

## RANCANGAN ULANG *ULTIMATE PIT LIMIT* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN FLUKTUASI HARGA BATUBARA ACUAN PADA PIT GAR 2900

### *REDESIGN OF THE ULTIMATE PIT LIMIT CONSIDERING FLUCTUATIONS IN REFERENCE COAL PRICES AT PIT GAR 2900*

M. F. Seprizal<sup>1\*</sup>, Juventa<sup>2</sup>, Ericson<sup>3</sup>, A. Yanottama<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

<sup>1-4</sup>Jl. Jambi–Muara Bulian KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi

e-mail: <sup>1\*</sup>[mfaisalseprizal@unja.ac.id](mailto:mfaisalseprizal@unja.ac.id)

#### ABSTRAK

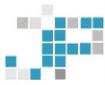
Industri pertambangan batubara di Indonesia khususnya tambang batubara kalori rendah, menghadapi tantangan signifikan akibat fluktuasi Harga Batubara Acuan (HBA) yang mengalami kenaikan 240% dari tahun 2020 sampai dengan 2022 dan penurunan sekitar 90% dari tahun 2022 hingga 2025. Fluktuasi ini berdampak pada perencanaan tambang dan penentuan batas penambangan (*ultimate pit limit*), serta mempengaruhi luas pit dan cadangan yang dapat diambil, termasuk pada Pit Abimanyu di PT Putra Muba Coal yang memiliki cadangan batubara kalori rendah. Penelitian ini bertujuan merancang ulang *ultimate pit limit* dengan mempertimbangkan perubahan Harga Batubara Acuan menggunakan metode *Incremental Pit Expansion*. Hasil menunjukkan bahwa pada harga batubara acuan USD 34,70 per ton, Pit Abimanyu dapat beroperasi pada *stripping ratio* (SR) 1,64 dengan luas pit 243,7 Ha dan cadangan 43,36 juta ton. Namun, jika harga batubara turun 50%, pit tersebut tidak lagi bernilai ekonomis karena nilai BESR kurang dari satu (1) atau biaya pengupasan *overburden* sudah lebih besar daripada keuntungan yang didapatkan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi perencanaan tambang yang adaptif terhadap dinamika pasar serta penyesuaian desain pit untuk memastikan keberlanjutan operasional perusahaan.

**Kata kunci:** *ultimate pit limit*, fluktuasi harga batubara, *incremental pit expansion*, *stripping ratio*, batubara kalori rendah

#### ABSTRACT

*The coal mining industry in Indonesia particularly low-calorie coal mines, faces significant challenges due to fluctuations in the Reference Coal Price, which experienced a 240% increase from 2020 to 2022 and a decrease of approximately 90% from 2022 to 2025. These fluctuations impact mine planning and the determination of the ultimate pit limit, as well as affecting the pit area and recoverable reserves, including at the Abimanyu Pit of PT Putra Muba Coal, which has low-calorie coal reserves. This study aims to redesign the ultimate pit limit by considering changes in the Reference Coal Price using the Incremental Pit Expansion method. The results indicate that at a reference coal price of 34.70 USD per ton, the Abimanyu Pit can operate at a stripping ratio (SR) of 1.64 with a pit area of 243.7 Ha and reserves of 43.36 million tons. However, if the coal price drops by 50%, the pit will no longer be economically viable because the BESR value is less than one (1) or the cost of overburden removal is greater than the profits obtained. Therefore, this research provides important contributions to the development of adaptive mine planning strategies in response to market dynamics and the adjustment of pit design to ensure the operational sustainability of the company.*

**Keywords:** *ultimate pit limit*, coal price fluctuations, *incremental pit expansion*, *stripping ratio*, low-calorie coal



## PENDAHULUAN

Industri pertambangan batubara di Indonesia menghadapi tantangan signifikan dalam memenuhi kebutuhan pasar yang terus berkembang. Dengan tingginya persaingan di pasar global, perusahaan-perusahaan pertambangan dituntut untuk tidak hanya memaksimalkan keuntungan, tetapi juga memastikan tingkat *recovery* tinggi dengan biaya minimal. Dalam konteks ini, perhitungan sumber daya dan cadangan yang akurat dan penentuan batas penambangan yang optimal menjadi sangat penting. Sebagai salah satu negara yang kaya akan cadangan batubara, Indonesia memiliki sekitar 60 persen batubara berkualitas rendah (*sub-bituminous*) dengan nilai kalori di bawah 6100 kcal/kg dari total cadangan batubara [1]. Kualitas batubara dipengaruhi oleh peringkatnya, yang merujuk pada proses *coalification*, di mana sisa-sisa tanaman yang terpendam mengalami perubahan menjadi material yang lebih padat dan kaya akan karbon [2].

Perubahan atau fluktuasi Harga Batubara Acuan dan kondisi perekonomian yang tidak stabil secara signifikan mempengaruhi perencanaan tambang dan penentuan *ultimate pit limit* [3]. Indonesia pernah mengalami kenaikan Harga Batubara Acuan sekitar 240% dari tahun 2020-2022 dan akhirnya mengalami penurunan sekitar 90% dari tahun 2022-2025 [4]. PT Putra Muba Coal merupakan perusahaan yang beroperasi di Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan, perlu melakukan perancangan ulang batas penambangan dengan menggunakan metode *Incremental Pit Expansion* untuk menghadapi kondisi tersebut.

Metode *Incremental Pit Expansion* merupakan metode optimasi pit yang umum diterapkan pada tambang terbuka dengan melalui pendekatan *trial* dan *error*. Di Indonesia, pemodelan geologi batubara umumnya menggunakan perangkat lunak *Stratmodel*, sementara desain tambang dilakukan dengan *Open Cut*, bagian dari aplikasi *Minescape*. Namun, perangkat lunak ini belum dilengkapi dengan aplikasi optimasi pit yang memadai dari perspektif ekonomi. Basis data model geologi yang disusun dalam *Stratmodel* sering kali tidak kompatibel dengan perangkat lunak optimasi pit lainnya, seperti *Minex Maximiser*. Dalam hal ini, optimasi pit yang dilakukan menggunakan Metode *Incremental Pit Expansion* menjadi lebih efisien dibandingkan harus menyusun ulang basis data model geologi pada perangkat lunak yang menyediakan optimasi pit.

Metode *Incremental Pit Expansion* berfungsi sebagai jembatan antara model geologi batubara dan desain tambang, serta perencanaan produksi yang dilakukan secara komputersasi. Pada metode ini, simulasi

digunakan untuk menghitung profitabilitas dalam berbagai skenario produksi dan rasio pengupasan atau *stripping ratio* [3]. Metode *Incremental Pit Expansion* akan diterapkan pada Pit Abimanyu yang memiliki kualitas GAR sekitar 2900. Dengan kualitas seperti ini, Pit Abimanyu sangat rawan terhenti penambangannya karena penurunan harga batubara seperti pada tahun 2018.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Aswandi & Yulhendra (2019) yang membahas mengenai redesain *ultimate pit* menggunakan *software Minescape* menunjukkan pentingnya penyesuaian desain pit dengan harga pasar yang berlaku [5]. Sementara itu, Yulanda, et al. (2020) menekankan perlunya mengoptimalkan *stripping ratio* melalui metode *discounted cash flow* untuk menentukan batas penambangan yang paling ideal dan optimal [6]. Penelitian oleh Wendly Wiwin, et al. (2020) juga memberikan wawasan mengenai penggunaan metode algoritma *Lerchs-Grossman* dalam menentukan batas penambangan optimal [7]. Namun, pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Incremental Pit Expansion*, yaitu simulasi berdasarkan perubahan Harga Batubara Acuan untuk memperkirakan keuntungan pada berbagai skenario produksi dan *stripping ratio* serta menekankan dampak fluktuasi harga batubara terhadap desain batas penambangan pada tambang batubara kalori rendah yang belum dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang ulang *ultimate pit limit* berdasarkan fluktuasi Harga Batubara Acuan di Pit Abimanyu, PT Putra Muba Coal. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif desain pit yang sesuai dengan fluktuasi harga batubara, sehingga perusahaan dapat memiliki beberapa skenario *Stripping Ratio* (SR) yang dapat dioptimalkan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi perencanaan tambang yang adaptif terhadap dinamika pasar, serta menekankan pentingnya penyesuaian desain pit untuk memastikan keberlanjutan operasional perusahaan.

## METODE PENELITIAN

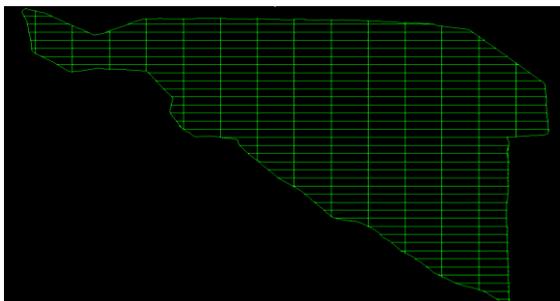
Penelitian ini dilakukan di PT Putra Muba Coal, yang secara administratif berlokasi di Desa Srigunung, Kecamatan Sungai Lilin, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi penambangan yang diteliti adalah Pit Abimanyu yang memiliki kualitas batubara sebagai berikut: *Calorific Value* (adb) 5.177 Kcal/Kg, *Calorific Value* (gar) 2.965 Kcal/Kg, *Ash Content* 5,58% (adb), *Total Sulfur* 0,20% (adb), *Inherent Moisture* 18,64% (adb) dan *Total Moisture* 53,42% (adb) [8].

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode *kuantitatif*, yang melibatkan prosedur-prosedur statistik atau teknik lain yang berkaitan dengan kuantifikasi atau pengukuran [9]. Data-data yang diperlukan terdiri dari data primer dan data sekunder, yang akan diolah dan digunakan untuk keperluan penelitian. Data primer diperoleh langsung dari lapangan dan terdiri dari dokumentasi kondisi lapangan yang relevan dengan penelitian. Kemudian, data sekunder diperoleh dari literatur dan arsip perusahaan. Data ini mencakup informasi dari Minescape *Project* PT PMC, yang meliputi *schema*, data topografi, data lokasi kerja perusahaan, batasan Izin Usaha Pertambangan (IUP), peta kesampaian daerah, serta data biaya penambangan.

Pengolahan data dilakukan dengan menggabungkan data primer dan sekunder yang telah diperoleh sebelumnya menggunakan *software* Minescape 5.7. Pada penelitian ini, optimasi pit dilakukan dengan metode *block modeling* melalui langkah-langkah sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan *Block Strip*

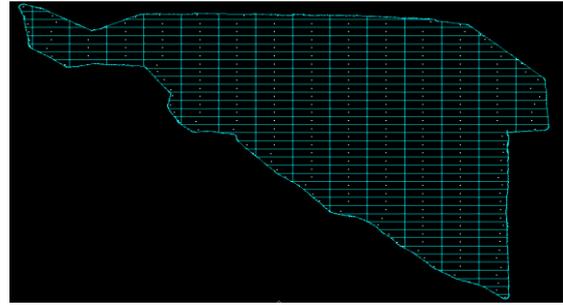
Langkah ini mencakup pembuatan *block strip* penambangan dengan ukuran 200 m x 50 m. Blok-blok ini dirancang untuk menghitung total cadangan batubara dan volume *overburden* di setiap blok, sehingga *stripping ratio* untuk masing-masing blok dapat ditentukan. *Block strip* dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



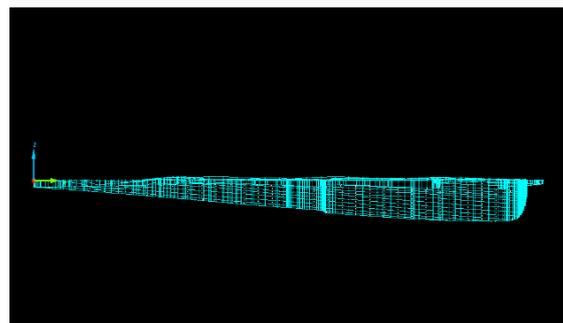
Gambar 1. *Block Strip* Penambangan

#### 2. Pembuatan *Project Solid*

*Project solid* memiliki tujuan untuk menghitung cadangan per blok sebagai sampel perhitungan cadangan dalam aplikasi MineScape 5.7. *Project solid* tampak atas (Gambar 2) dan tampak samping (Gambar 3) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. *Project Solid* Tampak Atas



Gambar 3. *Project Solid* Tampak Samping

#### 3. Pembuatan *Resgraphic*

*Resgraphic* disusun berdasarkan perhitungan blok-blok solid yang telah dibuat, sehingga mempermudah dalam menganalisis *stripping ratio* untuk setiap blok. Sebelum menentukan batasan penambangan (*ultimate pit limit*), perlu diperhitungkan nilai *stripping ratio* ekonomis yang akan ditambang, dengan komponen biaya bersumber dari PT PMC dan harga jual batubara berdasarkan Harga Batubara Acuan (HBA) terbaru Bulan Januari 2025.

#### 4. Pembuatan Desain Pit

Desain *ultimate pit limit* dibuat berdasarkan hasil perhitungan *resgraphic* dari nilai *Stripping Ratio* ekonomis. Desain geometri lereng tambang akan menghasilkan dinding-dinding pada pit yang dikenal sebagai *high wall* dan *low wall*. *High wall* merujuk pada sisi bukaan tambang yang memiliki sudut kemiringan tegak lurus terhadap lapisan batubara, sedangkan *low wall* adalah dinding lubang tambang yang memiliki sudut kemiringan searah dengan lapisan batubara [10]. Konstruksi desain pit yang dihasilkan akan ditampilkan dalam bentuk peta-peta yang dilengkapi dengan deskripsi mengenai pit tambang yang telah dipetakan. Parameter desain tambang yang direkomendasikan oleh PT PMC dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Rekomendasi Geoteknik PT Putra Muba Coal

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
1	<i>Single Slope</i>	°	45
2	<i>Overall Slope</i>	°	32
3	<i>Tinggi Bench</i>	m	6
4	<i>Lebar Berm</i>	m	3

Metode desain *ultimate pit limit* dapat dikategorikan berdasarkan beberapa faktor, seperti ukuran *deposit*, jumlah dan kualitas data yang tersedia, kemampuan analisis, serta asumsi yang dimiliki oleh insinyur. Pada tahap perencanaan, baik jangka panjang maupun pendek, langkah awal adalah menetapkan batas tambang, baik untuk tambang terbuka maupun tambang bawah tanah. Batasan ini menggambarkan jumlah batubara yang dapat diekstraksi serta volume material *overburden* yang perlu dipindahkan selama proses penambangan. Faktor-faktor seperti ukuran, geometri, dan lokasi tambang utama sangat krusial dalam merencanakan area untuk penimbunan tanah penutup (*overburden*), akses jalan, tempat penyimpanan, dan semua fasilitas lainnya yang ada di lokasi tambang. Pengetahuan lebih lanjut tentang desain batas tambang juga sangat berguna untuk mendukung kegiatan eksplorasi di masa depan [11].

Ketika merancang batas tambang, penting untuk mempertimbangkan nilai yang terkait dengan parameter fisik dan ekonomi. Batas tambang utama memiliki fungsi sebagai batas maksimum untuk semua material yang memenuhi kriteria fisik dan ekonomi. Material yang ada di dalam tambang memiliki dua tujuan utama:

1. Material dalam blok harus mampu menutupi seluruh biaya yang berhubungan dengan aktivitas penambangan, pengolahan, pemasaran, dan pengupasan material yang ada di atas blok tersebut.
2. Pemanfaatan material dalam blok harus dilakukan secara efisien untuk menjamin keberlanjutan sumber daya alam.

Pencapaian dari tujuan-tujuan ini adalah sebuah desain yang bertujuan untuk memaksimalkan total keuntungan tambang dengan mempertimbangkan parameter fisik dan ekonomi yang digunakan. Jika di masa depan terjadi perubahan pada parameter-parameter ini, maka desain tambang akan terpengaruh. Karena nilai dari parameter-parameter tersebut tidak dapat dipastikan pada tahap perancangan, seorang *engineer* diharapkan mampu merancang tambang dengan mempertimbangkan berbagai nilai untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh serta dampaknya terhadap batas tambang [12].

Batas fisik untuk penambangan ditentukan oleh beberapa faktor yaitu [13]:

1. Batas kewenangan penambangan.
2. Batas geologis, seperti adanya singkapan atau patahan.
3. Batas topografis, termasuk keberadaan sumber air besar seperti danau atau laut, serta perubahan topografi secara mendadak.
4. Batas yang berkaitan dengan infrastruktur lokal.
5. Batas ekonomis, yang merupakan batas di mana lapisan batubara dapat ditambang secara ekonomis.

Untuk menentukan batas ekonomis biasanya digunakan parameter seperti Rasio Pengupasan (*Stripping Ratio*, SR), Rasio Pengupasan Titik Impas (*Break Even Stripping Ratio*, BESR), dan Rasio Pengupasan Ekonomis.

*Stripping Ratio* (SR) merupakan perbandingan antara volume tanah penutup yang harus digali untuk mendapatkan satu ton batubara di lokasi yang akan ditambang [14]. Perhitungan *stripping ratio* dapat menggunakan Pers. (1).

$$SR = \frac{\text{Jumlah Waste}}{\text{Jumlah Coal}} \quad (1)$$

*Break Even Stripping Ratio* (BESR) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak *overburden* yang dapat dibuang untuk mendapatkan satu ton batubara sehingga tahap penambangan tetap menguntungkan (*max allowable stripping ratio*) dan untuk menetapkan batas pit (*pit limit*). BESR merupakan *ratio increment* tambang terakhir sepanjang *pit wall*. Hal ini berarti bahwa jika batas BESR terlampaui, maka usaha penambangan tersebut tidak akan menghasilkan keuntungan [6]. Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa jika nilai BESR > 1 maka tambang tersebut ekonomis untuk ditambang. Sebaliknya, jika nilai BESR < 1 maka tambang tersebut sudah tidak ekonomis lagi untuk ditambang, ini dikarenakan biaya pengupasan *overburden* sudah lebih besar daripada keuntungan atau *balance* yang didapat. Untuk menghitung BESR dapat menggunakan Pers. (2).

$$BESR = \frac{\text{Harga Jual} - \text{Total Biaya Penambangan}}{\text{Biaya Pengupasan OB}} \quad (2)$$

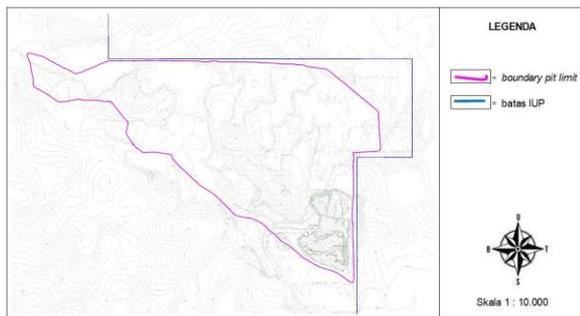
*Stripping ratio* ekonomis berguna untuk menetapkan batas nilai SR yang paling menguntungkan di lokasi pit yang akan ditambang [5]. Perhitungan *stripping ratio* ekonomis dapat menggunakan Pers. (3).

$$SR \text{ Ekonomis} = \frac{\text{Balance} - \text{Profit}}{\text{Stripping Cost}} \quad (3)$$

Tahap analisis data dilakukan untuk mengevaluasi hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Minescape 5.7 dan Microsoft Excel 2021. Hasil pengolahan mencakup perbandingan antara desain *ultimate pit limit* yang paling optimal dan ekonomis, batasan-batasan yang relevan, estimasi cadangan untuk setiap desain *ultimate pit limit*, serta luas area penambangan untuk setiap desain tersebut. Data yang telah diolah kemudian dirangkum untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang hasil penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Putra Muba Coal berencana untuk melanjutkan kegiatan penambangan di area Pit Abimanyu, yang sebelumnya dihentikan pada tahun 2018 akibat penurunan harga batubara yang signifikan pada saat itu. Pit Abimanyu memiliki total cadangan batubara sebesar 43,36 juta ton berdasarkan Laporan KCMI Estimasi Cadangan Batubara PT Putra Muba Coal Tahun 2021 dengan *boundary pit limit* yang ditunjukkan pada gambar berikut (Gambar 4).



Gambar 4. *Boundary Pit Limit* Pit Abimanyu

### Penentuan *Stripping Ratio* Ekonomis

Penentuan batas tambang dapat dilakukan melalui metode manual, sistem komputer, atau gabungan keduanya. PT Putra Muba Coal masih menggunakan perangkat lunak pemodelan geologi yang belum dilengkapi dengan fitur *optimasi pit*, sehingga proses penentuan batas pit masih dilakukan secara manual. Metode manual ini yang digunakan adalah *Incremental Pit Expansion* yang bersifat *trial and error*. Di sisi lain, SR dilakukan dengan menggunakan perhitungan matematis BESR dengan mempertimbangkan aspek profitabilitas dan keseimbangan (*balance*).

Jenis biaya yang digunakan dalam perhitungan ditentukan berdasarkan data atau informasi yang diperoleh dari PT Putra Muba Coal, dengan harga jual batubara mengikuti HBA terbaru per Januari 2025, yaitu sebesar 34,70 USD per ton untuk batubara dengan nilai kalori setara 3200 kcal/kg. Nilai tukar Rupiah terhadap USD pada Januari 2025 tercatat sebesar Rp 16.279/USD. Rincian komponen biaya penambangan disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Komponen Biaya Penambangan [15]

Jenis Biaya	Biaya	
	USD	Rp
Biaya Eksplorasi	0,5	8.139,5
Biaya Studi Kelayakan	0,1	1.627,9
Biaya Penambangan Batubara	2,96	48.185,95
Biaya Reklamasi	0,3	4.883,7
Pajak dan Royalti	5,5	89.534,5
<i>Marketing Fee</i>	3,25	52.906,75
<i>Overhead</i>	2,5	40.697,5
<b>JUMLAH BIAYA</b>	<b>15,11</b>	<b>245.975,8</b>
<b>BIAYA STRIPPING OB</b>	<b>5,57</b>	<b>90.674,03</b>
<b>HARGA JUAL BATUBARA</b>	<b>34,70</b>	<b>564.881,30</b>

### *Stripping Ratio* Ekonomis Dengan Harga Batubara Terkini

Untuk mendapatkan satu (1) ton batubara, total biaya penambangan yang diperlukan adalah Rp 245.975,8/Ton. Sementara itu, harga jual batubara berdasarkan Harga Batubara Acuan (HBA) di bulan Januari 2025 adalah sebesar Rp 564.881,30/Ton. Dengan demikian, *Balance* (keuntungan) yang diperoleh untuk per satu (1) ton batubara dapat dihitung sebagai berikut:

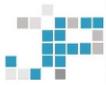
$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{harga jual} - \text{total biaya penambangan} \\ \text{Balance} &= \text{Rp } 564.881,30/\text{Ton} - \text{Rp } 245.975,8/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 318.905,61/\text{Ton} \end{aligned}$$

Kemudian, untuk nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) adalah sebagai berikut:

$$\text{BESR} = \frac{\text{Balance}}{\text{Biaya Pengupasan Overburden}}$$

$$\text{BESR} = \frac{\text{Rp } 318.905,61/\text{Ton}}{\text{Rp } 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$\text{BESR} = 3,52$$



PT Putra Muba Coal hanya mengambil 30% dari keuntungan (*balance*), maka nilai SR ekonomis adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= 30\% \times \text{balance} \\ &= 30\% \times \text{Rp } 318.905,61/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 95.671,68/\text{Ton} \end{aligned}$$

$$\text{SR} = \frac{(\text{balance} - \text{profit})}{\text{biaya pengupasan OB}}$$

$$\text{SR} = \frac{(\text{Rp } 318.905,61/\text{Ton} - \text{Rp } 95.671,68/\text{Ton})}{\text{Rp } 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$\text{SR} = 2,46$$

Menurut perhitungan SR ekonomis, dapat disimpulkan bahwa Pit Abimanyu masih memiliki nilai ekonomis, karena nilai SR ekonomis yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan nilai BESR berdasarkan harga batubara saat ini (Januari 2025). Desain LOM Pit Abimanyu memiliki SR sekitar 1,64 sehingga desain LOM tersebut masih dapat digunakan dan memberikan keuntungan yang optimal.

### Stripping Ratio Ekonomis Dengan Harga Batubara Turun 30%

Untuk mendapatkan satu (1) ton batubara, total biaya penambangan yang diperlukan adalah Rp 245.975,8/Ton. Sementara itu, jika harga jual batubara turun 30% dari Harga Batubara Acuan (HBA) bulan Januari 2025 adalah sebesar \$24,29/ton atau Rp 395.416,91/Ton. Dengan demikian, *Balance* (keuntungan) yang diperoleh untuk per satu (1) ton batubara dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{harga jual} - \text{total biaya penambangan} \\ \text{Balance} &= \text{Rp } 395.416,91/\text{Ton} - \text{Rp } 245.975,8/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 149.441,22/\text{Ton} \end{aligned}$$

Kemudian, untuk nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) adalah sebagai berikut:

$$\text{BESR} = \frac{\text{Balance}}{\text{Biaya Pengupasan Overburden}}$$

$$\text{BESR} = \frac{\text{Rp } 149.441,22/\text{Ton}}{\text{Rp } 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$\text{BESR} = 1,65$$

PT Putra Muba Coal hanya mengambil 30% dari keuntungan (*balance*), maka nilai SR ekonomis adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= 30\% \times \text{balance} \\ &= 30\% \times \text{Rp. } 149.441,22/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 44.832,37/\text{Ton} \end{aligned}$$

$$\text{SR} = \frac{(\text{balance} - \text{profit})}{\text{biaya pengupasan OB}}$$

$$\text{SR} = \frac{(\text{Rp } 149.441,22/\text{Ton} - \text{Rp } 44.832,37/\text{Ton})}{\text{Rp } 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$\text{SR} = 1,15$$

Dari perhitungan SR ekonomis di atas, dapat disimpulkan bahwa Pit Abimanyu masih memiliki nilai ekonomis, karena nilai SR ekonomis yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan nilai BESR. Apabila harga batubara mengalami penurunan sebesar 30%, maka desain *pit limit* perlu diubah untuk menyesuaikan dengan fluktuasi harga batubara demi mencapai keuntungan yang optimal.

### Stripping Ratio Ekonomis Dengan Harga Batubara Turun 40%

Untuk mendapatkan satu (1) ton batubara, total biaya penambangan yang diperlukan adalah Rp 245.975,8/Ton. Sementara itu, jika harga jual batubara turun 40% dari Harga Batubara Acuan (HBA) bulan Januari 2025 adalah sebesar \$20,82/ton atau Rp 338.928,78/Ton. Dengan demikian, *Balance* (keuntungan) yang diperoleh untuk per satu (1) ton batubara dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{harga jual} - \text{total biaya penambangan} \\ \text{Balance} &= \text{Rp } 338.928,78/\text{Ton} - \text{Rp } 245.975,8/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 92.953,09/\text{Ton} \end{aligned}$$

Kemudian, untuk nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) adalah sebagai berikut:

$$\text{BESR} = \frac{\text{Balance}}{\text{Biaya Pengupasan Overburden}}$$

$$\text{BESR} = \frac{\text{Rp } 92.953,09/\text{Ton}}{\text{Rp } 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$\text{BESR} = 1,03$$

PT Putra Muba Coal hanya mengambil 30% dari keuntungan (*balance*), maka nilai SR ekonomis adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= 30\% \times \text{balance} \\ &= 30\% \times \text{Rp } 92.953,09/\text{Ton} \\ &= \text{Rp } 27.885,93/\text{Ton} \end{aligned}$$

$$SR = \frac{(balance - profit)}{\text{biaya pengupasan OB}}$$

$$SR = \frac{(Rp. 92.953,09/\text{Ton} - Rp. 27.885,93/\text{Ton})}{Rp. 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$SR = 0,72$$

Dari perhitungan SR ekonomis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Pit Abimanyu masih memiliki nilai ekonomis, karena nilai SR ekonomis yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan nilai BESR. Apabila harga batubara mengalami penurunan sebesar 40%, maka desain *pit limit* perlu diubah untuk menyesuaikan dengan fluktuasi harga batubara demi mencapai keuntungan yang optimal.

### Stripping Ratio Ekonomis Dengan Harga Batubara Turun 50%

Untuk mendapatkan satu (1) ton batubara, total biaya penambangan yang diperlukan adalah Rp 245.975,8/Ton. Sementara itu, jika harga jual batubara turun 50% dari Harga Batubara Acuan (HBA) bulan Januari 2025 adalah sebesar \$17,35/ton atau Rp 282.440,65/Ton. Dengan demikian, *Balance* (keuntungan) yang diperoleh untuk per satu (1) ton batubara dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Balance &= \text{harga jual} - \text{total biaya penambangan} \\ Balance &= Rp 282.440,65/\text{Ton} - Rp 245.975,8/\text{Ton} \\ &= Rp 36.464,96/\text{Ton} \end{aligned}$$

Kemudian, untuk nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) adalah sebagai berikut:

$$BESR = \frac{Balance}{\text{Biaya Pengupasan Overburden}}$$

$$BESR = \frac{Rp.36.464,96/\text{Ton}}{Rp.90.674,03/\text{BCM}}$$

$$BESR = 0,40$$

PT Putra Muba Coal hanya mengambil 30% dari keuntungan (*balance*), maka nilai SR ekonomis adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Profit &= 30\% \times balance \\ &= 30\% \times Rp. 36.464,96/\text{Ton} \\ &= Rp. 10.939,49/\text{Ton} \end{aligned}$$

$$SR = \frac{(balance - profit)}{\text{biaya pengupasan OB}}$$

$$SR = \frac{(Rp. 36.464,96/\text{Ton} - Rp. 10.939,49/\text{Ton})}{Rp. 90.674,03/\text{BCM}}$$

$$SR = 0,28$$

Walaupun nilai SR ekonomis masih lebih kecil daripada nilai BESR, namun nilai BESR sudah kurang dari 1. Dengan kondisi ini, dapat disimpulkan bahwa Pit Abimanyu tidak lagi memiliki nilai ekonomis jika harga batubara turun sebesar 50%. Hal ini disebabkan oleh biaya pengupasan *overburden* sudah lebih tinggi daripada nilai keuntungan atau *balance* yang didapatkan.

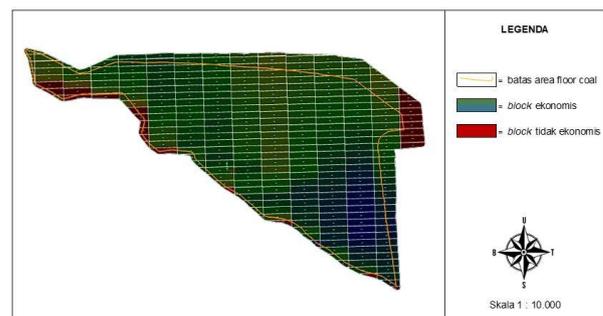
Hasil perhitungan *stripping ratio* ekonomis berdasarkan harga batubara dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** *Stripping Ratio* Ekonomis Berdasarkan Harga Batubara

No	Harga Batubara (USD)	Balance (Rp/Ton)	BESR	Profit (Rp/Ton)	SR
1	34,70	318.905,61	3,52	95.671,68	2,46
2	24,29	149.441,22	1,65	44.832,37	1,15
3	20,82	92.953,09	1,03	27.885,93	0,72
4	17,35	36.464,96	0,40	10.939,49	0,28

### Resgraphics dan Desain Pit Limit

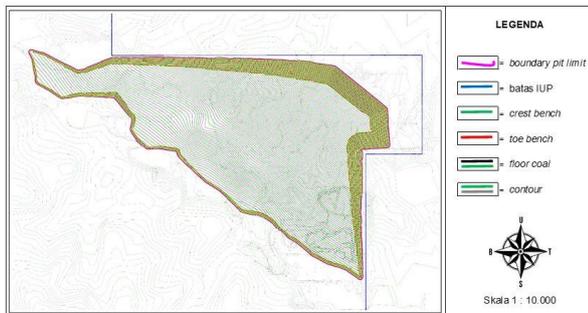
*Resgraphics* adalah sebuah fitur dalam aplikasi MineScape versi 5.7 yang menghasilkan gradasi warna berdasarkan konversi nilai *stripping ratio* (SR) yang didapatkan dari hasil perhitungan *project solid*. Hasil dari *resgraphics* ini dapat digunakan untuk menetapkan batas ekonomis dari *Pit Limit* dalam proses penambangan dengan mengamati gradasi warna yang dihasilkan. Gradasi warna ini berkaitan langsung dengan hasil perhitungan nilai SR dan nilai SR kumulatif. Setelah batas ekonomis *pit limit* ditentukan, maka desain pit dapat dibuat berdasarkan batas tersebut.



**Gambar 5.** *Resgraphic* SR 1,64

### Resgraphic dan Desain Pit SR 1,64

Berdasarkan nilai *stripping ratio* (SR) dan SR kumulatif yang didapatkan, *resgraphic* untuk nilai SR 1,64 ditunjukkan pada Gambar 5. Pada gambar di atas, hampir tidak ada *block* berwarna merah terang yang melewati garis *area floor coal* sehingga dapat disimpulkan bahwa semua *block* bernilai ekonomis untuk ditambang. Desain *pit limit* untuk nilai SR 1,64 adalah sebagai berikut (Gambar 6):

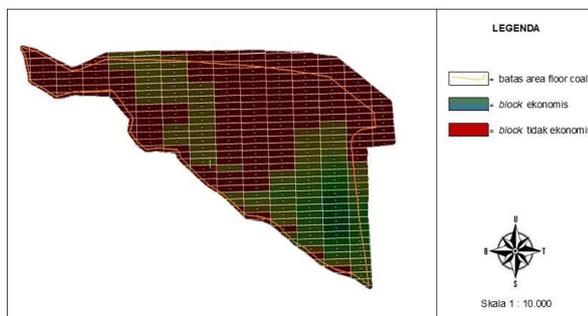


Gambar 6. Desain *Pit Limit* SR 1,64

Berdasarkan desain tersebut, dilakukan perhitungan cadangan tertambang dengan *recovery* penambangan sebesar 95%. Jumlah cadangan tertambang untuk desain *Pit* SR 1,64 adalah sebesar 71.233.620 BCM *overburden* dan 43.364.339 Ton batubara.

### Resgraphic dan Desain Pit SR 1,15

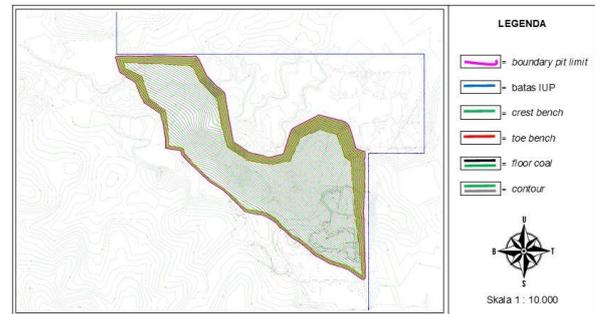
Berdasarkan nilai *stripping ratio* (SR) dan SR kumulatif yang didapatkan, *resgraphic* untuk nilai SR 1,15 ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. *Resgraphic* SR 1,15

Pada gambar di atas, beberapa blok berwarna merah terang melewati garis *area floor coal*, yang menandakan bahwa blok tersebut tidak memiliki nilai ekonomis untuk ditambang. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan desain *pit limit* untuk mencapai keuntungan

yang optimal jika harga batubara turun sebesar 30%. Desain *pit limit* untuk nilai SR 1,15 adalah sebagai berikut (Gambar 8):

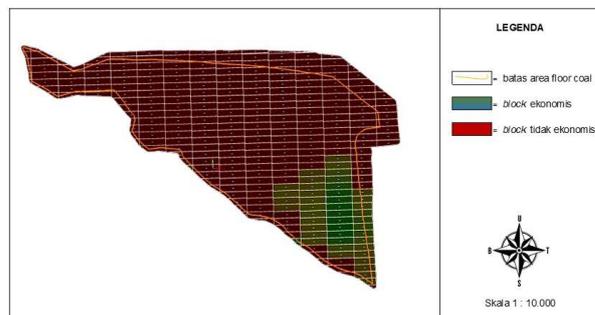


Gambar 8. Desain *Pit Limit* SR 1,15

Berdasarkan desain tersebut, dilakukan perhitungan cadangan tertambang dengan *recovery* penambangan sebesar 95%. Jumlah cadangan tertambang untuk desain *Pit* SR 1,15 adalah sebesar 15.224.025 BCM *overburden* dan 13.197.073 Ton batubara.

### Resgraphic dan Desain Pit SR 0,72

Berdasarkan nilai *stripping ratio* (SR) dan SR kumulatif yang didapatkan, *resgraphic* untuk nilai SR 0,72 ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.

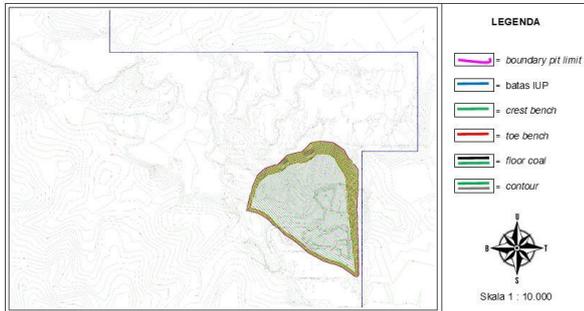


Gambar 9. *Resgraphic* SR 0,72

Pada gambar di atas, beberapa blok berwarna merah terang melewati garis *area floor coal*, yang menandakan bahwa blok tersebut tidak memiliki nilai ekonomis untuk ditambang. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan desain *pit limit* untuk mencapai keuntungan yang optimal jika harga batubara turun sebesar 40%. Desain *pit limit* untuk nilai SR 0,72 dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan desain tersebut, dilakukan perhitungan cadangan tertambang dengan *recovery* penambangan

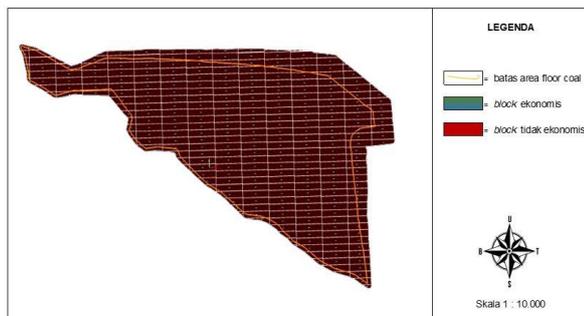
sebesar 95%. Jumlah cadangan tertambang untuk desain Pit SR 0,72 adalah sebesar 4.716.861 BCM *overburden* dan 6.561.819 Ton batubara.



**Gambar 10.** Desain *Pit Limit* SR 0,72

### Resgraphic dan Desain Pit SR 0,28

Berdasarkan nilai stripping ratio (SR) dan SR kumulatif yang didapatkan, resgraphic untuk nilai SR 0,28 ditunjukkan pada Gambar 11 berikut.



**Gambar 11.** Resgraphic SR 0,28

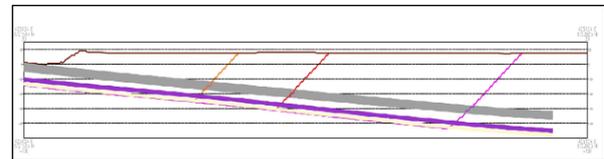
Pada gambar di atas, semua *block* berwarna merah terang melewati garis *area floor coal*, yang menandakan bahwa *block* tersebut tidak bernilai ekonomis untuk ditambang. Jika harga batubara turun sebesar 50% dan SR ekonomis bernilai 0,28 atau BESR < 1, maka Pit Abimanyu tidak layak lagi untuk ditambang.

**Tabel 4.** Perbandingan Desain *Pit Limit*

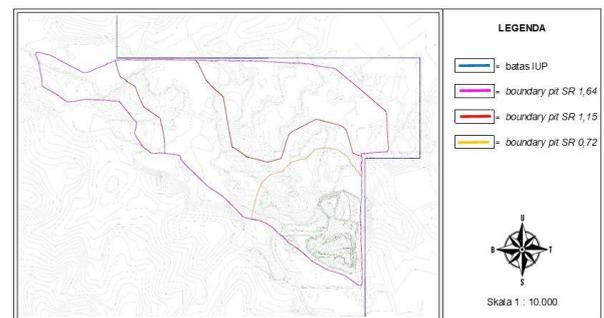
No	Desain Pit	Luas Pit (Ha)	Max Depth (m)	OB (BCM)	Coal (Ton)
1	SR 1,64	243,7	-87	71.233.620	43.364.339
2	SR 1,15	140,3	-63	15.224.025	13.197.073
3	SR 0,72	61,3	-52	4.716.861	6.561.819

### Perbandingan *Pit Limit*

Perbandingan masing-masing desain *pit limit* dapat dilihat pada Tabel 4. Penampang sayatan (*cross section*) masing-masing *pit limit* dapat dilihat pada Gambar 12 dan perbandingan batas pit dapat diamati pada Gambar 13.



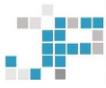
**Gambar 12.** Cross Section Masing-Masing *Pit Limit*



**Gambar 13.** Perbandingan Batas Pit

### KESIMPULAN

Perancangan ulang *ultimate pit limit* di Pit Abimanyu, PT Putra Muba Coal, sangat dipengaruhi oleh fluktuasi Harga Batubara Acuan. Dengan menggunakan metode *Incremental Pit Expansion*, penelitian ini berhasil mengidentifikasi beberapa skenario *stripping ratio* (SR) yang dapat dioptimalkan untuk memastikan kelayakan ekonomi penambangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *stripping ratio* ekonomis dan *break-even stripping ratio* (BESR) adalah kunci dalam menentukan batas penambangan yang layak. Dengan Harga Batubara Acuan (HBA) terkini (Januari 2025) yaitu sebesar 34,70 USD per ton dengan nilai tukar Rupiah terhadap USD pada Januari 2025 tercatat sebesar Rp 16.279/USD, Pit Abimanyu mampu beroperasi pada SR 1,64 dengan luas pit 243,7 Ha, kedalaman maksimum 87 meter di bawah permukaan laut dan memiliki cadangan sebesar 43,36 juta ton batubara. Jika HBA turun sekitar 30%, maka Pit Abimanyu mampu beroperasi pada SR 1,15 dengan luas pit 140,3 Ha, kedalaman maksimum 63 meter di bawah permukaan laut dan memiliki cadangan sebesar 15,22 juta ton batubara. Sedangkan jika HBA turun sekitar 40%, maka Pit Abimanyu mampu beroperasi pada SR



0,72 dengan luas pit 61,3 Ha, kedalaman maksimum 52 meter di bawah permukaan laut dan memiliki cadangan sebesar 4,71 juta ton batubara. Namun, jika HBA sudah turun hingga 50%, Pit Abimanyu sudah tidak bernilai ekonomis lagi karena nilai BESR  $< 1$  atau biaya pengupasan *overburden* sudah lebih besar daripada keuntungan atau *balance* yang didapatkan.

Penelitian ini menegaskan pentingnya penyesuaian desain pit dengan kondisi pasar yang dinamis, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan strategi perencanaan tambang yang lebih responsif terhadap perubahan harga batubara. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengelolaan sumber daya batubara yang lebih efisien, tetapi juga mendukung keberlanjutan operasional perusahaan di tengah tantangan pasar yang tidak menentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Seprizal, M. F., Hasjim, M., Juniah, R., (2022). Technical analysis of fixed screen in coal extraction activities (case study: PT MAL). *Mining Machines*, 4, 191-205.
- [2] Hardiman, V., Ibrahim, E., Setiawan, B., Yusuf, M., (2024). Pemilihan Optimum Pit Limit Berdasarkan Volatilitas Harga Batubara Menggunakan Discounted Cash Flow. *Jurnal Pertambangan*, 8(1), 1-10.
- [3] Rifandy, A., Sutan M.P, S., (2018). Optimasi Pit Tambang Terbuka Batubara Dengan Pendekatan *Incremental Pit Expansion*, BESR dan *Profit Margin*. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 2(24), 14-25.
- [4] Ditjen Minerba, (2025). ([https://www.minerba.esdm.go.id/harga\\_acuan](https://www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan)) diakses Maret 2025.
- [5] Aswandi, D., Yulhendra, D., (2019). Redesain Rancangan *Ultimate Pit* Dengan Menggunakan *Software* Minescape 4.118 Di Pit S41 PT Energi Batu Hitam Kecamatan Muara Lawa & Siluq Ngurai, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 153-164.
- [6] Arista Yulanda, Y., Toha, M. T., Syarkowi, F., (2020). Optimasi *Stripping Ratio* Dengan Metode *Discounted Cash Flow* Pada Project PLTU Mulut Tambang. *Jurnal Pertambangan*, 4(3), 128-133.
- [7] Wiwin, W., Nurhakim, Riswan, (2020). Analisis Batas Penambangan Optimal Batubara Menggunakan Metode Algoritma *Lerchs-Grossman* 2D Pada PT Metalindo Bumi Raya. *Jurnal Himasapta*, 5(1), 9-12.
- [8] Sutrisno. (2021). Laporan KCMi Estimasi Cadangan Batubara Pada Usaha Pertambangan PT Putra Muba Coal. Musi Banyuasin: PT Putra Muba Coal.
- [9] Hardianti, S., Rohimin, M., Maryana, (2023). Perbandingan Volume Produksi *Overburden* Pada Survey *Progress* Dengan Metode Ritase Alat Angkut Pada PT ABC, Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Pertambangan*, 7(3), 122-126.
- [10] Najib, Belia, N. P., Hidayatillah, A. S., Nugroho, K. S. A., (2024). Analisis Kestabilan Lereng Tambang Batubara Menggunakan Metode *Rock Mass Rating* (RMR), *Slope Mass Rating* (SMR), dan Kesetimbangan Batas *Morgenstren-Price* Wilayah *Low Wall* Pit Y PT Bina Sarana Sukses, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik*, 45(2), 170-182.
- [11] Hariyadi, S., Rahman, (2017). Rancangan Teknis Desain *Push Back* Penambangan Batubara Pada Pit 1A Di PT Nata Energi Resources *Job Site* PT Atha Marth Naha Kramo, Kabupaten Malinau, Propinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 21(2), 25-39.
- [12] Hariyadi, (2018). Kajian Teknis Tahapan Penambangan Batubara Pada PT Mega Global Energy Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 1(23), 43-57.
- [13] Putera, A.S. (2019). *Perencanaan Teknis Sekuen Penambangan Batubara Dan Disposal Overburden PT Budi Gema Gempita, Lahat, Sumatera Selatan*. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.
- [14] Bargawa, W.S., (2018), *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Kilau Book.
- [15] Tim Mine Plan Engineer PT Putra Muba Coal. (2021). *Arsip Perencanaan Tambang PT Putra Muba Coal*. Musi Banyuasin: PT Putra Muba Coal.