

**PERENCANAAN *PIT LIMIT* OPTIMUM BERDASARKAN VARIASI
STRIPPING RATIO DAN ANALISIS SENSITIVITAS HARGA
PATOKAN BATUBARA DENGAN METODE
*DISCOUNTED CASHFLOW***

**(*OPTIMUM PIT LIMIT PLANNING BASED ON STRIPPING RATIO VARIATIONS
AND PRICE SENSITIVITY ANALYSIS COAL BENCHMARKING USING
THE DISCOUNTED CASHFLOW METHOD*)**

Zaharani¹, Yudi Arista Yulanda¹, Yosa Megasukma¹, Muhammad Faisal Seprizal¹, Zella Navtalia¹

^{1*} Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

* Korespondensi E-mail: yudiarista@unja.ac.id

Abstrak

PT Astaka Dodol yang sempat menghentikan kegiatan penambangan akibat penurunan harga batubara dan belum selesainya pembebasan lahan. Fluktuasi harga batubara memengaruhi kelayakan ekonomi penambangan, terutama dalam penentuan *pit limit* dan *stripping ratio* (SR) yang ekonomis. Penelitian ini bertujuan menentukan *pit limit* optimum berdasarkan variasi SR dari nilai Break Even Stripping Ratio (BESR) dengan mempertimbangkan *Net Present Value* (NPV) dan Internal Rate of Return (IRR). Analisis ekonomi dilakukan menggunakan metode *Discounted Cash Flow* (DCF) dengan variasi SR 4,5; 5,5; 6,5; dan 7,5. Penelitian ini berhasil menentukan *pit limit* optimum berdasarkan variasi *Stripping Ratio* (SR) dari nilai *Break Even Stripping Ratio* (BESR). Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi SR tersebut berpengaruh signifikan terhadap volume *overburden*, cadangan batubara, biaya produksi, dan aliran kas proyek. Kondisi paling optimum dicapai oleh *design pit* dengan SR 5,5 yang menghasilkan NPV sebesar USD 21.155.938 dan IRR 95%. Melalui analisis sensitivitas, batas *pit limit* ini terbukti dinamis terhadap fluktuasi pasar; kenaikan harga batubara sebesar 5% meningkatkan SR optimum menjadi 6,5 (NPV USD 26.282.455), dan kenaikan harga 25% menggeser SR optimum ke angka 7,5 dengan NPV mencapai USD 48.952.422.

Kata kunci: *Pit Limit, Stripping Ratio, Discounted Cash Flow, Net Present Value, Harga Batubara*

Abstract

PT Astaka Dodol temporarily halted mining activities due to declining coal prices and unfinished land acquisition. Since fluctuations in coal prices directly affect the economic feasibility of mining, determining the economical *pit limit* and *stripping ratio* (SR) becomes critical. This study aims to determine the optimum *pit limit* based on variations in SR derived from the Break Even Stripping Ratio (BESR) value by considering the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). Economic analysis was conducted using the Discounted Cash Flow (DCF) method across SR variations of 4.5, 5.5, 6.5, and 7.5. The study successfully determined the optimum *pit limit*, revealing that SR variations significantly influence *overburden* volume, coal reserves, production costs, and project cash flow. The pit design with an SR of 5.5 yielded the most optimum condition, generating an NPV of USD 21,155,938 and an IRR of 95%. Furthermore, sensitivity analysis demonstrates that the *pit limit* is dynamic against market fluctuations; a 5% increase in coal price shifts the optimum SR to 6.5 (NPV of USD 26,282,455), while a 25% increase shifts it to 7.5, achieving an NPV of USD 48,952,422.

Keywords: *Pit Limit, Stripping Ratio, Discounted Cash Flow, Net Present Value, Coal price*

Article History	Submitted: 11-06-2026	Revised: 20-07-2026	Accepted: 28-07-2026
Published by	Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya		
License	CC BY-SA 4.0		
DOI	10.36873/jtp.v26i2.26498		

1. Pendahuluan

Harga batubara cenderung berubah-ubah dan tidak dapat diduga secara pasti sehingga dapat menyebabkan risiko finansial yang signifikan bagi perusahaan. Ketika harga batubara meningkat,

potensi keuntungan yang lebih tinggi memungkinkan perusahaan tambang untuk mempertimbangkan perluasan area tambang dan meningkatkan skala operasi. Hal ini bisa mendorong perusahaan untuk memperbesar *pit limit* guna mengoptimalkan ekstraksi batubara dari area yang lebih luas dan lebih dalam. Sebaliknya, penurunan harga batubara cenderung mendorong perusahaan untuk meninjau ulang strategi penambangan mereka. Dalam kondisi harga yang rendah, perusahaan mungkin akan memperkecil area *pit limit* atau bahkan menghentikan sebagian kegiatan penambangan di lapisan yang lebih dalam dan lebih sulit diakses (Sidiq & Pusvito, 2017).

Harga batubara merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kelayakan proyek pertambangan. Pada tahun 2022, harga batubara mengalami kenaikan signifikan dibandingkan tahun 2025, di mana berdasarkan data Kementerian ESDM, Harga Batubara Acuan (HBA) pada Oktober 2022 mencapai 330,97 USD/ton sebagai harga tertinggi, kemudian menurun menjadi 100,69 USD/ton pada Agustus 2025. Kondisi ini relevan karena PT Astaka Dodol memulai kegiatan penambangan pada tahun 2022 saat harga batubara berada pada kondisi tinggi, sedangkan harga Januari 2025 digunakan sebagai acuan dalam penelitian karena mencerminkan kondisi terkini. Selain itu, kualitas batubara turut mempengaruhi harga jual yang meliputi *Calorific Value*, *total moisture* atau Kadar air batubara, *ash*, *total sulfur* (Meliyana et al., 2024), di mana batubara PT Astaka Dodol dengan nilai kalori 4.846 kcal/kg menghasilkan Harga Patokan Batubara (HPB) sebesar 57,34 USD/ton pada Agustus 2025.

Dengan adanya fluktuatif harga batubara maka perlu adanya pemilihan batas penambangan dengan situasi harga batubara terkini. Dalam perencanaan penambangan, variasi *stripping ratio* (SR) digunakan untuk merepresentasikan perbandingan antara jumlah batubara yang dapat ditambang dengan volume tanah penutup yang harus dikupas (Yulanda et al., 2020). Penentuan nilai SR dilakukan melalui perhitungan matematis *Break Even Stripping Ratio* (BESR) berdasarkan besaran keuntungan dan keseimbangan biaya untuk menentukan titik impas penambangan. Mengingat harga jual batubara yang selalu berubah-ubah, nilai SR yang optimal dapat berubah mengikuti kondisi ekonomi yang terjadi (One et al., 2024).

PT Astaka Dodol merupakan salah satu perusahaan pertambangan batubara yang memiliki *site office* yang berlokasi di Desa Macang Sakti Kecamatan Sanga Desa Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan dan memiliki Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi dengan kode wilayah Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) KW98PB0077 yang akan berakhir sampai dengan 15 Oktober 2040. Salah satu pit penambangannya sempat menghentikan aktivitas penambangannya akibat penurunan harga batubara dan terdapat beberapa lahan yang belum dibebaskan dan akan dilanjutkan kembali penambangan tahun 2026.

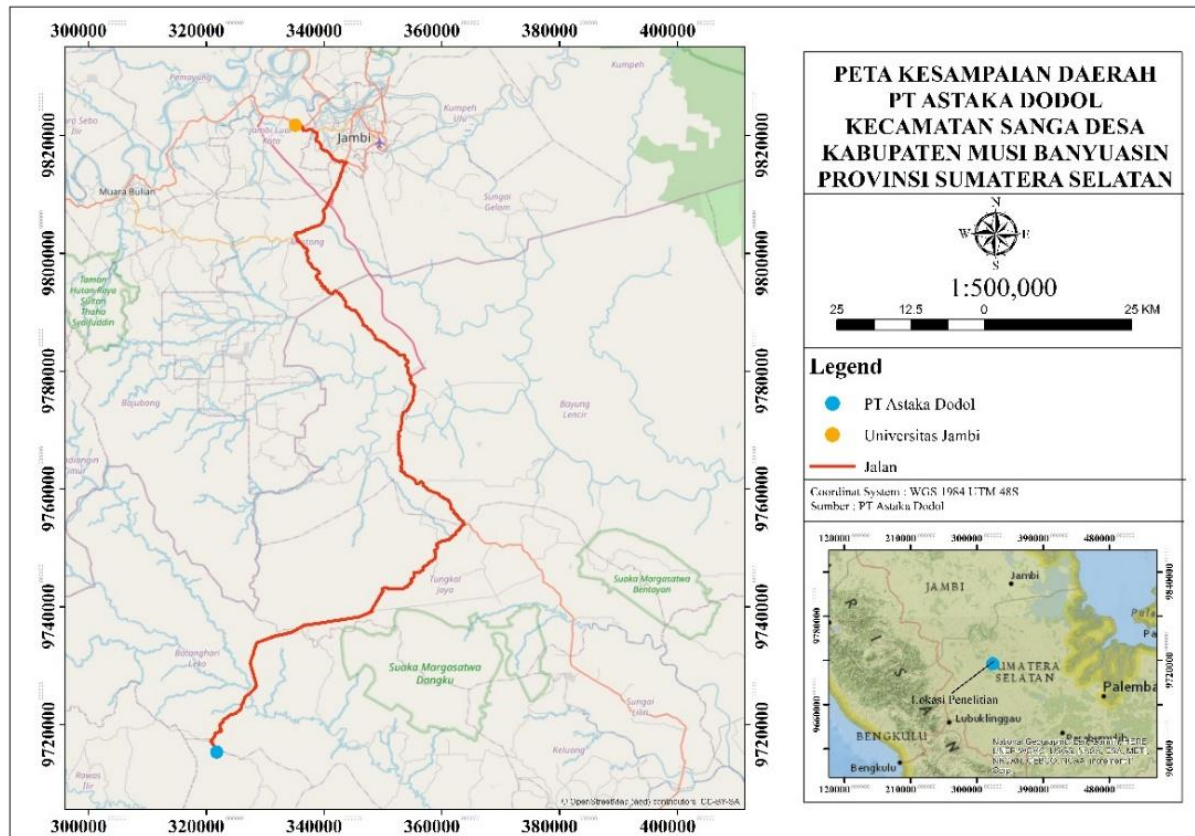
Kajian kelayakan ekonomis merupakan suatu proses analisis yang bertujuan untuk menilai tingkat kelayakan suatu proyek atau kegiatan dari aspek ekonomi melalui penerapan berbagai metode analisis (Tarigan et al., 2025). Analisis ekonomi dapat menggunakan Metode *Discounted Cash Flow* dengan indikator kelayakan menggunakan *Net Present Value* dan *Internal Rate of Return* dengan cara perhitungan aliran kas yang memperhitungkan time value of money (nilai waktu dari uang). Evaluasi ekonomi menggunakan *Net Present Value* (NPV) untuk menilai kelayakan setiap variasi SR. Nilai NPV digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan ekonomi, di mana nilai NPV tertinggi mencerminkan alternatif desain penambangan yang paling optimal, karena memberikan keuntungan maksimum dengan mempertimbangkan keuntungan dimasa depan yang berubah-ubah akan mempengaruhi nilai investasi dari proses penentuan batas penambangan (Hardiman et al., 2024).

Analisis sensitivitas merupakan teknik mengevaluasi dampak ketidakpastian terhadap kondisi ekonomi yang mungkin terjadi selama umur proyek (Zakri & Saldy, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan *pit limit* optimum berdasarkan variasi *Stripping Ratio* (SR) dari nilai *Break Even Stripping Ratio* (BESR) pada PT Astaka Dodol, dengan mempertimbangkan indikator kelayakan *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR). Lebih lanjut, penelitian ini juga menguji resistensi batas penambangan tersebut melalui analisis sensitivitas terhadap fluktuasi harga batubara. Hasil evaluasi ekonomi ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan taktis dalam perencanaan tambang, sehingga perusahaan dapat menjaga profitabilitas operasi dan meminimalkan risiko finansial meskipun menghadapi ketidakpastian pasar global.

2. Metode

Secara administrasi, lokasi perjanjian antara pemerintah dengan perusahaan bebadan hukum Indonesia untuk melakukan kegiatan usaha pertambangan batubara (PKP2B) PT. Astaka Dodol berada di Desa Macang Sakti, Kecamatan Sanga Desa, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Untuk mencapai lokasi PT. Astaka Dodol yang berjarak ±167 km dari Universitas

Jambi memerlukan waktu selama ± 9 jam 52 dan peta kesampaian daerah PT. Astaka Dodol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta kesampaian daerah

Penelitian diawali dengan penghitungan harga patokan batubara pada saat melakukan penelitian yaitu menggunakan harga acuan batubara (HBA) pada bulan agustus 2025 serta data kualitas batubara yang meliputi, *Calorific Value*, merupakan kandungan nilai energi yang terdapat pada suatu batubara, *total moisture* atau Kadar air batubara, *ash* disebut sebagai kadar abu, *total sulfur* kandungan belerang yang terdapat didalam batubara. Serta beberapa data yang digunakan diperoleh dari perusahaan yang meliputi data topografi, biaya kapital atau *capex* merupakan semua biaya yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan membangun fasilitas yang diperlukan agar endapan bahan galian di dalam bumi dapat diolah dan menghasilkan produk tambang akhir yang layak dijual, serta biaya operasional atau *opex* sebagai segala macam biaya yang harus dikeluarkan agar proyek penambangan dapat beroperasi dan berjalan dengan normal (Mukiat & Asof, 2023).

Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan *Break even stripping ratio* (BESR) sebagai acuan dalam penentuan batas penambangan yang Dimana $SR < BESR$ agar dapat memaksimalkan keuntungan bagi perusahaan, dilanjutkan dengan pembuatan batas pit penambangan dari berbagai variasi *stripping ratio* dengan bantuan aplikasi perangkat lunak pada model geologi PT Astaka dodol. Setelah proses pembuatan pit dari berbagai variasi *stripping ratio* dilakukan Analisis ekonomi dibuat untuk menentukan batas penambangan (*pit limit*) yang ekonomis. metode *Discounted Cash Flow* dengan mengukur nilai sekarang dari dana yang diharapkan akan diperoleh dari suatu investasi di masa mendatang dengan mendiskontokan *cash flow* yang diperoleh pada perusahaan dalam *discount rate* sebagai resiko ketidakpastian aruskan yang disebabkan oleh adanya inflasi (A.Fizarro, Mukiat, 2021) dihasilkan nilai ekonomis proyek pada saat ini atau dikenal dengan istilah *Net Present Value* (NPV) digunakan untuk menilai kelayakan suatu proyek dengan menghitung nilai bersih arus kas di masa depan yang telah didiskontokan ke nilai saat ini, sebagai bentuk penyesuaian terhadap risiko dan konsep nilai waktu dari uang (*time value of money*) (Adista & Moridu, 2020) dan *Internal Rate of Return* (IRR) adalah kemampuan *cashflow* dalam mengembalikan modal awalnya dengan tujuan untuk menjelaskan apakah rencana proyek investasi penambangan batubara cukup menarik bila dilihat dari indikator tingkat efisiensi dari laju pengembalian investasi yang telah ditentukan dan *Internal Rate of Return* (IRR) adalah kemampuan *cashflow* dalam mengembalikan modal awalnya

dengan tujuan untuk menjelaskan apakah rencana proyek investasi penambangan batubara cukup menarik bila dilihat dari indikator tingkat efisiensi dari laju pengembalian investasi yang telah ditentukan (Ardianti & Prabowo, 2020).

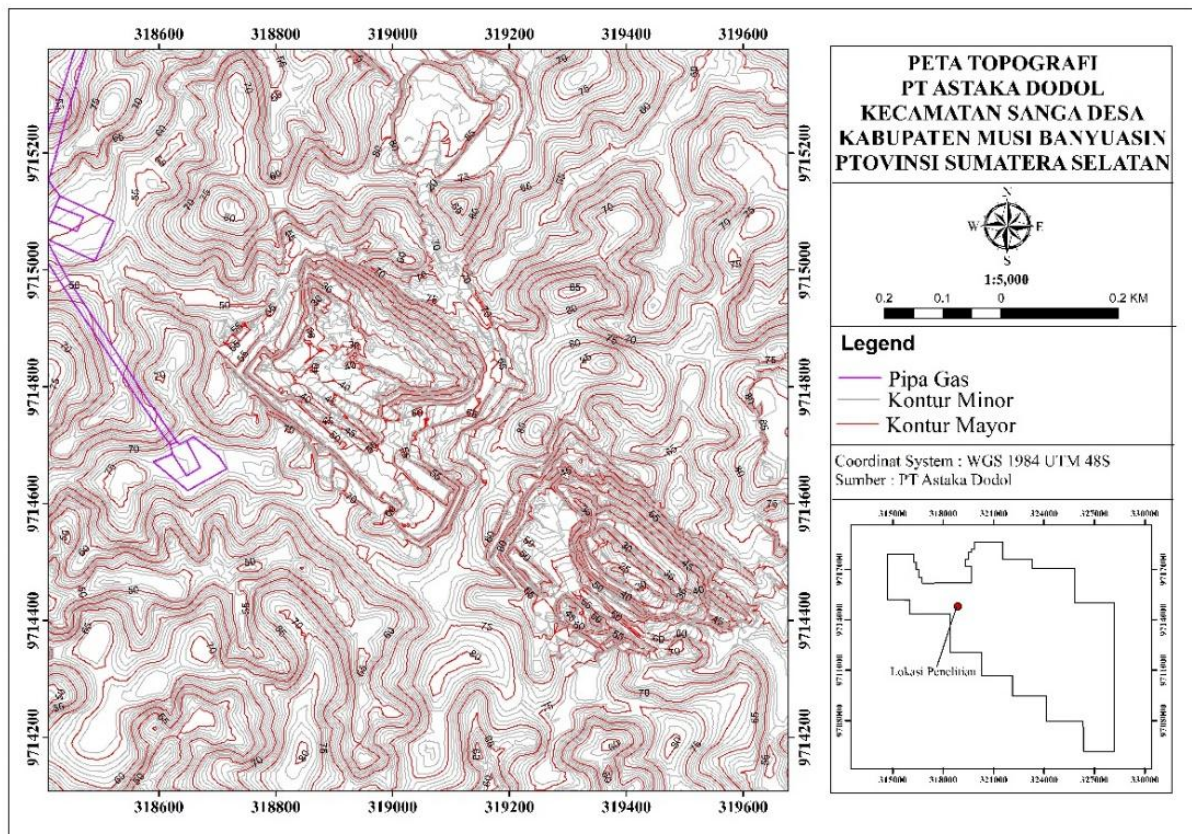
$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{At}{(1+i)^t} \quad (1)$$

NPV = Net Present Value
At = aliran kas pada periode t
i = Discount rate
N = Horizon perencanaan (periode)

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengukur pengaruh perubahan pada variabel-variabel ekonomi, seperti kenaikan biaya produksi dan penurunan harga jual batubara, terhadap kinerja ekonomi proyek. Hal ini dapat mengukur sejauh mana perubahan tersebut memengaruhi indikator kelayakan proyek, khususnya nilai *Net Present Value* (NPV), sehingga dapat memberikan gambaran mengenai tingkat ketahanan proyek terhadap risiko perubahan kondisi ekonomi.

3. Hasil dan Pembahasan

Gambaran topografi pada Pit A1B yang dilihat pada Gambar 2 dimana area tersebut terdiri atas Pit A1B Barat dengan elevasi terendah mencapai 28 mdpl dan Pit A1B Timur dengan elevasi terendah sebesar 23 mdpl.



Gambar 2. Peta topografi

Berdasarkan permodelan endapan batubara terdapat beberapa seam batubara yaitu seam D yang memiliki ketebalan ± 8,5 M, seam DA yang memiliki ketebalan ± 0.9 M, seam E ± 1.2 M, seam F memiliki ketebalan ± 5.3 M, seam G1 ± 1.4 M, seam G2 ± 1.2 M, seam H1 ± 1.1 M, dan seam H2 ± 1.1 M. Diketahui bahwa memiliki arah kemenerusan (strike) barat laut – tenggara dengan nilai 110-135 dan kemiringan (*dip*) mengarah timur laut – barat daya, dengan nilai dip 20-30.

Harga batubara dalam penelitian ini mengacu pada Harga Patokan Batubara (HPB) II, yang diperoleh melalui penyesuaian terhadap Harga Batubara Acuan (HBA) pada bulan Agustus 2025 dengan mempertimbangkan parameter kualitas batubara sehingga menghasilkan harga yang lebih spesifik sesuai dengan karakteristik batubara yang dijual dengan nilai tukar rupiah pada Agustus 2025 sebesar Rp16.300 per USD. Adapun rincian perhitungannya dapat dilihat pada bagian berikut.

HBA II : 45.74 USD/Ton

K : 4.838 Kcal/kg

TM : 31.26 %

TS : 0.40 %

ASH : 3.20 %

$$\text{HPB II} = \left(\text{HBA II} \times \frac{K}{4100} \times \frac{100 - \text{TM}}{100 - 35.73} \right) - ((\text{TS} \times 0.23) \times 4(\text{ASH} - 3.90) \times 0.4) \quad (2)$$

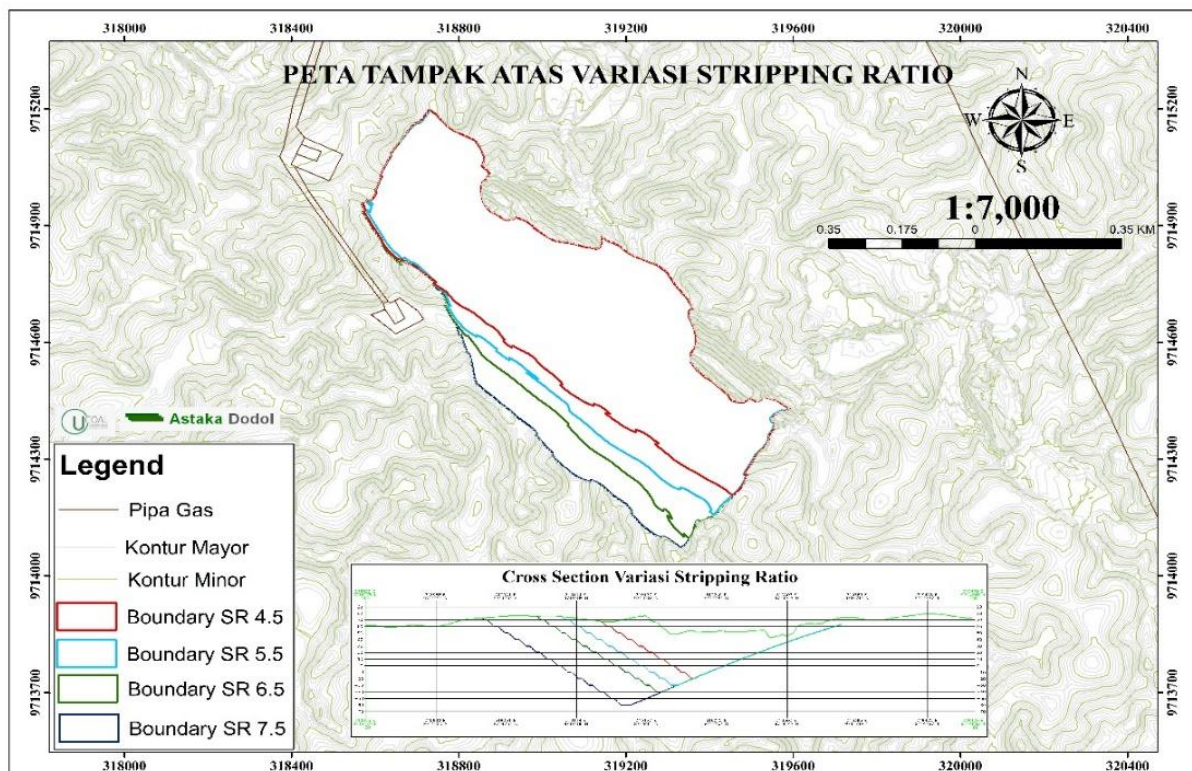
HPB II = USD 57.34/ton

Dalam proses perancangan pit, *Break Even Stripping Ratio* (BESR) digunakan sebagai parameter utama untuk menentukan batas maksimal pengupasan tanah penutup terhadap cadangan batubara sehingga operasi penambangan tetap layak secara ekonomi (Adiatma et al., 2025). Parameter biaya diperoleh dari data yang disediakan oleh PT Astaka Dodol dengan biaya produksi batubara sebesar 15.12 USD/Ton serta untuk biaya pengupasan *overburden* mencapai 3.00 USD/Bcm serta biaya royalti 7.74 USD/Ton. Dari parameter yang telah diperoleh maka didapatkan nilai BESR sebesar 11.49

Penentuan batas akhir penambangan (*pit limit*) dapat dilakukan berdasarkan beberapa faktor pengubah (*modifying factor*). Secara umum, batas penambangan ditentukan oleh kombinasi faktor geologi, geoteknik, ekonomi, lingkungan, serta keberadaan fasilitas permukaan (Aswandi & Yulhendra, 2023). Evaluasi terhadap faktor pengubah (*modifying factors*) menunjukkan adanya fasilitas permukaan berupa pipa gas pada rencana area penambangan. Mengacu pada rekomendasi geoteknik, batas *pit* harus disesuaikan untuk mempertahankan jarak aman minimal ± 50 meter untuk menjaga keamanan operasional. Pembuatan bench pit menggunakan rekomendasi geometri jenjang dari geoteknik dengan lebar *bench* 5 m, *single slope* 45° dan tinggi bench 10 m, Rancangan *design pit* yang dibuat menggunakan variasi *stripping ratio* dengan kenaikan interval satu pada setiap variasi sr yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi SR

No	Variasi SR	Volume Ob	Volume Coal
1	4,5	9,970,037	2,195,680
2	5,5	19,338,332	3,528,070
3	6,5	28,368,109	4,342,075
4	7,5	38,816,989	5,169,319

Gambar 3. *Design pit* tampak atas

Pelebaran area pit penambangan pada Gambar 3 menunjukkan peningkatan area seiring bertambahnya nilai variasi SR yang dimana jarak antara sr 4,5 ke sr 5,5 adalah ± 54 m, sedangkan dari sr 5,5 ke sr 6,5 sebesar ± 48 m. Selanjutnya, pelebaran yang lebih signifikan terjadi dari sr 6,5 ke sr 7,5 dengan jarak ± 88 m. Kondisi ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi *stripping ratio*, semakin luas area penambangan yang diperlukan.

Kegiatan penambangan melibatkan sejumlah komponen biaya yang perlu diperhitungkan secara rinci, meliputi biaya operasional, biaya investasi atau modal yang digunakan untuk penyediaan sarana dan prasarana penambangan, serta biaya administrasi. Dalam penelitian ini, seluruh komponen biaya tersebut disusun berdasarkan data yang diperoleh dari PT Astaka Dodol.

Pada penelitian ini, biaya *capex* yang digunakan diperoleh berdasarkan data investasi yang tercantum dalam laporan Studi Kelayakan seperti biaya izin dan legalitas, pembangunan mes, kantor, pembelian alat yang menunjang kegiatan operasional serta biaya modal kerja selama 3 bulan sebelum produksi menghasilkan yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen *capex*

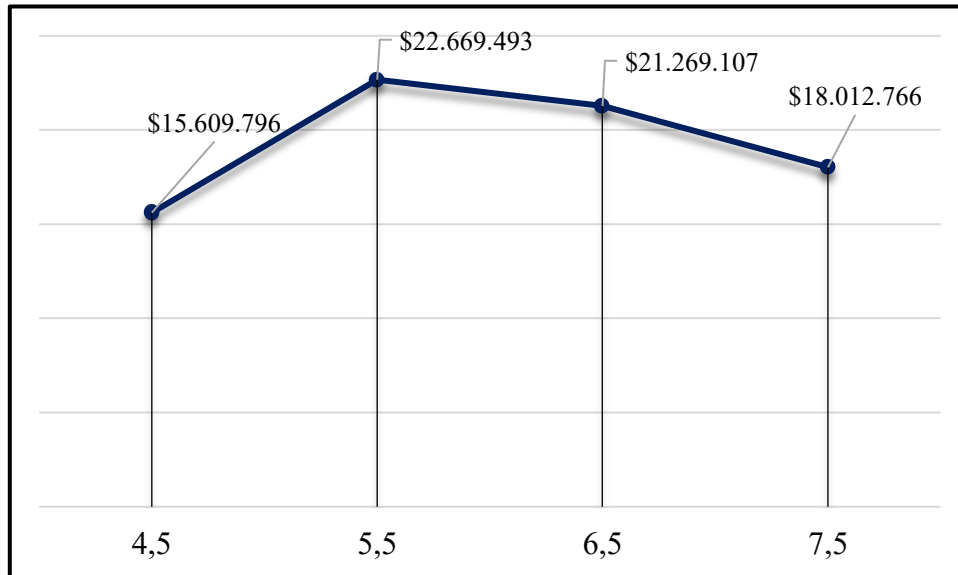
Satuan biaya kapital	Nilai
<i>pre-development</i>	\$ 213,496
<i>bundling facilities</i>	\$ 184,049
<i>cpp, civil work</i>	\$ 1,226,933
<i>mine equipment</i>	\$ 2,000,000
<i>supporting equipments</i>	\$ 1,500,000
<i>stockpile equipments</i>	\$ 500,000
<i>vehicles</i>	\$ 106,748
sub total	\$ 5,731,226
<i>working capital</i>	\$ 2,453,987
<i>total investment</i>	\$ 8,185,213

Biaya *Opex* untuk setiap variasi *stripping ratio* tidak bersifat tetap, melainkan bergantung pada besarnya target produksi. Semakin besar jumlah produksi, maka semakin besar pula biaya operasional yang timbul karena parameter biaya dihitung menggunakan produksi sebagai faktor pengali, terlihat pada Tabel 3 bahwa *cost* operasional terbesar itu ada pada biaya *Transporting to port* dikarenakan jarak antara pit menuju pelabuhan yaitu 180 KM, jarak ini yang membuat produktifitas menurun sehingga biaya pengangkutan meningkat (Gultom et al., 2022), biaya *Transporting to port* mencapai \$ 9.33, biaya terbesar kedua itu ada pada biaya *overburden Removal* yang mencapai \$ 3.00 untuk mendapatkan satu bcm *Overburden*.

Tabel 3. Komponen *opex*

Satuan biaya produksi	Unit	Nilai
<i>Direct cost</i>		
<i>Coal Getting</i>	USD/Ton	\$ 2.50
<i>Ob Removal</i>	USD/Bcm	\$ 3.00
<i>Handling in ROM Stockpile</i>	USD/Ton	\$ 0.25
<i>Transporting to port</i>	USD/Ton	\$ 9.33
<i>Handling in port stockyard</i>	USD/Ton	\$ 0.20
<i>supporting equipment</i>	USD/Ton	\$ 0.32
<i>stockpile equipment</i>	USD/Ton	\$ 0.18
<i>vehicles</i>	USD/Ton	\$ 0.09
<i>indirect wage</i>	USD/Ton	\$ 0.27
<i>equipt maintenance</i>	USD/Ton	\$ 0.03
<i>building & cpp maintenance</i>	USD/Ton	\$ 0.22
<i>Supporting equipment operator</i>	USD/Ton	\$ 0.09
<i>indirect cost</i>		
<i>administration</i>	USD/Ton	\$ 0.17
<i>insurance & social security</i>	USD/Ton	\$ 0.30
<i>Overhead Eng & Expl</i>	USD/Ton	\$ 1.00
<i>Enviromental</i>	USD/Ton	\$ 0.07
<i>reclamation</i>	USD/Ton	\$ 0.05
<i>community depelopment</i>	USD/Ton	\$ 0.05

Semua komponen biaya dan pendapatan yang disebutkan sebelumnya akan menentukan besaran Aliran Kas (*Cash Flow*) tahunan. Aliran kas yang diperoleh kemudian didiskontokan menggunakan *discount rate* sebesar 11,64%, yang ditentukan berdasarkan asumsi nilai suku bunga dan tingkat inflasi yang berlaku untuk mendapatkan angka *Net Present Value* (NPV). Angka NPV inilah yang kemudian menjadi tolok ukur utama dalam menetapkan Rasio Pengupasan (*Stripping Ratio*) yang paling optimal (paling menguntungkan). Berdasarkan analisis ekonomi yang telah dilakukan, sebuah nilai NPV akan dihasilkan untuk setiap parameter *stripping ratio* yang dianalisis.



Gambar 4. Grafik NPV

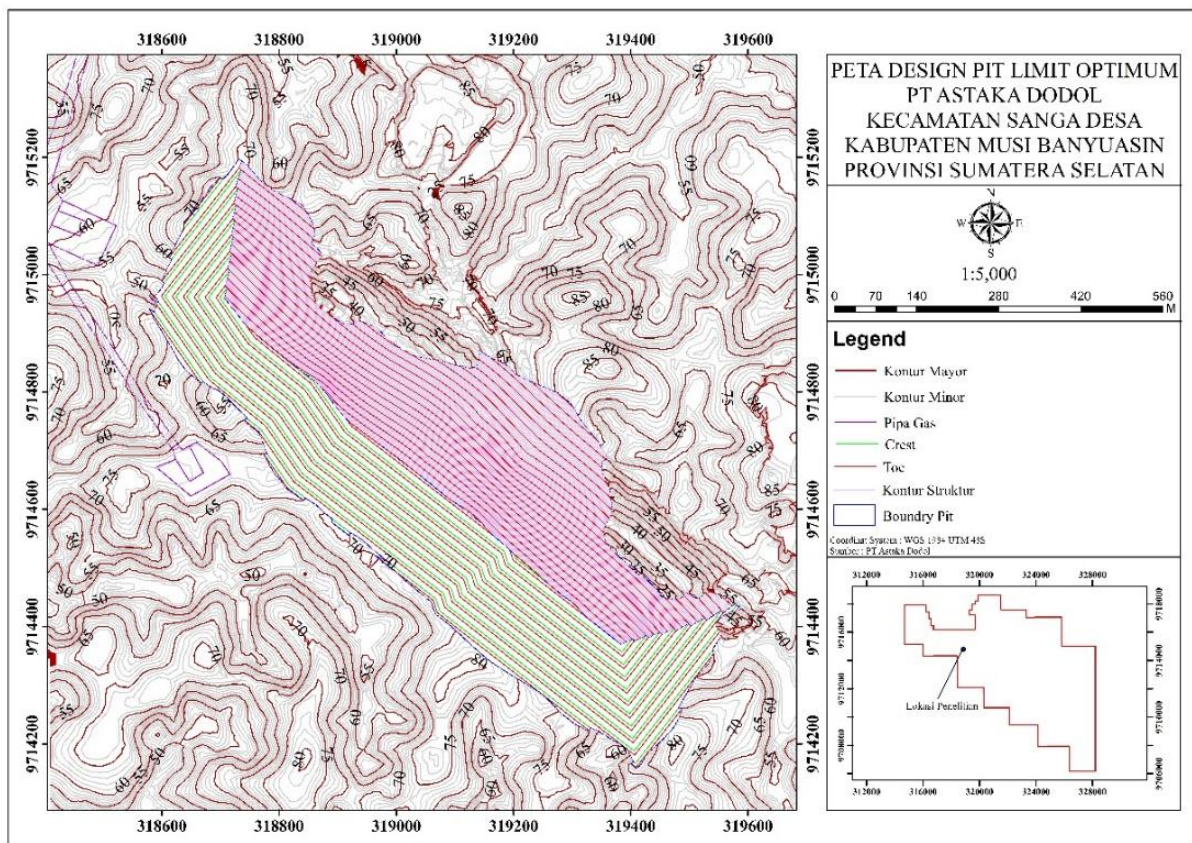
Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai NPV pada SR 4,5 sebesar \$13.933.630, kemudian meningkat secara signifikan pada SR 5,5 dengan nilai \$21.155.938. Setelah itu, nilai NPV kembali mengalami penurunan pada SR 6,5 yaitu sebesar \$19.828.690, dan terus menurun pada SR 7,5 dengan nilai \$16.640.597.

Tabel 4. Nilai NPV dan IRR

SR	NPV	IRR
4,5	\$13.933.630	97%
5,5	\$21.155.938	95%
6,5	\$19.155.690	80%
7,5	\$16.640.597	64%

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi yang ditunjukkan pada Tabel 4, terdapat perbedaan nilai *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) pada setiap variasi *stripping ratio* (SR) yang dianalisis. Nilai NPV pada SR 4,5 sebesar \$13.933.630 dengan nilai IRR sebesar 97%. Pada SR 5,5, nilai NPV meningkat menjadi \$21.155.938 dengan nilai IRR sebesar 95%. Selanjutnya pada SR 6,5, nilai NPV sedikit menurun menjadi \$19.828.690 dengan IRR sebesar 80%, sedangkan pada SR 7,5 nilai NPV kembali mengalami penurunan menjadi \$16.640.597 dengan IRR sebesar 64%.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa nilai NPV tertinggi diperoleh pada SR 5,5, sehingga SR tersebut dapat dianggap sebagai *stripping ratio* yang paling optimum dalam perencanaan penambangan. Meskipun SR 4,5 memiliki nilai IRR yang lebih tinggi yaitu 97%, jumlah cadangan batubara yang dapat ditambang pada SR tersebut relatif lebih sedikit dengan harga batubara saat ini sehingga nilai NPV yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan SR 5,5. Sementara itu, pada SR 6,5 dan SR 7,5, meskipun jumlah cadangan batubara yang dapat ditambang lebih besar, peningkatan biaya pengupasan overburden menyebabkan nilai NPV dan IRR yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

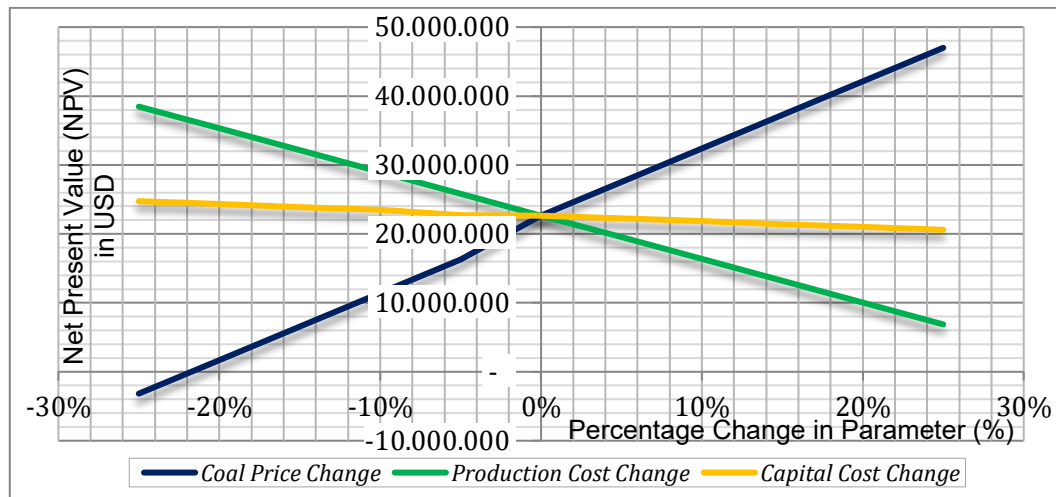


Gambar 5. Design pit optimum

Perhitungan *Net Present Value* (NPV) menunjukkan bahwa pit dengan variasi *stripping ratio* 5,5 merupakan alternatif yang paling optimal pada kondisi harga batubara saat ini. Rancangan pit tersebut, yang ditampilkan pada Gambar 5, memiliki luas area sekitar 37,01 hektare dengan rentang elevasi yang bervariasi, dimana elevasi terendah mencapai -30 meter di atas permukaan laut (mdpl).

Analisis sensitivitas terhadap perubahan harga Batubara dapat memengaruhi nilai *Net Present Value* (NPV) serta penentuan *stripping ratio* (SR) yang paling optimum dalam kegiatan penambangan. Perubahan harga batubara menyebabkan perbedaan tingkat kelayakan ekonomi pada setiap skenario SR yang dianalisis.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas yang telah dilakukan yang dapat dilihat pada Gambar 6, dapat disimpulkan bahwa variabel harga batubara memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap besarnya nilai *Net Present Value* (NPV) serta tingkat kelayakan ekonomi suatu kegiatan penambangan. Perubahan kecil pada harga batubara terbukti mampu memberikan dampak yang cukup besar terhadap peningkatan maupun penurunan nilai NPV yang dihasilkan. Pada kondisi harga batubara saat ini, nilai *stripping ratio* (SR) 5,5 menunjukkan kondisi yang paling optimum karena memberikan nilai NPV yang paling ekonomis dibandingkan dengan skenario lainnya, dapat diketahui bahwa fluktuasi harga sangat memengaruhi nilai *Net Present Value* (NPV) serta penentuan *stripping ratio* (SR) yang paling optimum dalam kegiatan penambangan. Perubahan harga batubara menyebabkan perbedaan tingkat kelayakan ekonomi pada setiap skenario SR yang dianalisis.



Gambar 6. Grafik analisis sensitivitas SR 5,5

Pada kondisi harga batubara saat ini (0%), nilai NPV tertinggi diperoleh pada SR 5,5 sebesar US\$ 21.155.938. Hasil ini menunjukkan bahwa SR 5,5 merupakan alternatif yang paling optimum karena menghasilkan keuntungan ekonomi terbesar dibandingkan variasi SR lainnya yang terlihat pada Tabel 5. Namun Pada kenaikan harga batubara sebesar 5%, SR 6,5 menghasilkan NPV tertinggi sebesar US\$ 26.282.455, melampaui SR 5,5. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan harga batubara memperluas batas ekonomis penambangan sehingga SR 6,5 menjadi alternatif yang lebih optimum selanjutnya. Pada kenaikan harga batubara sebesar 25%, NPV tertinggi diperoleh pada SR 7,5 sebesar US\$ 48.952.422. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan harga batubara mampu mengimbangi biaya pengupasan yang lebih besar sehingga SR yang lebih tinggi menjadi lebih optimum.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa harga batubara merupakan variabel yang sangat berpengaruh terhadap *nilai Net Present Value* (NPV) dan kelayakan ekonomi penambangan. Perubahan harga batubara memberikan dampak langsung terhadap besarnya pendapatan yang diperoleh, sehingga memengaruhi nilai NPV yang dihasilkan. Pada kondisi harga batubara saat ini, SR 5,5 merupakan kondisi yang paling optimum karena menghasilkan NPV tertinggi dibandingkan variasi SR lainnya. Namun, ketika harga batubara meningkat, batas ekonomis penambangan menjadi lebih luas sehingga penambangan dengan SR yang lebih tinggi tetap layak untuk dilakukan. Dalam kondisi tersebut, SR optimum dapat bergeser menjadi SR 6,5 hingga SR 7,5 karena peningkatan pendapatan mampu mengimbangi biaya pengupasan yang lebih besar dan menghasilkan NPV yang lebih tinggi.

Tabel 5. Analisis sensitivitas berdasarkan perubahan harga batubara

Perubahan	Coal Price Change 4,5	Coal Price Change 5,5	Coal Price Change 6,5	Coal Price Change 7,5
-25%	- 2,831,478	- 3,169,231	- 8,662,203	- 15,671,227
-20%	521,543	1,695,803	- 2,964,024	- 9,208,862
-15%	3,874,565	6,560,837	2,734,154	- 2,746,498
-10%	7,227,587	11,425,871	8,432,333	3,715,867
-5%	10,580,609	16,290,904	14,130,512	10,178,232
0%	13,933,630	21,155,938	19,828,690	16,640,597
5%	17,286,652	26,020,972	26,282,455	23,102,962
10%	20,639,674	30,886,006	31,225,047	29,565,327
15%	23,992,696	35,751,040	36,923,226	36,027,692
20%	27,345,717	40,616,074	42,621,405	42,490,057
25%	30,698,739	45,481,107	48,319,583	48,952,422

4. Simpulan

Penelitian ini berhasil menentukan batas penambangan (*pit limit*) optimum berdasarkan variasi *Stripping Ratio* (SR) dari nilai *Break Even Stripping Ratio* (BESR) pada PT Astaka Dodol dengan

mempertimbangkan indikator ekonomi NPV dan IRR. Berdasarkan evaluasi metode *Discounted Cash Flow* (DCF), desain *pit* dengan SR 5,5 disimpulkan sebagai kondisi paling optimum untuk parameter harga saat ini, menghasilkan nilai NPV sebesar USD 21.155.938 dan IRR mencapai 95%. Lebih lanjut, analisis sensitivitas membuktikan bahwa batas penambangan tersebut bersifat dinamis terhadap fluktuasi pasar; kenaikan harga batubara sebesar 5% menggeser *pit limit* optimum ke SR 6,5 (NPV USD 26.282.455), sedangkan kenaikan harga sebesar 25% memperluas batas penambangan hingga SR 7,5 dengan NPV tertinggi sebesar USD 48.952.422. Dengan demikian, peningkatan harga pasar batubara secara langsung meningkatkan batas SR optimum, sehingga area penambangan yang lebih luas dan dalam tetap layak serta menguntungkan untuk dieksploitasi.

Referensi

- A.Fizarro, Mukiat, S. (2021). Tingkat Keekonomian Kegiatan Penambangan Batubara PT. Citra Tobindo Sukses Perkasa Berdasarkan Metode Discounted Cashflow. *Jurnal Pertambangan*, 5(1), 45–53.
- Adiatma, D., Santoso, E., & Melati, S. (2025). Perancangan pit dan penjadwalan tambang batubara menurut analisis sensitivitas Break Even Stripping Ratio Pit Design and Mine Scheduling of Coal Mine Based on Sensitivity Analysis of Break Even Stripping Ratio. *Jurnal Himasapta*, 10(3), 169–174.
- Adista, sitti damayanti, & Moridu, I. (2020). Analisis capital budgeting terhadap kelayakan investasi aktiva tetap pada PT. Kharisma arta abadi guna luwuk kabupaten banggai. *Jurnal Emor*, 02(1), 70–83.
- Ardianti, N. A., & Prabowo, H. (2020). Estimasi Biaya dan Evaluasi Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Terhadap Efisiensi Penambangan Batubara pada Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Sawahlunto. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2), 22–31.
- Aswandi, D., & Yulhendra, D. (2023). Redesain Rancangan Ultimate Pit Dengan Menggunakan Software Minescape 4.118 Di Pit S41 PT. Energi Batu HitamKecamatan Muara Lawa & Siluq Ngurai, Kabupaten Kutai Barat,Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 153–164.
- Gultom, A.D.J., Virgiyanti, D., & Wijaya, D.A.K. Perhitungan biaya operasional alat angkut sany skt90 pada pengangkutan overburden di cv bunda kandung desa paringlahung kecamatan montallat kabupaten barito utara provinsi kalimantan tengah. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 22(1), 16-19
- Hardiman, V., Ibrahim, E., Setiawan, B., & Yusuf, M. (2024). Pemilihan Oprimum Pit Limit Berdasarkan Volatilitas Harga Batubara Menggunakan Discounted Cash Flow. *Jurnal Pertambangan*, 8(1), 1–10.
- Meliyana, M., Nurhakim, N., & Noor, R. H. (2024). Analisis dan evaluasi parameter kualitas batubara pada stock ROM dan crushing plant PT Jorong Barutama Greston. *Jurnal Himasapta*, 8(3), 179–
- Mukiat, & Asof, M. (2023). *Analisis Investasi Tambang*. PT Awfa Smart Media.
- One, L., Lumban, M., & Simatupang, A. P. (2024). Pengaruh Perubahan Harga Batubara Terhadap Rancangan Pit Limit Di PT. Pengembangan Investasi Riau. *Jurnal Ruang Luar Dan Dalam*, 07(02), 408–411.
- Sidiq, H., & Pusvito, I. (2017). Penentuan Pit Limit Penambangan Batubara Dengan Metode Lerchs-Grossmann Menggunakan 3DMine Software. *Jurnal Kurvatek*, 1(2), 67–72.
- Tarigan, A., Franto, & Guskarnali. (2025). KAJIAN KADAR SERTA PENENTUAN KELAYAKAN EKONOMI CASSITERITE PADA SISA HASIL PENGOLAHAN WASHING PLANT DI DESA TANJUNG GUNUNG. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 25(1), 39–45.
- Yulanda, A. Y., Toha, M. T., & Syarkowi, F. (2020). Optimasi Stripping Ratio Dengan Metode Discounted Cash Flow Pada Project Pitu Mulut Tambang. *Jurnal Pertambangan*, 4(3), 128–133.
- Zakri, R. S., & Saldy, T. G. (2019). Analisis Sensitivitas Deterministik Investasi Pengadaan Alat Berat di Perusahaan Pertambangan Batubara dengan Metode NPV. *Jurnal Bina Tambang*, 4(3), 396–397.