka pendek

ABSTRACT

Reserve estimation constitutes a crucial stage in dimension stone mining planning, as it plays a significant role in determining production targets, mine life, and optimal mining strategies. This study aims to analyze the implementation of reserve estimation in medium-term and short-term mine planning to support the effectiveness of mining operations. The research methodology involved the collection of geological, topographical, and rock quality data, which were subsequently processed using block modeling and software-based volume calculation methods. In medium-term planning, reserve estimation was applied to determine mine design, mining sequence, and monthly to annual production targets. Meanwhile, in short-term planning, reserve estimation was focused on controlling daily and weekly production based on actual field conditions. The results indicate that the integration of geophysical methods and topographic mapping was capable of constructing a deposit model for reserve estimation, which served as the basis for medium-term and short-term mining plans. Based on the rock mass model and excavation design, the estimated stone reserve was approximately 1,724,310 LCM, considering that the rock excavation employed blasting methods with an estimated swell factor of 0.63. The handling of blasted rock material was planned to be carried out using mechanical equipment, namely excavators with a bucket capacity of 0.8 m³ and dump trucks with a vessel capacity of 24.8 tons. The mining operation was planned to be completed within five years, with an average production rate of 40,000–50,000 tons per month.

Keywords: planning, mine, rock, mid-term, short-term

PENDAHULUAN

Industri pertambangan batuan memiliki peranan penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur, khususnya sebagai penyedia material konstruksi seperti batu pecah, agregat, dan batuan andesit. Kebutuhan material konstruksi yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan pembangunan jalan, bendungan, pelabuhan, dan kawasan industri menuntut perusahaan tambang untuk menerapkan sistem perencanaan penambangan yang efektif, efisien, dan berkelanjutan. Salah satu aspek fundamental dalam perencanaan tambang adalah estimasi cadangan, karena hasil estimasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan target produksi, umur tambang, kebutuhan alat mekanis, serta strategi penambangan yang optimal. Ketidakakuratan estimasi cadangan dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara rencana dan kondisi

aktual lapangan sehingga berdampak pada peningkatan biaya operasional dan penurunan produktivitas tambang.

Estimasi cadangan pada tambang batuan umumnya dilakukan melalui integrasi data geologi, topografi, dan kualitas massa batuan untuk menghasilkan model endapan yang representatif. Model tersebut digunakan untuk menggambarkan distribusi material ekonomis dan kondisi geometri endapan sehingga dapat mendukung proses perencanaan penambangan. Perkembangan teknologi perangkat lunak pertambangan memungkinkan proses pemodelan cadangan dilakukan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi melalui metode block modeling, triangulation, dan perhitungan volume digital. Selain itu, pemanfaatan metode geofisika dan pemetaan topografi modern juga mampu meningkatkan kualitas interpretasi bawah permukaan serta memperjelas batas badan batuan yang akan ditambang.

Dalam kegiatan penambangan, estimasi cadangan memiliki fungsi yang berbeda pada setiap horizon waktu perencanaan. Pada perencanaan jangka menengah, estimasi cadangan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan desain pit, sequencing penambangan, penjadwalan produksi, serta penentuan target produksi bulanan hingga tahunan. Tahapan ini sangat penting untuk memastikan kesinambungan operasi tambang dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya. Sementara itu, pada perencanaan jangka pendek, estimasi cadangan lebih difokuskan pada pengendalian operasi harian dan mingguan berdasarkan kondisi aktual lapangan, seperti perubahan geometri front penambangan, kondisi material hasil peledakan, dan ketersediaan alat mekanis. Oleh karena itu, sinkronisasi antara estimasi cadangan jangka menengah dan jangka pendek menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan produksi tambang.

Pada tambang batuan dengan metode pembongkaran menggunakan peledakan, estimasi cadangan juga harus mempertimbangkan perubahan volume material akibat swell factor. Proses fragmentasi batuan menyebabkan peningkatan volume material hasil pembongkaran dibandingkan kondisi insitu sehingga mempengaruhi kapasitas alat angkut, kebutuhan disposal, dan perhitungan produktivitas alat mekanis. Penggunaan excavator dan dump truck sebagai alat utama dalam kegiatan pemuatan dan pengangkutan memerlukan estimasi volume dan tonase yang akurat agar target produksi dapat tercapai secara optimal.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan estimasi cadangan pada perencanaan jangka menengah dan jangka pendek tambang batuan. Penelitian dilakukan melalui pengolahan data geologi, topografi, dan kualitas batuan menggunakan metode pemodelan cadangan berbasis perangkat lunak tambang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pentingnya integrasi model cadangan dalam mendukung efektivitas operasi penambangan, pengendalian produksi, serta optimalisasi umur tambang dan pemanfaatan alat mekanis. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem perencanaan tambang batuan yang lebih adaptif terhadap kondisi aktual lapangan.

METODOLOGI

Metodologi penelitian dalam studi ini disusun untuk memperoleh model endapan batuan yang representatif sebagai dasar estimasi cadangan dan perencanaan penambangan jangka menengah maupun jangka pendek. Tahapan penelitian diawali dengan penyelidikan lapangan geologi yang bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi geologi daerah penelitian, karakteristik litologi, struktur geologi, tingkat pelapukan batuan, serta persebaran badan batuan yang berpotensi ditambang (Gambar-1). Kegiatan ini dilakukan melalui observasi singkapan, pengukuran orientasi bidang diskontinuitas, dokumentasi lapangan, dan pengambilan sampel batuan. Data hasil penyelidikan geologi digunakan untuk menentukan batas endapan serta karakteristik massa batuan yang mempengaruhi proses penambangan.

Tahap berikutnya adalah pemetaan topografi untuk memperoleh data morfologi permukaan dan kondisi elevasi

area tambang. Pemetaan dilakukan menggunakan drone fotogrametri untuk menghasilkan model permukaan digital dengan tingkat akurasi yang tinggi. Data topografi kemudian diolah menjadi kontur dan digital terrain model (DTM) yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan volume cadangan, desain penambangan, serta perencanaan jalur angkut dan disposal. Sebagai pembanding, pada cakupan area yang lebih luas, digunakan juga *Digital Elevation Model (DEM)* pada peta topografi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Selanjutnya dilakukan penyelidikan geofisika menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan dan memperkirakan sebaran batuan kompak. Akuisisi data dilakukan dengan konfigurasi elektroda tertentu pada lintasan pengukuran yang telah direncanakan berdasarkan kondisi geologi lapangan. Data resistivitas yang diperoleh diolah menggunakan perangkat lunak inversi untuk menghasilkan penampang bawah permukaan dua dimensi. Interpretasi nilai resistivitas digunakan untuk membedakan zona batuan segar, batuan lapuk, dan material penutup sehingga membantu penyusunan model endapan batuan secara lebih akurat.

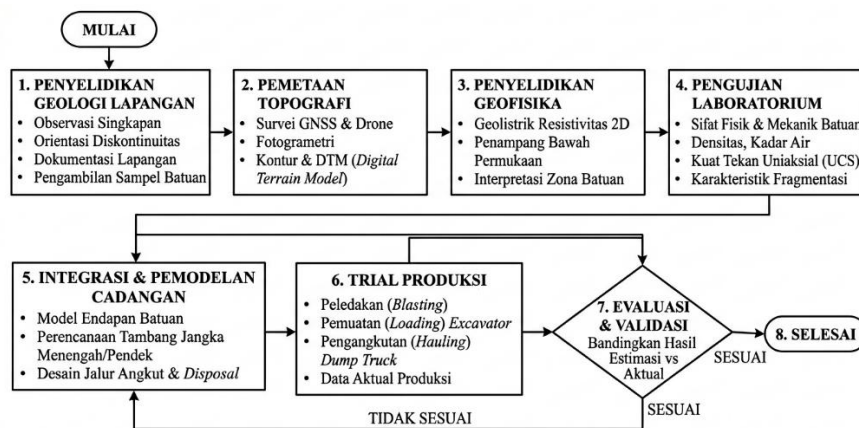
Pengujian laboratorium dilakukan terhadap sampel batuan yang diperoleh dari lapangan guna mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan. Pengujian meliputi analisis densitas, kadar air, kuat tekan uniaksial, serta karakteristik fragmentasi batuan. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan kualitas batuan, faktor peledakan, serta estimasi swell factor yang diperlukan dalam perhitungan cadangan dan produktivitas alat mekanis.

Tahapan akhir penelitian berupa trial produksi yang dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian hasil estimasi cadangan dengan kondisi aktual penambangan. Trial dilakukan melalui kegiatan pembongkaran batuan menggunakan metode peledakan, pemuatan material menggunakan excavator, serta pengangkutan menggunakan dump truck. Data aktual produksi, waktu edar alat, dan volume material hasil pembongkaran dibandingkan dengan hasil estimasi model cadangan untuk mengevaluasi tingkat akurasi perencanaan penambangan.

Estimasi Cadangan

Pemodelan endapan batuan berdasarkan data survei geolistrik dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis untuk memperoleh gambaran kondisi bawah permukaan yang representatif. Tahapan tersebut meliputi akuisisi data lapangan, pengolahan data resistivitas, interpretasi geologi, hingga pembangunan model endapan tiga dimensi yang digunakan dalam estimasi cadangan dan perencanaan penambangan.

Tahap pertama adalah perencanaan survei geolistrik. Pada tahap ini dilakukan penentuan lokasi lintasan pengukuran berdasarkan kondisi geologi, morfologi wilayah, dan target endapan batuan yang akan diidentifikasi. Penentuan arah lintasan umumnya disesuaikan dengan arah persebaran litologi atau struktur geologi agar perubahan resistivitas bawah permukaan dapat terekam secara optimal. Selain itu, dipilih konfigurasi elektroda yang sesuai, seperti Wenner, Schlumberger, atau Dipole–Dipole, tergantung kedalaman investigasi dan resolusi data yang diinginkan.



Gambar-1. Diagram penelitian

Tahap kedua adalah akuisisi data geolistrik di lapangan. Pengukuran dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial menggunakan elektroda potensial. Nilai arus dan beda potensial tersebut digunakan untuk menghitung resistivitas semu bawah permukaan. Pengambilan data dilakukan secara bertahap sepanjang lintasan survei sehingga diperoleh distribusi resistivitas pada berbagai kedalaman investigasi. Pada tahap ini juga dilakukan pencatatan koordinat dan elevasi setiap titik pengukuran menggunakan GNSS atau total station untuk mendukung proses koreksi topografi.

Tahap ketiga adalah pengolahan data resistivitas. Data lapangan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak inversi geolistrik untuk menghasilkan penampang resistivitas dua dimensi. Proses inversi dilakukan untuk mengubah data resistivitas semu menjadi resistivitas sebenarnya sehingga distribusi nilai resistivitas bawah permukaan dapat diinterpretasikan secara lebih akurat. Koreksi topografi diterapkan untuk menyesuaikan pengaruh perubahan elevasi terhadap hasil inversi.

Tahap keempat adalah interpretasi geologi dan identifikasi zona batuan. Nilai resistivitas yang dihasilkan dibandingkan dengan data geologi lapangan, data singkapan, dan hasil pengujian laboratorium untuk menentukan jenis material bawah permukaan. Zona dengan resistivitas tinggi umumnya diinterpretasikan sebagai batuan kompak atau batuan segar, sedangkan resistivitas rendah menunjukkan material lapuk, lempung, atau zona jenuh air. Interpretasi ini digunakan untuk menentukan batas endapan batuan ekonomis dan ketebalan lapisan penutup.

Tahap kelima adalah pembangunan model endapan batuan. Penampang resistivitas dari beberapa lintasan dikorelasikan untuk membentuk model geologi bawah permukaan secara tiga dimensi. Model tersebut kemudian diintegrasikan dengan data topografi dan data geologi permukaan menggunakan perangkat lunak tambang atau pemodelan geologi. Hasil akhir berupa model badan batuan yang menggambarkan geometri, volume, serta distribusi endapan batuan sehingga dapat digunakan sebagai dasar estimasi cadangan dan desain penambangan.

Perencanaan tambang jangka menengah dan jangka pendek

Penentuan tahapan penambangan jangka menengah dan jangka pendek merupakan bagian penting dalam perencanaan tambang untuk memastikan target produksi dapat tercapai secara efektif, aman, dan ekonomis. Penyusunan tahapan penambangan dilakukan berdasarkan model cadangan, kondisi geometri tambang, kapasitas alat mekanis, serta target produksi yang telah ditetapkan perusahaan. Perencanaan ini bertujuan untuk mengatur urutan pembongkaran material sehingga operasi penambangan dapat berlangsung secara berkesinambungan dan terkontrol.

Tahapan penambangan jangka menengah umumnya disusun untuk periode bulanan hingga tahunan. Penentuan tahapan ini diawali dengan analisis model endapan batuan hasil estimasi cadangan yang mencakup distribusi volume material, ketebalan lapisan penutup, kualitas batuan, dan kondisi geoteknik. Berdasarkan model tersebut dilakukan pembuatan desain pit dan penentuan batas area penambangan pada setiap periode produksi. Selanjutnya dilakukan sequencing penambangan, yaitu penentuan urutan pembukaan front kerja agar akses alat mekanis tetap optimal dan jarak angkut material dapat diminimalkan. Dalam tahap ini juga diperhitungkan aspek teknis seperti kemiringan lereng, lebar jenjang, elevasi kerja, sistem drainase, serta lokasi disposal. Target produksi bulanan dan tahunan kemudian ditentukan berdasarkan kapasitas alat gali-muat dan alat angkut, volume cadangan yang tersedia, serta kebutuhan pasar atau pabrik pengolahan.

Selain mempertimbangkan aspek produksi, tahapan penambangan jangka menengah juga digunakan untuk merencanakan kebutuhan alat mekanis, jadwal peledakan, pembangunan jalan tambang, dan pengelolaan air tambang. Oleh karena itu, tahapan ini berfungsi sebagai pedoman operasional utama dalam pengendalian kegiatan tambang secara keseluruhan.

Sementara itu, tahapan penambangan jangka pendek disusun untuk periode harian hingga mingguan dengan tingkat detail yang lebih tinggi. Penentuan tahapan jangka pendek dilakukan berdasarkan evaluasi kondisi aktual lapangan pada area yang telah direncanakan dalam penambangan jangka menengah. Tahapan ini diawali dengan survei kemajuan tambang untuk mengetahui perubahan geometri front penambangan, kondisi hasil peledakan, ketersediaan material, dan akses kerja alat mekanis. Berdasarkan data tersebut dilakukan penyesuaian

target produksi harian, lokasi penggalian, arah pembongkaran, dan pola pemuatan material.

Pada tahap penambangan jangka pendek, faktor operasional menjadi pertimbangan utama, seperti produktivitas alat, waktu edar dump truck, kondisi jalan angkut, cuaca, dan kestabilan lereng kerja. Kegiatan peledakan juga dijadwalkan secara rinci agar fragmentasi batuan sesuai dengan kapasitas alat gali-muat dan target produksi harian. Pengendalian kualitas material hasil penambangan dilakukan secara langsung di lapangan untuk memastikan material yang diproduksi memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

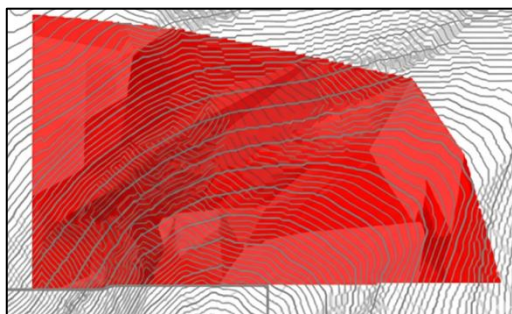
Dengan demikian, tahapan penambangan jangka menengah berfungsi sebagai kerangka strategis pengembangan tambang, sedangkan tahapan penambangan jangka pendek berfungsi sebagai pengendalian operasional harian yang menyesuaikan kondisi aktual lapangan. Integrasi kedua tahapan tersebut sangat penting untuk menjaga kontinuitas produksi, efisiensi operasi, dan optimalisasi pemanfaatan cadangan tambang.

HASIL DAN DISKUSI

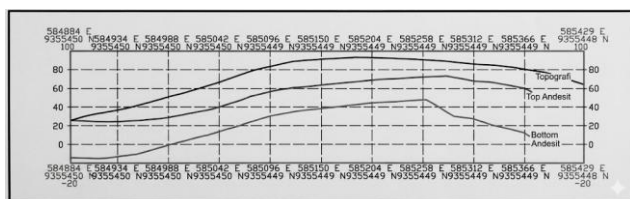
Estimasi Cadangan

Estimasi cadangan dari data-data survey geolistrik dan survey geologi permukaan berupa bentuk badan batuan volume serta perkiraan tonase. Model endapan tampak atas dan tampak samping diberikan pada Gambar-2 dan Gambar-3. Terlihat bahwa badan batuan menerus. Perkiraan luas badan batuan hingga batas izin usaha pertambangan skitar 6,4 hektar. Jumlah cadangan diperkirakan 1.086.315 *bank cubic meter* atau 1,724,309.52 *loose cubic meter* (swell factor 0,63).

Permukaan badan batuan dimodelkan miring dengan arah kemiringan searah dengan kemiringan permukaan yaitu dari timur laut ke barat daya. Ketebalan badan batuan menurut model bervariasi dari 25 sampai dengan 50 meter (Gambar-3).



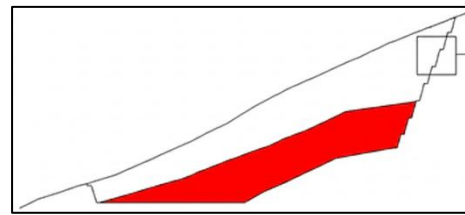
Gambar-2. Bentuk model badan batuan tampak atas



Gambar-3. Bentuk model badan batuan tampak samping (sayatan NE-SW)

Metode penambangan direncanakan metode kuari, yaitu metode penambangan terbuka yang digunakan untuk mengambil bahan galian industri atau batuan dari

permukaan bumi melalui tahapan pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan secara bertingkat (bench). Bench dirancang dengan kemiringan lereng 75 derajat dan ketinggian 10 m per bench (Gambar-4). Kemiringan lereng keseluruhan dirancang 66 derajat, dengan tinggi total pada sisi dinding tambang yang tinggi (northeast).



Gambar-4. Penampang tampak samping lereng dan geometri kuari

Tahapan kegiatan penambangan dimulai dengan land-clearing menggunakan bulldozer untuk membersihkan vegetasi, mengupas lapisan tanah teratas, dan merapikan area kerja. Selanjutnya akan dilakukan pengebrasan lubang ledak, pengisian dengan bahan peledak, stemming menggunakan cutting batuan itu sendiri, dan proses peledakan. Batuan yang telah terberai dimuat dan diangkut menggunakan alat gali muat excavator Komatsu PC200 dan dump truck Mitsubishi Fuso FM257ML. Kapasitas dari kedua alat tersebut adalah 0,8 m³ untuk bucket excavator dan 24,8 ton untuk *vessel dump truck*. Boulder, yaitu batu hasil ledakan yang ukurannya lebih dari sepertiga dari lebar bucket, diperkecil ukurannya dengan *rock breaker*, yaitu excavator yang bucket-nya dimodifikasi dengan ujung pemecah batu.

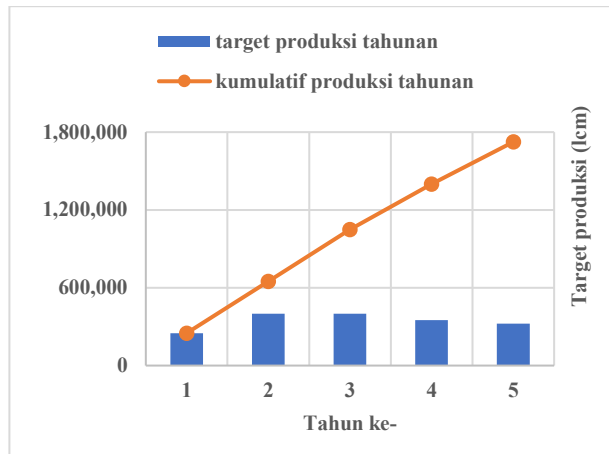
Rencana jangka menengah

Penyusunan rencana penambangan tahunan dan semesteran bertujuan untuk mengatur kegiatan penambangan agar produksi berjalan efektif, aman, dan ekonomis sesuai target perusahaan. Rencana tahunan digunakan sebagai pedoman strategis dalam menentukan target produksi, pengupasan tanah penutup, kebutuhan alat, pengelolaan cadangan, serta estimasi biaya operasi dalam jangka menengah. Sementara itu, rencana semesteran berfungsi untuk mengendalikan dan mengevaluasi pelaksanaan operasi secara lebih rinci dan adaptif terhadap kondisi lapangan. Melalui perencanaan tersebut, perusahaan dapat mengoptimalkan pemanfaatan cadangan, menjaga kesinambungan produksi, meminimalkan risiko operasional, serta memastikan kegiatan penambangan sesuai dengan aspek teknis, lingkungan, dan keselamatan kerja.

Rencana penambangan tahunan disusun selama 5 tahun dengan target tahun pertama 250.000 lcm, tahun kedua dan ketiga masing-masing 400.000 lcm per tahun, tahun ke-empat 350.000 lcm dan tahun ke-5 324.309.52 lcm. Tahun pertama dan tahun terakhir direncanakan lebih kecil target produksinya karena pada tahun pertama, penambangan akan masih bersifat trial and lesson learning. Sementara pada tahun terakhir, fokus kegiatan produksi akan terbagi dengan proses penataan lahan untuk penutupan tambang. Produksi tertinggi direncanakan akan dicapai pada tahun ke-3 dan tahun ke-4.

Rencana tahunan tersebut kemudian diuraikan ke dalam rencana semester (6 bulanan), dengan target produksi kumulatif. Rincian target produksi semesteran ini diberikan

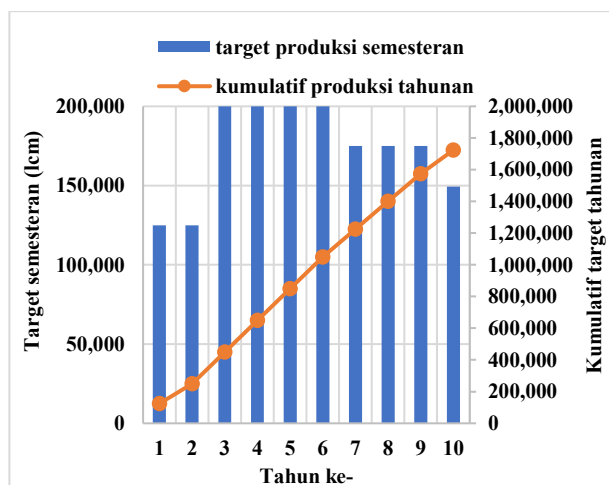
pada Tabel-1. Target produksi triwulanan disusun antara 125.000 lcm – 200.000 lcm per 3 bulan.



Gambar-5. Rencana produksi tahunan

Tabel-1. Rencana volume penambangan enam bulanan

Semester ke-	Target (lcm)	Kumulatif (lcm)
1	125000	125000
2	125000	250000
3	200000	450000
4	200000	650000
5	200000	850000
6	200000	1050000
7	175000	1225000
8	175000	1400000
9	175000	1575000
10	149310	1724310



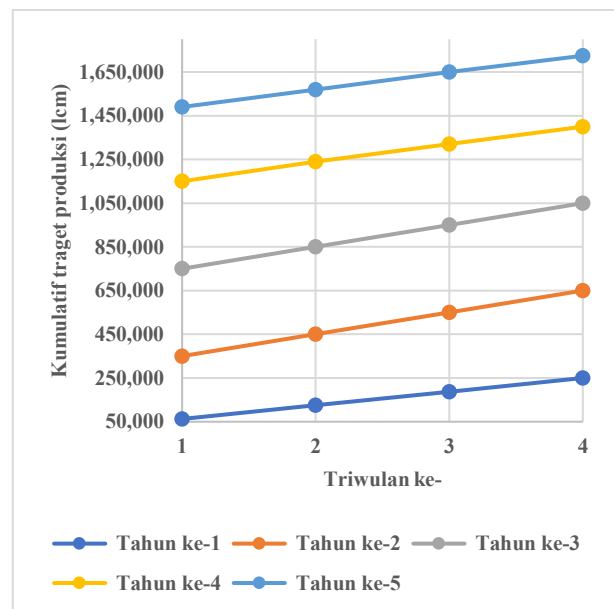
Gambar-6. Rencana produksi semesteran

Rencana jangka pendek

Rencana jangka pendek disusun dalam periode per 3 bulan. Penyusunan rencana penambangan triwulanan bertujuan untuk menerjemahkan target produksi jangka menengah ke dalam rencana operasional yang lebih rinci dan terukur sesuai kondisi aktual lapangan. Rencana ini digunakan untuk mengatur urutan penambangan, alokasi alat dan tenaga kerja, pengendalian kualitas material, serta kebutuhan pengupasan tanah penutup dalam periode tiga

bulanan. Selain itu, perencanaan triwulanan berfungsi sebagai alat evaluasi terhadap pencapaian produksi dan kinerja operasional sehingga perusahaan dapat melakukan penyesuaian secara cepat terhadap perubahan kondisi geologi, cuaca, maupun kapasitas alat. Dengan demikian, kegiatan penambangan dapat berlangsung lebih efisien, aman, stabil, dan sesuai target produksi perusahaan.

Rencana jangka pendek per tiga bulan untuk tahun pertama sampai dengan tahun kelima disusun gradual atau bertahap sebagaimana tampak pada Gambar-7. Kenaikan kumulatif produksi dirancang sama, meski ada sedikit perbedaan pada tahun pertama dan tahun kedua. Ini menyesuaikan dengan tahap development dan pembukaan kuari baru, serta rencana keberlanjutan penambangan jangka panjang.



Gambar-7. Rencana produksi triwulanan

KESIMPULAN

1. Penelitian berhasil dilakukan dengan melaksanakan survey geolistrik (geofisika), yang diverifikasi dengan penyelidikan geologi permukaan
2. Cadangan batu dimodelkan miring mengikuti kemiringan permukaan tanah. Ketebalan bervariasi antara 25 – 50 meter. Jumlah cadangan sampai batas izin usaha pertambangan sebesar 1,724,309.52 loose cubic meter.
3. Rencana jangka panjang (tahunan), batuan akan ditambang dengan target 250.000 sampai 400.000 lcm
4. Rencana jangka menengah (per semester), menjadwalkan produksi antara 125.000 – 200.000 lcm/6 bulan
5. Rencana jangka pendek (per triwulan) diturunkan dari rencana semesteran, menjadi antara 62.500 sampai dengan 400.000

SARAN

Setelah melakukan penelitian, saran yang dapat diberikan bagi perusahaan adalah perlu adanya kajian geoteknik di daerah penelitian agar dalam pembuatan kuari dan disposal bisa lebih akurat keamanan lerengnya dan melakukan pelebaran jalan untuk mobilitas alat mekannis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kim, Y. C. (1987). Geostatistics applied to short-term mine planning. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 1(1), 73–82.
- [2] Dimitrakopoulos, R., & Jewbali, A. (2013). Joint stochastic optimisation of short and long term mine production planning: method and application in a large operating gold mine. *Mining Technology*, 122(2), 110–123
- [3] Moosavi, E., & Gholamnejad, J. (2015). Long-term production scheduling modeling for open pit mines considering tonnage uncertainty via indicator kriging. *Journal of Mining Science*, 51, 1226–1234.
- [4] Meihaga, E., Leka, E. S. K., & Simamora, E. (2025). Estimasi Sumberdaya Galena Dengan Metode Geostatistik. *Jurnal Teknologi Pertambangan*.
- [5] osta, J. F., & Koppe, J. C. (1998). *Simulation of Medium and Short Term Mine Production Scheduling Using Geostatistical Modelling*. Springer.
- [6] Topal, E., & Knights, P. (2019). *Short-term planning optimization model for underground mines*. Computers & Operations Research.
- [7] Costa, J. F., & Koppe, J. C. (1998). Simulation of Medium and Short Term Mine Production Scheduling Using Geostatistical Modelling. Springer.
- [8] Nehring, M., Topal, E., & Knights, P. (2019). Short-term planning optimization model for underground mines. *Computers & Operations Research*.
- [9] Goodfellow, R., & Dimitrakopoulos, R. (2016). A linear programming model for long-term mine planning in the presence of grade uncertainty and a stockpile. *Journal of Sustainable Mining*.
- [10] Askari-Nasab, H., Frimpong, S., & Szymanski, J. (2018). Simulation and optimization approach for uncertainty-based short-term planning in open pit mines. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(2), 153–166.