

Aplikasi Ekonometrika dalam Penentuan BESR: Studi Kasus Penahapan Penambangan PT Gunungbayan Pratamacoal

Econometrics Application in Determining BESR: A Case Study of PT Gunungbayan Pratamacoal's Mine Pushback

Karina Shella Putri*¹, Agus Triantoro², Randy Lavianus Samosir³

¹⁻³ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

Corr Author: *karinashella@ulm.ac.id, agus@ulm.ac.id, randy.samosir@yahoo.com

ABSTRAK

Desain penambangan merupakan bagian yang penting dalam perencanaan tambang. Wilayah yang akan ditambang dipartisi menjadi beberapa fase berbeda. Maksud dari penelitian ini adalah menentukan tahapan penambangan di PT Gunungbayan Pratamacoal yang memberikan nilai ekonomis. Penentuan tahapan penambangan menggunakan analisis Break Even Stripping Ratio (BESR). Data-data yang digunakan dalam perhitungan BESR antara lain data deret waktu harga batubara beserta variabel yang mempengaruhinya seperti produksi batubara Indonesia, konsumsi batubara Indonesia, konsumsi batubara India, konsumsi batubara Jepang, dan harga minyak mentah dunia, serta biaya penambangan seperti biaya pembongkaran dan pengangkutan overburden dan batubara. Variabel seperti harga batubara diramalkan dengan pendekatan ekonometrika, serta biaya penambangan berdasarkan perubahan jarak angkut per tahun. Data-data yang dibutuhkan untuk desain penambangan antara lain data hasil eksplorasi (singkapan, log bor, test pit), topografi situasi, geometri lereng, dan data alat gali muat dan alat angkut yang digunakan dari ketersediaan alat di perusahaan. Hasil prediksi harga batubara dari tahun 2019 sampai dengan 2021 yaitu 93,63 USD/ton, 108,16 USD/ton dan 111,35 USD/ton. SR yang digunakan dalam rancangan tahapan penambangan dari tahun 2019 sampai dengan 2021 yaitu 11,48; 12,98; dan 12,38. Volume overburden, tonase batubara, dan luas area yang menjadi target penambangan dari tahun 2019 sampai dengan 2021 berturut-turut yaitu 4.335.153 BCM, 377.492 ton, dan 16,04 ha; 4.898.514 BCM, 377.338 ton, dan 29,74 ha; 4.427.264 BCM, 357.492 ton, dan 39,40 ha.

Kata-kata kunci: batubara, deret waktu, harga, peramalan, stripping ratio

ABSTRACT

Mine design is an essential aspect of mine planning. The different phases will divide the mining site. This research aims to determine the mining pushback at PT Gunungbayan Pratamacoal, which provides economic value using Break Even Stripping Ratio (BESR) analysis. The data used in the BESR calculation include time series data on coal prices and their influencing variables, such as Indonesian coal production, Indonesian coal consumption, Indian coal consumption, Japanese coal consumption, and world crude oil prices; and mining costs, such as excavation and hauling fees for overburden and coal. The forecasting of coal prices used an econometric approach and mining costs based on changes in hauling distances per year. The data needed for mining design includes exploration data (outcrop, drill logs, test pit), situation topography, slope geometry, and data on excavating and hauling equipment from equipment availability at the company. The forecast results for coal prices from 2019 to 2021 are 93.63 USD/ton, 108.16 USD/ton, and 111.35 USD/ton. The SR used in the design of mining stages from 2019 to 2021 are 11.48, 12.98, and 12.38. The volume of overburden, coal tonnage, and area that are the mining targets from 2019 to 2021 are 4,335,153 BCM, 377,492 tonnes, and 16.04 ha; 4,898,514 BCM, 377,338 tons and 29.74 ha; 4,427,264 BCM, 357,492 tons and 39.40 ha.

Keywords: coal, forecasting, price, stripping ratio, time series

Submitted: 24-03-2023; Revised: 31-01-2024; Accepted: 01-03-2024; Available Online: 08-03-2024

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2024, Geosapta

PENDAHULUAN

[1] Potensi batubara yang ada di Indonesia masih memungkinkan untuk dapat lebih ditingkatkan dengan memberikan prioritas terhadap [2, 3] pengembangan dan pemanfaatannya. [4] Dalam bauran energi nasional, batubara masih akan memiliki kontribusi terbesar dalam proyeksi bauran energi primer sampai dengan tahun 2025. Peningkatan total cadangan batubara Indonesia akibat peningkatan eksplorasi terjadi sejak tahun 2012. Namun begitu peningkatan tersebut juga diikuti dengan peningkatan produksi batubara baik untuk komoditi ekspor maupun untuk [5] pemenuhan kebutuhan energi domestik.

Perencanaan dan pelaksanaan penambangan batubara yang dilakukan dengan baik dapat menghasilkan

tingkat produksi penambangan batubara yang memenuhi peningkatan demand baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Desain penambangan merupakan bagian yang penting dalam perencanaan tambang. Desain penambangan yang kurang baik dapat menurunkan efektifitas dan efisiensi proses penambangan sehingga mengakibatkan biaya penambangan bertambah tinggi. Oleh karena itu, prosedur dan sistematika yang baik dalam desain penambangan harus diterapkan sebagai patokan dalam penentuan tahapan penambangan tersebut. [6] Strategi dalam perencanaan tambang terbuka dilakukan di bawah berbagai sumber risiko teknis dan keuangan seperti kadar, harga, dan nilai tukar mata uang asing. Dalam lingkungan yang tidak pasti seperti itu, ada kemungkinan bahwa kadar

aktual, harga, dan nilai tukar pada waktu produksi akan berbeda dari tujuan blok optimal yang telah dipilih pada waktu perencanaan, sehingga mengoptimalkan tujuan blok (penggalian dan penimbunan) merupakan tantangan. [7] Dalam desain tambang terbuka, wilayah yang akan ditambang dipartisi menjadi *pushback*, subwilayah yang memungkinkan penambangan dibagi menjadi beberapa fase berbeda. *Pushback* praktis terhubung, memenuhi lebar minimum untuk peralatan pertambangan dan termasuk jalur pengangkutan. Model *pushback* biasanya membutuhkan intervensi yang signifikan oleh para engineer tambang. [8] Berbagai permodelan matematika pun diusulkan sebagai pendekatan solusi dalam memaksimalkan keuntungan dalam batasan geospasial dan desain.

Maksud dari penelitian ini adalah menentukan tahapan penambangan yang memberikan nilai ekonomis dalam penambangan batubara. Tahapan penambangan ditentukan menggunakan analisis Break Even Stripping Ratio (BESR). Model yang digunakan yaitu BESR bervariasi yaitu menggunakan harga batubara yang cenderung berubah-ubah tiap tahun, biaya produksi yang mengalami kenaikan setiap tahun dan biaya pengupasan material penutup yang berubah sesuai jarak timbunan material penutup pertahunnya. [9] Berbagai metode dapat digunakan namun tetap melibatkan pertimbangan ketidakpastian pasar yang mengakibatkan volatilitas harga. [10] Harga komoditas sangat penting untuk perencanaan tambang di antara faktor stokastik lainnya seperti biaya penambangan dan ketidakpastian geologis. Peramalan harga dibutuhkan untuk mengestimasi nilai pada setiap blok penambangan. [11] Akurasi prediksi model peramalan harga batubara mempengaruhi kinerja dari optimasi desain dan batas penambangan.

METODOLOGI

Data yang dikumpulkan antara lain peta topografi dan model endapan diperoleh dengan memodelkan menggunakan basis data komputer dari data hasil eksplorasi (singkapan, log bor, test pit) dan data survey yang didapat dari technical department, geometri lereng yang digunakan sama dengan yang diterapkan di Pit 16PU yang berada di sebelah Pit 30PU yaitu berada di Blok Payang, *time series data* harga batubara menggunakan Australian Thermal Coal, data variable pengaruh harga batubara menggunakan British Petroleum Statistical Review 2018, dan data alat gali muat dan alat angkut yang digunakan dari ketersediaan alat di perusahaan.

Pengolahan data yang dilakukan yaitu pengujian asumsi klasik terhadap pembentukan model harga batubara, melakukan peramalan harga batubara dari tahun 2019 sampai dengan 2021, perancangan final pit, pembuatan tahapan penambangan berdasarkan *Break Even Stripping Ratio* (BESR) yang mempertimbangkan prediksi perubahan harga batubara, dan perhitungan cadangan batubara dan volume overburden setiap tahapan.

Instrumentasi dan teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Permodelan harga batubara dan peramalan variabel-variabel pengaruh menggunakan bantuan perangkat lunak EViews 9.
2. Perancangan pit menggunakan bantuan perangkat lunak Minescape 5.7.
3. Pembuatan tahapan penambangan dengan bantuan Microsoft Excel.

Tabel-1. Data variabel model harga batubara

Tahun	Harga Batubara (USD/ton)	Produksi Indonesia (Mtoe)	Konsumsi Indonesia (Mtoe)	Konsumsi India (Mtoe)	Konsumsi Jepang (Mtoe)	Harga Minyak Mentah (USD/barel)
2000	26,25	45,40	13,16	164,38	95,49	28,50
2001	32,31	54,53	16,71	165,75	97,78	24,44
2002	25,31	60,89	17,24	173,13	10,,86	25,02
2003	26,09	67,34	23,14	181,33	106,73	28,83
2004	52,95	77,99	21,26	192,91	109,55	38,27
2005	47,62	89,99	24,37	211,19	114,04	54,52
2006	49,09	114,18	28,87	219,30	112,35	65,14
2007	65,73	127,84	36,22	240,03	117,71	72,39
2008	127,10	141,57	31,51	259,27	120,31	97,26
2009	71,84	150,96	33,17	280,83	101,63	61,67
2010	98,97	162,14	39,48	290,38	115,71	79,50
2011	121,45	208,17	46,88	304,63	109,61	111,26
2012	96,36	227,39	53,02	329,99	115,82	111,67
2013	84,56	279,66	57,01	352,78	121,15	108,66
2014	70,13	269,94	45,12	387,54	119,11	98,95
2015	58,94	271,98	51,16	395,27	118,99	52,39
2016	66,12	268,82	53,36	405,64	118,81	43,73
2017	88,52	271,65	57,16	423,97	120,53	54,19
2018	107,02	323,30	61,56	452,22	117,47	71,31

Pembentukan model harga batubara untuk peramalan menggunakan pendekatan ekonometrika. Ekonometrika mengasumsikan bahwa faktor yang diperkirakan dalam hal ini ialah variabel tidak bebas (dependen) memiliki hubungan sebab akibat dengan satu atau beberapa variabel bebas (independen). Model yang dibentuk merupakan persamaan matematika regresi linier berganda. Penelitian ini menggunakan data [12] harga batubara sebagai variabel dependen dan variabel independent menggunakan data [13] produksi batubara Indonesia sebagai faktor supply, konsumsi batubara Indonesia, konsumsi batubara India, konsumsi batubara Jepang sebagai faktor demand, dan harga minyak mentah sebagai faktor substitusi. Data-data ini bersifat time series dengan rentang waktu per tahun dari 2000 sampai dengan 2018 ($n = 19$) yang dapat dilihat pada Tabel-1.

[14] Proses permodelan harga batubara didasarkan pada 10 asumsi yang harus dipenuhi agar persamaan regresi linier berganda yang dibentuk dapat digunakan untuk peramalan. Asumsi-asumsi tersebut antara lain: model regresi linier dalam parameternya; nilai regresor tetap atau berdiri sendiri terhadap residual (kovarians nol antara residual dan setiap variabel independen); untuk variabel independen tertentu, mean pada residual adalah nol; untuk variabel independen tertentu, [15] varians residual bersifat konstan atau homoskedastisitas; untuk variabel independen tertentu, [16] tidak ada autokorelasi atau korelasi seri di antara residual; jumlah observasi n harus lebih besar dari jumlah parameter yang diestimasi; terdapat variasi yang cukup pada nilai variabel independen; [17] tidak ada multikolinearitas di antara variabel independen; spesifikasi model tidak bias; dan residual terdistribusi secara normal. Parameter pada model regresi dinyatakan *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE) apabila hasil pengujian pada asumsi-asumsi tersebut terpenuhi.

Tahapan penambangan (*pushback*) merupakan *mineable geometries* pada suatu pit penambangan, dari tahapan awal hingga ke bentuk akhir pit penambangan. Terdapat istilah-istilah lain yang digunakan antara lain *phases*, *slices*, dan *stages*. Tahapan tersebut membagi perencanaan jangka panjang ke dalam satuan blok-strip agar teknis penambangan menjadi lebih sistematis untuk dilakukan. Selama ini rancangan tambang tiga dimensi terasa kompleks, dengan pendekatan *pushback* desain pit menjadi lebih sederhana. Aspek waktu dalam penahapan penambangan juga merupakan elemen penting yang tidak dapat dipisahkan.

Berikut merupakan tahapan dalam perencanaan *pushback* adalah :

1. Penentuan ultimate pit limit.
2. Penentuan SR dan target produksi
3. Pembentukan design *pushback* (untuk unit kecil minimal lebar *pushback* adalah 80ft sedangkan untuk unit besar (truck kelas 150-200 ton) lebar *pushback* antara 135 – 150 ft).

Konsep BESR digunakan untuk batas penentuan apakah masih menguntungkan sistem penambangan dilakukan secara tambang terbuka. Selain harga batubara yang digunakan untuk menghitung pendapatan, dalam perhitungan BESR dibutuhkan pula [18] biaya produksi batubara dan biaya pengupasan tanah penutup (lihat Tabel-2).

Tabel-1. Biaya penambangan

Kegiatan		Biaya
Pembongkaran Overburden	2,41	\$/bcm
Pemindahan Overburden	1,74	\$/bcm/km
Penggalian Batubara	1,7	\$/ton
Pengangkutan Batubara	0,28	\$/ton/km

Tahapan penambangan berdasar pada perbedaan SR menurut perubahan BESR sebagai batas SR maksimal dalam tahun prediksi yaitu tahun 2019, 2020, dan 2021. SR digunakan untuk merancang pit dengan target produksi batubara dan volume tanah penutup yang bisa dipindahkan. Target produksi batubara di PT Gunungbayan Pratamacoal Blok II yaitu 300.000 ton/tahun berdasarkan persetujuan RKAB 2019.

Berdasarkan data yang diberikan perusahaan terdapat 130 *seam* batubara di bagian Blok Payang. Namun penelitian ini berfokus pada *seam* 30, 31, 32, 33, dan 34 yang terdapat pada Blok Payang bagian utara. *Seam-seam* tersebut mempunyai beberapa layer yaitu *seam* 30 (30 dan 30L), *seam* 31 (31A dan 31B), *seam* 32 (32A dan 32B), *seam* 33 (33 dan 33L), dan *seam* 34 (34A dan 34B). Model lapisan batubara relatif barat-timur dengan kemiringan lapisan $\pm 25^\circ$ dan ketebalan lapisan antara 0,19 sampai 5,25 meter.

Geometri yang digunakan pada Blok Payang antara lain ketinggian jenjang 5 meter, sudut tunggal 60° , dan geometri front kerja berupa tinggi 10 meter, lebar 25 meter, dan Panjang 10 meter.

HASIL DAN DISKUSI

Permodelan dan Peramalan Harga Batubara

Persamaan matematika yang melibatkan regresi dan koefisien didapat dilihat pada Persamaan (1) dengan variabel-variabel yaitu harga batubara (Pc_t), produksi batubara Indonesia (Qid_t), konsumsi batubara Indonesia (Cid_t), konsumsi batubara India (Cin_t), konsumsi batubara Jepang (Cjp_t), dan harga minyak mentah (Po_t).

$$Pc_t = -0,937899447654(Qid_t) + 1,28062270479(Cid_t) + 0,765385015635(Cin_t) + 0,33137260742(Cjp_t) + 0,984319759704(Po_t) - 65,0569173857$$

$$R^2 = 0,821485 \quad SE = 15,72400 \quad (1)$$

Hasil pengujian asumsi klasik menunjukkan bahwa parameter yang dihasilkan dalam model bersifat BLUE (*Best Linier Unbiased Estimator*) yang mana rangkuman hasil uji dapat dilihat pada Tabel-3.

Pengukuran akurasi model dengan instrument [19] THEIL menunjukkan hasil sebagai berikut :

- a. *Bias Proportion (Systematic error)* senilai 0,000000 (0%), maka dapat dikatakan rata-rata *forecast* sama dengan rata-rata *actual*.
- b. *Variance Proportion* senilai 0,049121 (4,9121%), maka dapat dikatakan terdapat variasi antara *forecast* dengan *actual* tidak fluktuatif.
- c. *Covariance Proportion (Unsystematic error)* senilai 0,950879 (95,0879%), maka dapat dikatakan 95,0879% error tidak terjadi pada sistem ataupun residual.

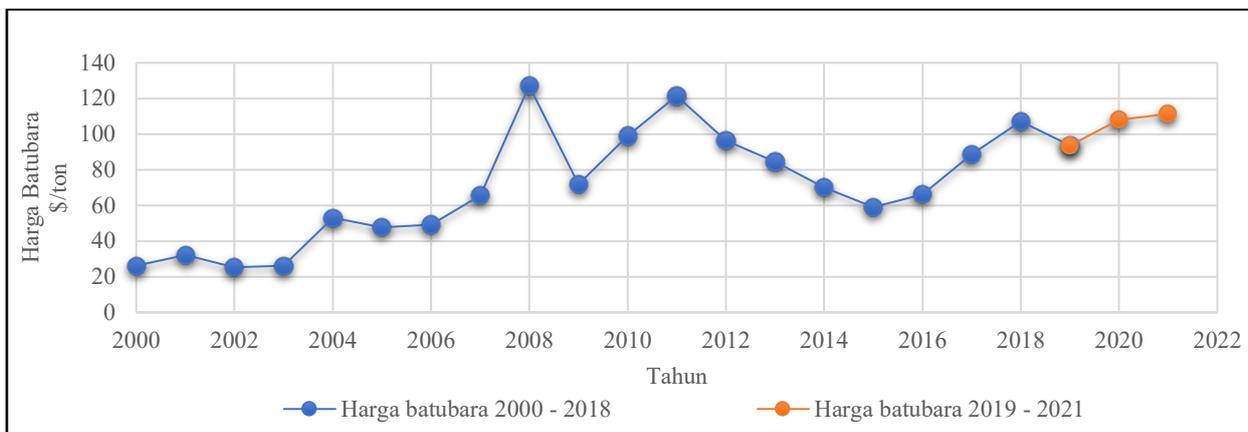
Tabel-3. Uji parameter estimator model harga batubara

Pengujian	Pvalue	Hipotesis Null	Syarat	Keterangan
Normalitas				
Jarque-Bera	0,625319	Residual terdistribusi normal	$Pvalue > \alpha$	Hipotesa diterima
Signifikansi				
F test	0,000172	Variabel bebas tidak mempengaruhi variabel terikat	$Pvalue > \alpha$	Hipotesa ditolak
Autokorelasi				
LM Test	0,1512	Tidak terjadi autokorelasi	$Pvalue > \alpha$	Hipotesa diterima
Heteroskedastisitas				
Breusch-Pangan-Godfrey Test	0,0660	Tidak terjadi heteroskedastisitas	$Pvalue > \alpha$	Hipotesa diterima

*) nilai $\alpha = 0,05$ (5%)

Tabel-4. Peramalan variabel independen

Variabel Independen	Tahun			Metode Peramalan
	2019	2020	2021	
Produksi Indonesia (Mtoe)	326,74	343,74	370,18	Additive Seasonal
Konsumsi Indonesia (Mtoe)	53,46	64,17	71,18	Multiplicative Seasonal
Konsumsi India (Mtoe)	471,47	490,72	509,98	Triple Exponential Smoothing
Konsumsi Jepang (Mtoe)	114,69	119,57	117,59	Multiplicative Seasonal
Harga Minyak Mentah (USD/barel)	74,99	78,68	82,37	Triple Exponential Smoothing



Gambar-1. Grafik perubahan harga batubara

Berdasarkan persamaan matematika yang dibentuk menunjukkan bahwa variabel bebas berdasarkan faktor demand seperti konsumsi batubara Indonesia, konsumsi batubara India, konsumsi batubara Jepang, serta faktor substitusi seperti harga minyak mentah dunia memiliki hubungan searah dengan variabel terikatnya. Berbeda halnya dengan variabel bebas berdasarkan faktor supply yaitu produksi batubara Indonesia yang memiliki hubungan berbanding terbalik dengan variabel terikatnya.

Metode yang digunakan dalam memprediksi harga batubara yaitu *exponential smoothing* karena dalam metode ini memperbaiki peramalan dengan menghaluskan nilai masa lalu dari suatu data runtut waktu secara eksponensial. [20, 21] *Simple smoothing* memiliki signifikansi yang lebih akurat dari pada *moving average* tanpa pembobotan. Metode dalam kelompok ini memerlukan adanya penentuan parameter tertentu dan nilai dari parameter terletak antara 0

dan 1. Setiap variabel yang diramalkan dalam penelitian ini, dilakukan percobaan pada 5 pendekatan *exponential smoothing* yaitu [22] *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, *Triple Exponential Smoothing*, *Additive Seasonal*, dan [23] *Multiplicative Seasonal* yang kemudian dipilih berdasarkan nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) terkecil. Hasil peramalan variabel bebas dapat dilihat pada Tabel-4, kemudian dimasukkan ke dalam model harga batubara pada Persamaan (1). Hasil peramalan harga batubara dapat dilihat pada Gambar-1.

BESR sebagai Kriteria Desain Pit

BESR sebagai kriteria desain pit mengacu pada perubahan tiga parameter yaitu harga batubara, biaya pembongkaran overburden dan biaya produksi batubara yang berubah – ubah. Harga batubara berdasarkan hasil

forecasting, biaya pembongkaran overburden dan biaya produksi batubara mengalami kenaikan sesuai dengan data laporan *year on year* (YoY) 2018 – 2019 PT Gunungbayan Pratamacoal senilai 8,4%.

Rancangan dan Tahapan Penambangan

Jalan tambang terdiri dari 2 bagian, jalan dalam pit dan jalan *hauling*. Jalan tambang dirancang menggunakan dua jalur. Batas atas kecepatan *dump truck* yaitu 40 km/jam. Sedangkan saat bermuatan di tikungan batas atas kecepatan adalah 15 km/jam. Dimensi jalan dalam pit yang dirancang berpedoman pada ketentuan bahwa lebar jalan angkut (secara cross section) minimum adalah 3,5 kali lebar alat angkut terbesar, selain itu rancangan juga menambahkan komponen penyaliran dan *berm* pada sisi jalan angkut. Rencana alat angkut terbesar yang digunakan adalah *dump truck* dengan kapasitas 50 m³, dengan lebar ± 5,54 m, maka lebar jalan angkut adalah 23 meter, sedangkan kemiringan maksimumnya 12%. Untuk jalan di luar pit menggunakan jalan angkut yang sudah ada. Safety berm dikonstruksikan pada kedua sisi jalan angkut dengan tinggi sekitar 1 m (0,5 x tinggi ban *dump truck* sebesar ± 2 m) apabila di dekat tebing.

Tahapan penambangan merupakan pembagian *pit* menjadi unit atau bagian yang lebih kecil agar lebih mudah dalam penanganannya. Perancangan tahapan penambangan pada penelitian ini berdasarkan periode tahunan dengan

target produksi yang ditentukan oleh pihak perusahaan senilai 300.000 ton pertahun.

Blok-Strip direncanakan untuk menghitung cadangan sebuah pit (volume *overburden* dan tonase batubara) yang lebih detail. Pada penelitian ini menggunakan ukuran yaitu 50 x 50 m. Pembuatan blok yang akan digunakan dalam perhitungan cadangan adalah dari blok 2 sampai dengan blok 54 dan dari strip 1 sampai dengan strip 7 sehingga akumulasi blok-strip dalam penelitian ini berjumlah 274.

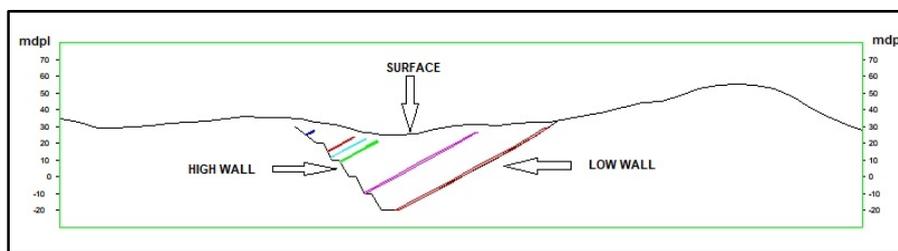
Dalam melakukan pembagian *pit* menjadi bentuk yang lebih kecil agar mudah penanganannya yang diperlukan yaitu target produksi dan *Economic Stripping Ratio*. Pada penelitian ini pembagian *pit* dilakukan mengacu pada harga batubara pada saat itu dan harga batubara cenderung berubah-ubah. Maka *Stripping Ratio* setiap tahapan penambangan akan cenderung berubah-ubah menyesuaikan dengan harga batubara yang akan datang. Dari hasil perhitungan BESR didapatkan *Stripping Ratio* per tahun yaitu pada tahun 2019 *Stripping Ratio* 11,48 : 1, pada tahun 2020 *Stripping Ratio* 12,98 : 1 dan pada tahun 2021 *Stripping Ratio* 12,38 : 1. Penambangan mengacu pada target produksi pertahun yaitu 300.000 ton per tahun. Sehingga blok – strip yang akan digali sudah diberi batasan saat penggalian yang sudah mengacu pada *Stripping Ratio*. Untuk melihat berapa hasil volume overburden, volume batubara, luas area serta SR per tahun dapat dilihat pada Tabel-6.

Tabel-5. Perubahan BESR

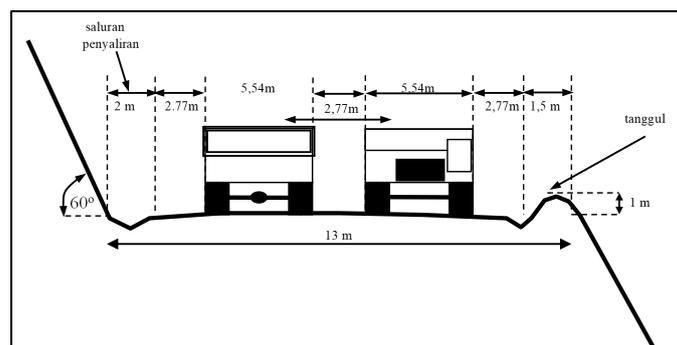
Variabel	Tahun		
	2019	2020	2021
Harga Batubara (USD/ton)	93,63	108,16	111,35
Penggalian dan pengangkutan OB (USD/BCM)	5,18	5,62	6,09
Penggalian dan pengangkutan batubara (USD/ton)	6,8	7,37	7,99
BESR (BCM/ton)	16,76	17,95	16,98

Tabel-6. Hasil perhitungan batubara dan OB

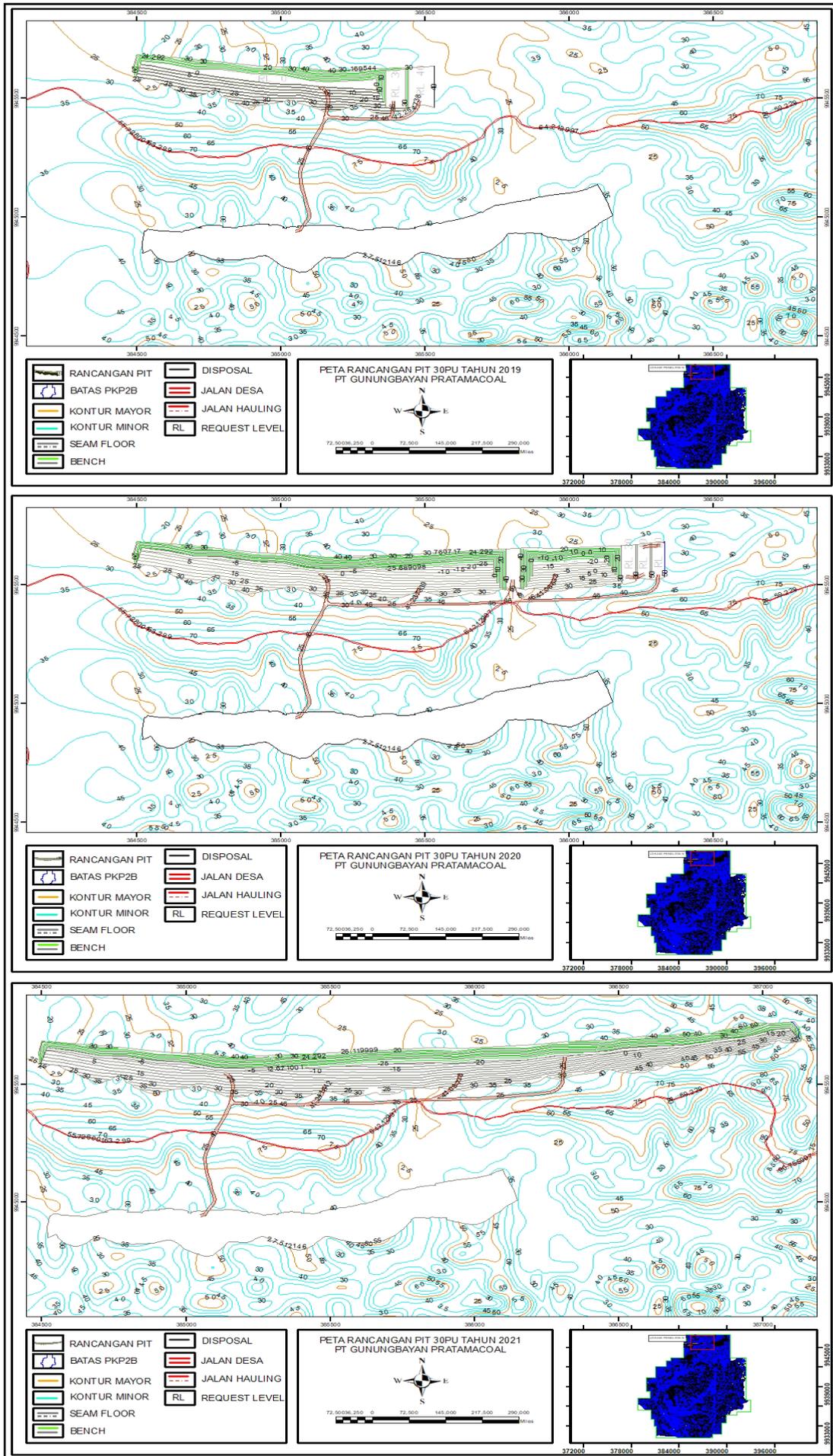
Tahun	SR (BCM/ton)	Luas Area (Ha)	Batubara (ton)	Overburden (BCM)
2019	11,48	16,04	377.492,30	4.335.153,57
2020	12,98	29,74	377.338,02	4.898.514,82
2021	12,38	39,40	357.492,63	4.427.264,47
Total			1.116.418,31	13.666.355,37



Gambar-2. Geometri lereng pit



Gambar-3. Dimensi jalan tambang



Gambar-4. Rancangan pit penambangan tahun 2019, 2020, dan 2021

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil prediksi harga batubara pada tahun 2019 yaitu 93,63 USD/ton, pada tahun 2020 yaitu 108,16 USD/ton dan pada tahun 2021 yaitu 111,35 USD/ton. Nilai BESR berdasarkan hasil prediksi adalah pada tahun 2019 yaitu 16,76 BCM/ton, pada tahun 2020 yaitu 17,95 BCM/ton dan pada tahun 2021 yaitu 16,98 BCM/ton. Rancangan final pit memiliki total volume overburden yaitu 13.666.355 BCM dan total cadangan batubara senilai 1.116.418 ton. Rancangan tahapan penambangan dengan tiga keadaan sesuai dengan hasil perhitungan BESR adalah sebagai berikut : rancangan pada tahun 2019 dengan luas area 16,04 ha dan elevasi terendah 0 mdpl, memiliki volume overburden sebesar 4.335.153 BCM dan cadangan batubara sebesar 377.492 ton dengan Stripping Ratio 11,48 : 1; rancangan pada tahun 2020 dengan luas area 29,74 ha dan elevasi terendah 0 mdpl, memiliki volume overburden sebesar 4.898.514 BCM dan cadangan batubara 377.338 ton dengan Stripping Ratio 12,98 : 1; dan rancangan pada tahun 2021 dengan luas area 39,40 ha dan elevasi terendah 0 mdpl, memiliki volume overburden sebesar 4.427.264 BCM dan cadangan batubara 357.492 ton dengan Stripping Ratio 12,38 : 1.

Rancangan Pit yang dihasilkan dari penelitian ini berdasarkan hasil forecasting ekonometrika yang mana menggunakan data – data statistik yang dikumpulkan oleh badan yang berwenang yang memiliki keakuratan hampir sempurna apabila tidak terjadi faktor – faktor lain yang mempengaruhi perubahan harga batubara. Akan tetapi metode ini bisa digunakan untuk menjadi suatu acuan pembuatan rancangan long term yang diharapkan tidak terjadi perubahan besar pada keadaan variable pengaruh harga batubara yang besar di dunia. Apabila terjadi, maka perlunya pembuatan variable yang lebih banyak serta analisis keadaan negara yang berhubungan. Saran untuk penelitian selanjutnya terkait penelitian ini yaitu: penambahan faktor yang mempengaruhi perubahan harga batubara, penambahan rentang waktu data historis yang digunakan untuk forecasting, pembuatan short term planning, dan perlu menambahkan sistem penyaliran tambang pada perencanaan.

DAFTAR ACUAN

1. Afin AP and Kiono BFT. Potensi Energi Batubara serta Pemanfaatan dan Teknologinya di Indonesia Tahun 2020–2050: Gasifikasi Batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*. 2021; No.2. Vol.2. 144-122.
2. Triantoro A, Mustofa A, and Gultom MO. Karakteristik Biobriket Campuran Bottom Ash Batubara dengan Arang Tempurung Kelapa dan Arang Kayu. *Jurnal GEOSAPTA*. 2022; No.2. Vol.8. 127-131.
3. Triantoro A, Mustofa A, and Saputri AW. Studi Pemanfaatan Campuran Bottom Ash Batubara Dengan Serbuk Kayu Dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ditinjau Dari Parameter Kualitas. *Jurnal GEOSAPTA*. 2022; No.1. Vol.7. 65-70.
4. Dewan Energi Nasional. *Outlook Energi Indonesia 2022*. 2022; Dewan Energi Nasional. Jakarta.
5. Putri KS, Nurhakim N, Novianti, YS, and Safitri N. Kebutuhan Energi Listrik Guna Menggerakkan Sektor Ekonomi Strategis di Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*. 2022; No.2. Vol.8. 133-143.
6. Meagher C, Abdel Sabour SA, and Dimitrakopoulos R. *Pushback design of open pit mines under geological and market uncertainties*. 2009; s.l., s.n., 297-304.
7. Yarmuch JL, Brazil, M, Rubinstein H, and Thomas DA. A mathematical model for mineable pushback designs. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2021; No.7. Vol.35. 523-539.
8. Nancel-Penard P and Morales N. Optimizing pushback design considering minimum mining width for open pit strategic planning. *Engineering Optimization*. 2022; No.9. Vol.54. 1494-1508.
9. Suparno F, Paithankar A and Chatterjee S. *Developing risk assessment of push-back designs for an Indonesian coal mine under price uncertainty*. 2020; s.l. AIP Publishing LLC. p. 080002.
10. Madziwa L, Pillalamarry MR and Chatterjee S. Integrating Stochastic Mine Planning Model with Ardl Commodity Price Forecasting. *SSRN*. 2022; Vol. 4240596.
11. Cao B, et al. *Application of coal price prediction method based on ISSA-LSSVR method in state optimization design of inclined seam open-pit mine*. 2022; s.l.:Research Square.
12. IHS Markit. *McCloskey Coal Report*. 2018; IHS Markit. London.
13. British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*. 2019; British Petroleum. London.
14. Gujarati DN and Porter DC. *Basic Econometrics*. 2009; Ed.5. McGraw-Hill/Irwin. New York.
15. White H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of The Econometric Society*. 1980; No.4. Vol.48. 817-838.
16. Vogelpang B. *Econometrics: Theory and Applications With Eviews*. 2005; Pearson Education Limited. Harlow(Essex).
17. Farrar DE and Glauber RR. Multicollinearity in regression analysis: the problem revisited. *The Review of Economics and Statistics*. 1967; No.1. Vol.49. 92-107.
18. *Biaya Produksi untuk Penentuan Harga Batubara*. Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara No. 466.K/32/DJB/2015. 2015.
19. Pindyck RS and Rubinfeld DL. *Econometric Models and Economic Forecasts*. 1990; Ed.4. McGraw-Hill. New York.
20. Makridakis S, et al. The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of forecasting*. 1982; No.2. Vol.1. 111-153.
21. Gardner Jr ES. Exponential smoothing: The state of the art. *Journal of forecasting*. 1985; No.1. Vol.4. 1-28.
22. Kalekar PS. Time series forecasting using holt-winters exponential smoothing. *Kanwal Rekhi school of information Technology*. 2004; No.13. Vol.4329008. 1-13.
23. Chatfield C, Koehler AB, Ord JK and Snyder RD. A new look at models for exponential smoothing.

- Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*. 2001; No.2. Vol.5. 147-159.
24. Basuki. *Buku Pengantar Ekonometrika*. 2016; Ed.1. Yogyakarta.
 25. Tannant DD and Regensburg B. *Guidelines for Mine Haul Road Design*. 2001; University of British Columbia – Okanagan. Canada.
 26. Hustrulid W, Kuchta M and Martin R. *Open Pit Mine Planning & Design. Volume 1–Fundamentals*. 2006; CRC Press. London.
 27. Sulistyana W. *Buku Perencanaan Tambang*. 2018; Ed.8. Yogyakarta.
 28. Wijaya KG, Idrus A, Sasongko W. Analisis break even stripping ratio dan desain pit tambang batubara PT. X. 2012; In *Proceeding The 41st IAGI Annual Convention and Exhibition*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 485-489.