

**Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Volume Produksi
Perusahaan Tambang Batubara di Indonesia Menggunakan
Metode Regresi Data Panel Dinamis****Jingga Ayunda Margareta*, Haeruddin, Fachruzzaki, Utari Retno Sulistyorini**
*Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember**Email: jinggaayunda222@gmail.com**SARI**

Volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia tidak selalu sebanding dengan besarnya cadangan yang dimiliki, sehingga diperlukan kajian yang mengintegrasikan faktor geologi dan faktor ekonomi dalam menjelaskan variasi produksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh sumber daya, cadangan, biaya produksi, dan Harga Batubara Acuan (HBA) terhadap volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia serta membandingkan pengaruh jangka pendek dan jangka panjangnya. Penelitian menggunakan data panel 12 perusahaan tambang batubara periode 2015–2024 yang dianalisis dengan regresi data panel dinamis menggunakan metode *Generalized Method of Moments* (GMM). Kebaruan penelitian terletak pada penerapan model GMM untuk mengintegrasikan faktor sumber daya dan cadangan dengan faktor ekonomi (biaya produksi dan HBA) dalam menjelaskan dinamika volume produksi perusahaan tambang batubara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model memenuhi seluruh uji spesifikasi GMM. Secara parsial, sumber daya, cadangan, dan biaya produksi berpengaruh positif signifikan terhadap volume produksi, sedangkan HBA tidak berpengaruh signifikan. Secara simultan, seluruh variabel berpengaruh signifikan dengan nilai *Adjusted R²* sebesar 0,9647. Analisis elastisitas menunjukkan bahwa pengaruh jangka panjang seluruh variabel lebih besar dibandingkan pengaruh jangka pendek, dengan biaya produksi sebagai faktor yang paling dominan. Hasil penelitian menegaskan bahwa peningkatan volume produksi lebih ditentukan oleh kapasitas operasional yang didukung ketersediaan sumber daya dan cadangan dibandingkan oleh fluktuasi harga batubara.

Kata kunci: volume produksi batubara; biaya produksi; HBA; GMM; data panel dinamis.

How to Cite: Jingga, A.M., Fachruzzaki, H. dan Sulistyorini, U.R. 2026. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Volume Produksi Perusahaan Tambang Batubara di Indonesia Menggunakan Metode Regresi Data Panel Dinamis. Jurnal Geomine, 14 (1): 26-39.**Published By:**Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia**Address:**Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan**Email:**geomine@umi.ac.id**Article History:**

Submit December 16, 2025

Received in from January 30, 2026

Accepted March 18, 2026

Lisensec By:[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ABSTRACT

The production volume of coal mining companies in Indonesia is not always proportional to the size of their reserves, so a study that integrates geological and economic factors is needed to explain production variations. This study aims to analyze the influence of resources, reserves, production costs, and the Reference Coal Price (HBA) on the production volume of coal mining companies in Indonesia and compare the short-term and long-term effects. The study uses panel data from 12 coal mining companies for the period 2015–2024, analyzed by dynamic panel data regression using the Generalized Method of Moments (GMM). The novelty of the study lies in the application of the GMM model to integrate resource and reserve factors with economic factors (production costs and HBA) in explaining the dynamics of coal mining companies' production volume. The results show that the model meets all GMM specification tests. Partially, resources, reserves, and production costs have a significant positive effect on production volume, while HBA has no significant effect. Simultaneously, all variables have a significant effect with an Adjusted R^2 value of 0.9647. Elasticity analysis shows that the long-term effect of all variables is greater than the short-term effect, with production costs being the most dominant factor. The research results confirm that the increase in production volume is more determined by operational capacity supported by the availability of resources and reserves than by fluctuations in coal prices.

Keywords: coal production volume; production costs; HBA; GMM; dynamic panel data.

PENDAHULUAN

Batubara masih menjadi salah satu komoditas strategis yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Produksi batubara nasional meningkat dari 461 juta ton pada tahun 2015 menjadi 836 juta ton pada tahun 2024 seiring tingginya permintaan energi global, terutama dari negara-negara Asia yang masih menjadikan batubara sebagai sumber energi utama (Kementerian ESDM, 2025). Selain mendukung ketahanan energi, sektor ini juga memberikan kontribusi yang besar terhadap devisa ekspor dan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) (Badan Pusat Statistik, 2025; Kementerian ESDM, 2025). Namun, peningkatan produksi nasional tidak selalu diikuti oleh peningkatan produksi pada setiap perusahaan. Perusahaan dengan cadangan batubara yang besar belum tentu menghasilkan volume produksi yang lebih tinggi dibandingkan perusahaan dengan cadangan yang lebih kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa volume produksi dipengaruhi oleh kombinasi faktor geologi dan faktor ekonomi, bukan hanya oleh besarnya cadangan batubara.

Penelitian terdahulu umumnya membahas keterkaitan produksi batubara dengan ekspor, harga, atau profitabilitas perusahaan. Ambya dan Hamzah (2022) menunjukkan bahwa harga batubara berpengaruh terhadap ekspor batubara Indonesia, sedangkan Safitri dan Hartati (2020) serta Hanif dan Taufik (2023) menemukan bahwa volume produksi berpengaruh positif terhadap ekspor batubara. Endri et al. (2021) melaporkan bahwa harga batubara meningkatkan profitabilitas perusahaan tambang. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut menempatkan volume produksi sebagai variabel independen atau hanya mengkaji satu kelompok faktor secara terpisah. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam menjelaskan volume produksi sebagai variabel dependen yang dipengaruhi secara simultan oleh faktor geologi, yaitu sumber daya dan cadangan, serta faktor ekonomi berupa biaya produksi dan Harga Batubara Acuan (HBA). Selain itu, penelitian sebelumnya umumnya menggunakan model regresi statis sehingga belum mampu menangkap dinamika produksi antarperiode.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan faktor geologi dan faktor ekonomi dalam satu model regresi data panel dinamis menggunakan pendekatan *Generalized Method of Moments* (GMM). Pendekatan ini dipilih karena mampu mengatasi



potensi endogenitas sekaligus mengakomodasi pengaruh volume produksi periode sebelumnya terhadap periode berjalan (Baltagi, 2005; Wicaksono et al., 2023). Kebaruan penelitian terletak pada analisis pengaruh sumber daya, cadangan, biaya produksi, dan HBA terhadap volume produksi perusahaan tambang batubara Indonesia secara simultan, serta pengukuran perbedaan efek jangka pendek dan jangka panjang dari masing-masing variabel. Hasil penelitian diharapkan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang menentukan volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang meliputi data sumber daya, cadangan, biaya produksi, Harga Batubara Acuan (HBA), dan volume produksi 12 perusahaan tambang batubara di Indonesia selama periode 2015–2024, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Sampel penelitian ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* dari seluruh perusahaan tambang batubara di Indonesia dengan mempertimbangkan ketersediaan data yang lengkap dan berkesinambungan mengenai sumber daya, cadangan, volume produksi, serta biaya produksi selama periode pengamatan, sehingga diperoleh 12 perusahaan yang memenuhi kriteria penelitian.

Tabel 1. Profil Perusahaan Sampel Penelitian

No	Kode	Nama Perusahaan
1	ADRO	PT Alamtri Resources Indonesia
2	ARII	PT Atlas Resources Tbk
3	ARUTMIN	PT Arutmin Indonesia
4	BEK	PT Bharinto Ekatama
5	BRAU	PT Berau Coal Energy
6	BYAN	PT Bayan Resources Tbk
7	IMM	PT Indominco Mandiri
8	IPC	PT Internasional Prima Coal
9	JBG	PT Jorong Barutama Greston
10	KPC	PT Kaltim Prima Coal
11	PTBA	PT Bukit Asam Tbk
12	TCM	PT Trubaindo Coal Mining

Commented [JG1]: Perusahaan

Variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri dari satu variabel independen dan empat variabel dependen. Untuk lebih rincinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Variabel yang Digunakan dalam Penelitian

Simbol	Variabel	Satuan
Y	Volume produksi batubara	Ton
X_1	Sumber daya batubara	Ton
X_2	Cadangan batubara	Ton
X_3	Biaya produksi	USD
X_4	Harga Batubara Acuan	USD

Transformasi Data

Sebelum dilakukan estimasi, seluruh variabel penelitian ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural ($\ln$). Transformasi ini bertujuan untuk menyederhanakan skala data yang memiliki rentang nilai sangat besar, membuat distribusi data lebih mendekati normal, menstabilkan sebaran data, serta menghasilkan koefisien yang dapat diinterpretasikan sebagai elastisitas (Ghozali, 2011; Gujarati & Porter, 2009). Selain itu, variabel lag volume

produksi ($y_{i,t-1}$) dibentuk dengan menggeser nilai volume produksi satu periode ke belakang sebagai representasi volume produksi periode sebelumnya yang menjadi ciri khas model panel dinamis.

Generalized Method of Moment (GMM)

Penelitian ini menggunakan metode estimasi *Generalized Method of Moments* (GMM) tipe *System GMM* (Sys-GMM) yang dikembangkan oleh Blundell dan Bond (1998). Metode ini dipilih karena volume produksi perusahaan tambang batubara memiliki sifat dinamis, di mana tingkat produksi pada periode sebelumnya dapat memengaruhi keputusan produksi pada periode berikutnya. Selain itu, beberapa variabel independen berpotensi mengalami masalah endogenitas sehingga metode regresi konvensional dapat menghasilkan estimator yang bias dan tidak konsisten. Berbeda dengan *Difference GMM* yang hanya menggunakan persamaan dalam bentuk diferensiasi pertama, *System GMM* mengestimasi secara simultan persamaan dalam level dan *first difference* dengan memanfaatkan variabel lag sebagai instrumen internal. Pendekatan ini mampu meningkatkan efisiensi dan konsistensi estimasi, terutama pada data panel dengan jumlah individu relatif sedikit, periode pengamatan yang lebih panjang, serta variabel yang memiliki persistensi tinggi (Blundell & Bond, 1998; Roodman, 2009). Oleh karena itu, *System GMM* dinilai lebih sesuai untuk mengestimasi pengaruh sumber daya, cadangan, biaya produksi, dan Harga Batubara Acuan (HBA) terhadap volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia.

Model penelitian disusun berdasarkan konsep fungsi produksi Cobb-Douglas yang menjelaskan hubungan antara *output* dan faktor-faktor produksi. Dalam penelitian ini, sumber daya dan cadangan batubara diperlakukan sebagai modal alami (*natural capital*) yang menentukan kapasitas produksi, sedangkan biaya produksi merepresentasikan intensitas penggunaan faktor produksi operasional. Model regresi data panel dinamis yang digunakan dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.

$$y_{i,t} = \delta y_{i,t-1} + x'_{i,t} \beta + \mu_{i,t} \quad (2)$$

Keterangan:

- i : 1,2, ..., N : indeks unit *cross section* yang diamati.
- t : 1,2, ..., T : indeks periode waktu (*time series*) yang diamati.
- $y_{i,t}$: Variabel dependen pada unit ke- i dan periode ke- t
- β : Skalar dari efek grup atau individu dari data cross-section ke- i periode waktu ke- t
- $x'_{i,t}$: variabel bebas ke- k untuk objek ke- i pada waktu ke- t
- $\mu_{i,t}$: komponen galat (*error term*) pada unit ke- i dan periode ke- t

Koefisien β dalam model secara langsung merepresentasikan pengaruh jangka pendek. Adapun pengaruh jangka panjang (*Long Run Elasticity*/LRE) dihitung menggunakan Persamaan 3 (Wicaksono dkk., 2023).

$$LRE = \left(\frac{\beta}{1 - \delta} \right) \quad (3)$$

Dalam metode GMM model divalidasi dengan tiga uji spesifikasi parameter, sebagai berikut.

- a. Uji Sargan: memverifikasi validitas instrumen, dengan syarat *p-value* > tingkat signifikansi yang digunakan yaitu 0,05 (Wicaksono dkk, 2023).
- b. Uji Arellano-Bond: mendeteksi autokorelasi orde kedua pada residual model, dengan syarat *p-value* AR(2) > 0,05 (Arellano & Bond, 1991).
- c. Uji Ketidakhiasan: memastikan koefisien lag dependen GMM berada di antara nilai estimasi FEM dan CEM/PLS (Utami dkk, 2025).

Setelah model dinyatakan valid, pengujian signifikansi dilakukan melalui uji Z secara parsial dan uji Wald secara simultan pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ (Arellano & Bond, 1991).



Kemampuan model dalam menjelaskan variasi volume produksi diukur menggunakan nilai *Adjusted-R²* dengan rumus matematis yang dapat dilihat pada Persamaan 4 untuk nilai *R²* dan Persamaan 5 untuk nilai *Adjusted-R²* (Chessa, 2021).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \quad (5)$$

Dengan *n* adalah jumlah observasi dan *k* adalah jumlah variabel independen. Apabila nilai *Adjusted-R²* pada suatu estimasi mendekati angka satu, maka dapat dikatakan bahwa variabel dependen dijelaskan dengan baik oleh variabel independennya (Chessa, 2021).

Prosedur Analisis

Analisis dilakukan secara bertahap melalui alur berikut.

- 1) Analisis statistik deskriptif: menyajikan karakteristik data penelitian melalui ukuran statistik meliputi nilai rata-rata (mean), median, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi untuk seluruh variabel
- 2) Transformasi data: seluruh variabel ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural (ln) untuk menyederhanakan skala data, menstabilkan sebaran, dan membuat distribusi data lebih mendekati normal (Ghozali, 2011).
- 3) Estimasi model GMM: Data yang telah ditransformasikan selanjutnya diestimasi menggunakan metode *Generalized Method of Moments* (GMM).
- 4) Uji spesifikasi parameter: memeriksa spesifikasi parameter pada model menggunakan uji Sargan, uji Arellano-Bond, dan uji ketidakhiasan dengan persyaratan nilai GMM harus lebih kecil dari nilai FEM dan lebih besar dari nilai CEM.
- 5) Uji signifikansi: memeriksa signifikansi parameter model dengan penggunaan uji Z dan uji Wald
- 6) Analisis pengaruh jangka pendek dan jangka panjang: menentukan efek pengaruh jangka pendek dan efek pengaruh jangka panjang pada model yang telah ditentukan.
- 7) Interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan: Interpretasi hasil dilakukan dengan mengaitkan arah dan besaran koefisien terhadap teori fungsi produksi, teori penawaran, serta hasil penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan keseluruhan hasil pengujian sesuai tujuan penelitian.

HASIL PENELITIAN

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik data penelitian melalui berbagai ukuran statistik, seperti nilai rata-rata (mean), median, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi. Adapun data penelitian yang digunakan berupa data sumber daya, cadangan, biaya produksi, HBA, serta volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia. Hasil analisis statistik deskriptif terkait data-data tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3 dan Tabel 4 untuk analisis statistik deskriptif data yang sudah ditransformasikan ke dalam logaritma natural. Analisis ini menunjukkan karakteristik dan penyebaran data yang digunakan dalam penelitian.



Tabel 3. Analisis statistik deskriptif

	Sumber Daya (Ton)	Cadangan (Ton)	Biaya Produksi (USD)	HBA (US\$)	Volume Produksi (Ton)
Mean	2.851.873.000	666.704.250	727.774.610	114,89	19.869.829
Median	954.525.000	315.765.000	461.385.892	97,86	12.500.000
Maksimum	15.468.000.000	3.300.000.000	2.440.776.000	281,48	62.880.000
Minimum	39.900.000	1.000.000	1.132.895	53,51	180.000
Std. Deviasi	3.477.369.829	864.068.287	725.021.477	63,61	19.631.179
Observasi	120	120	120	120	120

Tabel 4. Analisis statistik deskriptif data logaritma natural

	Sumber Daya	Cadangan	Biaya Produksi	HBA	Volume Produksi
Mean	20,93542	19,30405	19,53672	4,62431	15,99845
Median	20,67648	19,57049	19,94971	4,58282	16,34121
Maksimum	23,46204	21,91719	21,61558	5,64006	17,95674
Minimum	17,50189	13,81551	13,94029	3,97987	12,10071
Std. Deviasi	1,44444	1,76411	1,68699	0,47003	1,52084
Observasi	120	120	120	120	120

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh variabel penelitian memiliki rentang nilai yang terbentang cukup jauh antara batas minimum dan maksimum, yang mencerminkan tingginya heterogenitas karakteristik di antara perusahaan-perusahaan tambang batubara yang menjadi objek pengamatan. Variabel sumber daya (x_1) memiliki rentang nilai yang sangat luas, dari 39.900.000 ton hingga 15.468.000.000 ton, dengan standar deviasi (3.477.369.829) yang melebihi rata-ratanya (2.851.873.000). Kondisi serupa dijumpai pada variabel cadangan (x_2), di mana standar deviasi (864.068.287) lebih besar dari nilai rata-rata (666.704.250). Menurut Ghozali (2011), standar deviasi yang melebihi nilai rata-rata mengindikasikan bahwa data memiliki tingkat dispersi yang sangat tinggi, sehingga mencerminkan adanya kesenjangan kapasitas sumber daya dan cadangan yang signifikan antar perusahaan.

Berbeda dengan sumber daya dan cadangan, variabel biaya produksi (x_3) menunjukkan nilai rata-rata (US\$727.774.610) yang sedikit lebih tinggi dibandingkan standar deviasinya (US\$725.021.477), mengindikasikan distribusi yang relatif lebih homogen. Sebaliknya, variabel HBA (x_4) memiliki tingkat dispersi paling rendah di antara semua variabel, dengan rata-rata US\$114,89/ton dan standar deviasi US\$63,61. Kondisi ini dapat dipahami mengingat HBA ditetapkan secara seragam oleh pemerintah berdasarkan Permen ESDM Nomor 11 Tahun 2020 dan berlaku identik bagi seluruh perusahaan pada periode yang bersamaan, sehingga tidak mencerminkan variasi antarperusahaan.

Guna menyetarakan skala pengukuran dan menstabilkan sebaran data sebelum estimasi model, seluruh data ditransformasi ke dalam bentuk logaritma natural (ln). Transformasi logaritma natural akan menghasilkan distribusi data yang lebih simetris serta menstabilkan sebaran data (Ghozali, 2011). Setelah transformasi logaritma natural pada Tabel 4, nilai standar deviasi seluruh variabel mengalami penurunan yang signifikan dan berada jauh di bawah nilai rata-ratanya. Hal ini menunjukkan bahwa transformasi berhasil mereduksi dispersi data dan menstabilkan skala pengukuran antar perusahaan, sehingga data lebih siap digunakan dalam estimasi model ekonometrika. Nilai standar deviasi HBA setelah transformasi (0,470) menjadi yang terkecil, mengkonfirmasi homogenitas HBA sebagai variabel eksternal yang berlaku seragam.

Uji Sargan

Dalam metode GMM, validitas variabel instrumental diuji sargan *specification test* melalui nilai *p-value*, dengan hipotesis sebagai berikut.



H_0 : Instrumental variabel pada model estimasi yang diuji valid

H_a : Instrumental variabel pada model estimasi yang diuji tidak valid

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada tingkat signifikansi yang digunakan yaitu 0,05. Jika nilai probabilitas lebih besar dari 0,05, maka terima H_0 atau instrumen dinyatakan valid (Arellano, 2002). Hasil uji Sargan menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,3227, yang lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05. Dengan demikian, H_0 gagal ditolak dan dapat disimpulkan bahwa instrumen (*lag* variabel dependen) adalah valid dan memenuhi asumsi *over-identifying restrictions*. Nilai *p-value* yang melebihi tingkat signifikansi menunjukkan bahwa instrumen layak dan dapat menghasilkan estimasi yang konsisten (Wicaksono dkk., 2023).

Uji Arellano-Bond

Uji Arellano-Bond bertujuan mendeteksi ada tidaknya autokorelasi pada residual first difference. Model GMM yang valid mensyaratkan tidak adanya autokorelasi orde kedua (AR(2)) pada residual, meskipun autokorelasi orde pertama (AR(1)) diperbolehkan (Arellano & Bond, 1991). Hipotesis yang digunakan dalam Uji Arellano-Bond adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat autokorelasi pada residual first difference orde kedua (AR(2))

H_a : Terdapat autokorelasi pada residual first difference orde kedua (AR(2)).

Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan nilai probabilitas AR(2) dengan tingkat signifikansi sebesar 0,05. Apabila nilai probabilitas AR(2) lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi orde kedua pada residual sehingga estimasi model dinyatakan konsisten (Arellano & Bond, 1991). Hasil pengujian Arellano-Bond disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji Arellano-Bond

Orde	z	Prob > z	Keterangan
AR(1)	-1,2458	0,2128	Terima H_0
AR(2)	-1,4583	0,1448	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 5, nilai probabilitas AR(2) sebesar 0,1448 > 0,05, sehingga H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi orde kedua pada residual model. Hasil ini mengkonfirmasi konsistensi estimasi GMM. Temuan ini sejalan dengan Azizah (2023) yang menyatakan bahwa nilai *p-value* AR(2) di atas 0,05 mengindikasikan tidak adanya korelasi serial orde kedua pada residual model.

Uji Ketidakbiasan

Ketidakhbiasan model GMM diuji dengan membandingkan koefisien lag variabel dependen yang dihasilkan oleh tiga model estimasi yaitu, *Fixed Effect Model* (FEM), GMM, dan *Pooled Least Square/Common Effect Model* (PLS/CEM). Model GMM dinyatakan tidak bias apabila nilai koefisien lag dependennya berada di antara nilai koefisien FEM (batas bawah) dan PLS/CEM (batas atas) (Utami dkk., 2025). Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji ketidakbiasan

Model	Estimasi	Hasil Estimasi
FEM		0,19886507
GMM		0,26645524
PLS/CEM		0,57728284

Sesuai Tabel 4, koefisien lag dependen GMM sebesar 0,2665 berada di antara koefisien FEM (0,1989) dan PLS (0,5773). Kondisi $FEM < GMM < PLS$ ini membuktikan bahwa model GMM telah memenuhi kriteria ketidakhbiasan (*unbiasedness*). Nilai koefisien lag dependen GMM yang berada di antara batas bawah nilai koefisien model FEM dan batas atas nilai koefisien model PLS mengindikasikan bahwa model GMM telah memenuhi syarat

ketidakbiasan (Utami dkk., 2025). Karena seluruh uji spesifikasi terpenuhi, model GMM dinyatakan layak untuk digunakan dalam tahap estimasi dan interpretasi selanjutnya.

Uji Hipotesis Parsial

Uji z dilakukan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen terhadap volume produksi (y) pada tingkat signifikansi 5%. Adapun pengambilan keputusan mengenai pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen didasarkan pada kriteria sebagai berikut.

H_0 : variabel independen tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen

H_a : variabel independen memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen

Apabila nilai probabilitas (p -value) lebih kecil dari 0,05 (5%), maka H_0 ditolak dan H_a diterima, yang menunjukkan bahwa variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Hasil Uji z dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji signifikansi hipotesis parsial

Variabel independen	z	$P > z $	Keputusan hipotesis
Lag dependen	5,98	0,000	Tolak H_0
Sumber Daya	3,77	0,000	Tolak H_0
Cadangan	2,03	0,043	Tolak H_0
Biaya Produksi	14,94	0,000	Tolak H_0
HBA	-0,81	0,417	Terima H_0

Berdasarkan Tabel 7, empat dari lima variabel independen terbukti berpengaruh signifikan terhadap volume produksi pada tingkat signifikansi 5%. Variabel lag dependen ($y_{i,t-1}$) memiliki nilai z sebesar 5,98 (p -value = 0,000 < 0,05), yang mengindikasikan adanya ketergantungan antarwaktu dalam produksi batubara. Hal ini menunjukkan bahwa volume produksi pada periode sebelumnya berpengaruh terhadap volume produksi pada periode berjalan, karena perusahaan cenderung menyusun target produksi berdasarkan capaian periode sebelumnya. Wicaksono dkk. (2023) menjelaskan bahwa dalam model panel dinamis, lag variabel dependen digunakan karena kondisi pada periode sebelumnya memiliki pengaruh terhadap kondisi pada periode sekarang.

Variabel sumber daya (x_1) berpengaruh signifikan dengan nilai $z = 3,77$ dan p -value = 0,000 < 0,05. Sumber daya merupakan representasi total potensi material tambang yang menjadi dasar dalam perencanaan produksi, sehingga berpengaruh langsung terhadap kapasitas output (Putra, 2023). Semakin besar sumber daya yang dimiliki, semakin besar pula potensi yang dapat dikembangkan menjadi produksi aktual.

Variabel cadangan (x_2) berpengaruh signifikan dengan nilai $z = 2,03$ (p -value = 0,043 < 0,05). Meskipun nilai z -nya berada di ambang batas penerimaan, cadangan yang telah dinyatakan layak ditambang memberikan kepastian bagi perusahaan dalam merencanakan target produksi dan keberlanjutan operasional. Peningkatan produksi batubara berkaitan dengan pemanfaatan cadangan batubara yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan produksi jangka panjang (Setiawan dkk., 2023).

Variabel biaya produksi (x_3) menunjukkan pengaruh statistik paling kuat di antara seluruh variabel, dengan nilai $z = 14,94$ dan p -value = 0,000 < 0,05. Biaya produksi mencerminkan intensitas aktivitas operasional perusahaan, sehingga peningkatan biaya produksi berkaitan dengan peningkatan output yang dihasilkan (Endri dkk., 2021). Hal ini sejalan dengan fungsi produksi yang menyatakan bahwa peningkatan output dipengaruhi oleh bertambahnya penggunaan faktor-faktor produksi seperti modal, tenaga kerja, teknologi, bahan bakar, dan alat produksi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Lisna dan Hambali (2020) yang menemukan pengaruh positif dan signifikan antara biaya produksi dan kinerja perusahaan pertambangan di Indonesia.

Satu-satunya variabel yang tidak menunjukkan pengaruh signifikan adalah HBA (x4), dengan nilai $z = -0,81$ dan $p\text{-value} = 0,417 > 0,05$. Tidak signifikannya HBA terhadap volume produksi dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, HBA ditetapkan secara seragam oleh pemerintah dan berlaku sama untuk semua perusahaan, sehingga tidak mampu menangkap perbedaan perilaku produksi antarperusahaan. Kedua, perusahaan tambang cenderung lebih mempertimbangkan aspek operasional seperti biaya produksi, kapasitas alat, serta kondisi permintaan dalam menentukan tingkat produksi (Sultra dkk., 2024). Temuan ini sejalan dengan Shabrina (2025) yang menyatakan bahwa harga batubara internasional tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi batubara di Indonesia.

Uji Hipotesis Simultan

Pengujian pengaruh variabel independen secara simultan terhadap volume produksi dilakukan melalui uji Wald dan koefisien determinasi. Uji Wald memastikan bahwa model memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik, sedangkan Adjusted- R^2 menunjukkan tingkat kemampuan model dalam menjelaskan variabel dependen. Adapun dasar pengambilan keputusan dalam uji Wald ditentukan berdasarkan pedoman berikut:

H_0 : variabel independen secara simultan tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen

H_a : variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen

Hasil dari pengujian hipotesis secara simultan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji signifikansi hipotesis simultan

Metode	Hasil Uji		
	<i>p-value</i>	R^2	Adjusted- R^2
<i>Wald Test</i>	0,00	-	-
Koef. Determinasi	-	0,97	0,9647

Hasil uji Wald pada Tabel 8 menunjukkan $p\text{-value}$ sebesar 0,00, yang berada jauh di bawah tingkat signifikansi 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti seluruh variabel independen secara bersama-sama memiliki kontribusi signifikan dalam menjelaskan variasi volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia. Suprayogi (2023) menunjukkan bahwa $p\text{-value}$ uji Wald yang mendekati 0 menandakan model signifikan secara keseluruhan.

Koefisien determinasi Adjusted- R^2 sebesar 0,9647 menunjukkan bahwa 96,47% variasi volume produksi mampu dijelaskan oleh variabel independen dalam model, sedangkan sisanya sebesar 3,53% dipengaruhi oleh variabel lain di luar model. Berdasarkan klasifikasi Chin (1998), nilai $R^2 > 0,67$ dikategorikan kuat, sehingga model ini memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menjelaskan variabel dependen. Model regresi pada sektor pertambangan mampu menjelaskan variasi produksi secara tinggi ketika variabel input yang digunakan relevan dan representatif terhadap proses produksi (Solahudin dkk., 2024).

Estimasi Model GMM Serta Perbandingan Pengaruh Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Pemodelan volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia dengan beberapa variabel yang diduga mempengaruhi menggunakan model data panel dinamis dengan estimasi Generalized Method of Moments (GMM). Hasil permodelan berupa nilai koefisien, standar error, nilai z statistik, serta probabilitas masing-masing variabel independen dalam penelitian disajikan pada Tabel 9.



Tabel 9. Estimasi model GMM

	Koefisien	Std. error	z	P > z
<i>Lag Depend</i>	0,2664552	0,0445418	5,98	0,000
Sumber Daya	0,1931809	0,0512597	3,77	0,000
Cadangan	0,0744249	0,0367012	2,03	0,043
Biaya Prod.	0,6421343	0,0429887	14,94	0,000
HBA	-0,0267571	0,0329774	-0,81	0,417
Cons	-6,171332	0,7931958	5,98	0,000

Setelah dilakukan pengujian pada model regresi data panel dinamis dengan metode GMM sesuai Tabel 9, maka model yang diperoleh dapat dihasilkan pada Persamaan 6.

$$y = -6,171332 + 0,2664552 y_{i,t-1} + 0,1931809 x_{1i,t} + 0,0744249 x_{2i,t} + 0,6421343 x_{3i,t} - 0,026757 x_{4i,t} + \mu_{i,t} \quad (6)$$

Keunggulan model panel dinamis GMM adalah kemampuannya untuk mengestimasi efek jangka pendek maupun jangka panjang dari masing-masing variabel bebas. Dalam model ini, koefisien β dari setiap variabel merupakan efek jangka pendek, sedangkan efek jangka panjang diperoleh melalui Persamaan 2 (Wicaksono dkk., 2023). Tabel 10 menyajikan perbandingan elastisitas jangka pendek dan jangka panjang untuk setiap variabel independen.

Tabel 10. Perbandingan Efek Elastisitas Jangka Pendek dan Jangka Panjang

	Koefisien	Efek Jangka Pendek	Efek Jangka Panjang
Sumber Daya	0,1931809	0,1931809	0,2633525
Cadangan	0,0744249	0,0744249	0,1014592
Biaya Produksi	0,6421343	0,6421343	0,8753854
HBA	-0,0267571	-0,0267571	-0,036476

Koefisien variabel sumber daya bernilai positif sebesar 0,1932, yang mengindikasikan bahwa setiap kenaikan sumber daya sebesar 1% akan meningkatkan volume produksi sebesar 0,1932% pada periode yang sama (efek jangka pendek). Dalam jangka panjang, elastisitasnya meningkat menjadi 0,2634, mencerminkan akumulasi pengaruh yang berlanjut dari waktu ke waktu. Secara teoritik, sumber daya merupakan representasi total potensi material tambang yang menjadi dasar dalam perencanaan produksi, sehingga berpengaruh langsung terhadap kapasitas output (Putra, 2023). Semakin besar sumber daya yang dimiliki, semakin besar pula potensi yang dapat dikonversi menjadi cadangan dan kemudian direalisasikan sebagai produksi aktual. Temuan ini relevan dengan perspektif *Resource-Based View* (RBV) yang menyatakan bahwa keunggulan kompetitif perusahaan bersumber dari kepemilikan sumber daya yang bernilai, langka, dan sulit ditiru. Dalam konteks pertambangan, basis sumber daya yang besar memungkinkan fleksibilitas dan kepastian dalam perencanaan produksi jangka panjang.

Variabel cadangan berpengaruh positif dan signifikan terhadap volume produksi, dengan elastisitas jangka pendek 0,0744 dan jangka panjang 0,1015. Meskipun pengaruhnya lebih kecil dibandingkan biaya produksi dan sumber daya, cadangan tetap berperan sebagai penentu yang bermakna karena merepresentasikan potensi tambang yang sudah terkonfirmasi layak untuk ditambang secara teknis dan ekonomis. Cadangan batubara merupakan dasar utama dalam penyusunan perencanaan dan penjadwalan produksi tambang (Putra, 2023). Pengaruh cadangan yang lebih kecil dari sumber daya mengisyaratkan bahwa dalam jangka pendek, perusahaan lebih merespons perubahan pada sumber daya yang mencerminkan

potensi geologis total. Namun dalam jangka panjang, cadangan memberikan kepastian operasional yang lebih kuat karena mencerminkan volume yang benar-benar dapat ditambang. Hubungan ini memperkuat teori bahwa cadangan menjadi salah satu faktor kunci dalam menentukan kinerja produksi perusahaan tambang, namun cadangan hanya memberi ruang, sementara realisasi tetap bergantung pada kapasitas operasional.

Biaya produksi merupakan variabel dengan pengaruh paling dominan terhadap volume produksi, baik dalam jangka pendek (elastisitas 0,6421) maupun jangka panjang (0,8754). Artinya, setiap kenaikan 1% biaya produksi berkaitan dengan peningkatan volume produksi sebesar 0,6421% dalam jangka pendek dan 0,8754% dalam jangka panjang. Dominasi biaya produksi ini tercermin dari nilai z -statistik yang jauh lebih besar (14,94) dibandingkan variabel lainnya. Hubungan positif antara biaya produksi dan volume produksi dapat dijelaskan melalui pendekatan fungsi produksi. Dalam industri pertambangan, kenaikan biaya produksi umumnya mencerminkan meningkatnya aktivitas operasional perusahaan, seperti bertambahnya jam operasi alat berat, penggunaan bahan bakar, kegiatan pengupasan overburden, serta peningkatan kapasitas pengangkutan batubara, sehingga volume produksi yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Hubungan positif dan signifikan antara biaya produksi dengan keuntungan bersih pada perusahaan pertambangan di Indonesia dikemukakan oleh Lisna dan Hambali (2020). Penemuan tersebut diperkuat oleh pendapat Carter dan Usry (2014), yang menyebutkan tingkat keuntungan perusahaan sangat ditentukan oleh seberapa besar jumlah produksi yang dihasilkannya. Semakin tinggi volume produksi yang tercapai, semakin besar pula kesempatan perusahaan untuk meraih keuntungan.

Berbeda dengan tiga variabel sebelumnya, HBA tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap volume produksi (p -value = 0,417). Koefisien yang dihasilkan bernilai negatif yaitu -0,0268 dalam jangka pendek dan -0,0365 dalam jangka panjang. Walaupun tidak signifikan, arah hubungan yang negatif ini secara teoritis dapat dipahami dalam konteks mekanisme penawaran-permintaan di pasar batubara. Cui & Wei (2017) serta Zhang dkk. (2019) menunjukkan bahwa harga batubara sangat dipengaruhi oleh kondisi permintaan dan penawaran serta struktur pasar. Ketika pasar mengalami oversupply, harga batubara cenderung menurun akibat lemahnya daya tawar produsen. Ini berarti bahwa kenaikan volume produksi secara agregat justru dapat menekan harga batubara. Zhang dkk. (2019) mengkonfirmasi bahwa coal supply memiliki pengaruh negatif terhadap fluktuasi harga batubara, yang berarti peningkatan pasokan batubara cenderung menekan harga di pasar. Dengan demikian, hubungan kausalitas yang relevan untuk jenis analisis ini mungkin lebih tepat diinterpretasikan sebagai pengaruh volume produksi terhadap HBA, bukan sebaliknya. Tidak signifikannya HBA juga mencerminkan karakteristik pengambilan keputusan produksi perusahaan tambang batubara Indonesia yang lebih digerakkan oleh faktor internal (kapasitas operasional, ketersediaan sumber daya dan cadangan) daripada sinyal harga pasar jangka pendek. Hal ini konsisten dengan keberadaan kontrak penjualan jangka panjang yang lazim dalam industri pertambangan, sehingga fluktuasi HBA tidak serta-merta mengubah keputusan produksi perusahaan dalam periode yang sama. Shabrina (2025) menyatakan bahwa harga batubara internasional tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi batubara di Indonesia.

KESIMPULAN

Analisis regresi data panel dinamis dengan metode GMM terhadap 12 perusahaan tambang batubara Indonesia membuktikan bahwa variasi volume produksi lebih banyak ditentukan oleh kapasitas operasional internal perusahaan daripada sinyal harga pasar. Secara parsial, biaya produksi menjadi determinan paling dominan ($z = 14,94$; $p = 0,00$) dengan elastisitas jangka pendek 0,642 dan jangka panjang 0,875, mengonfirmasi bahwa ekspansi aktivitas operasional secara langsung mendorong peningkatan output. Sementara Harga

Batubara Acuan (HBA) tidak terbukti berpengaruh signifikan ($z = -0,81$; $p = 0,417$) dengan koefisien negatif $-0,027$ dalam jangka pendek dan $-0,037$ dalam jangka panjang, mengindikasikan bahwa peningkatan produksi secara agregat justru berpotensi menekan harga melalui mekanisme oversupply, bukan sebaliknya. Secara simultan, seluruh variabel independen terbukti berpengaruh terhadap volume produksi dengan nilai probabilitas uji Wald mendekati 0. Model yang digunakan memiliki kemampuan penjelasan yang sangat baik dengan nilai Adjusted- R^2 sebesar 0,9647, yang menunjukkan bahwa 96,47% variasi volume produksi dapat dijelaskan oleh variabel dalam model. Fenomena ini menjelaskan mengapa perusahaan seperti PT Bharinto Ekatama yang memiliki cadangan besar namun kapasitas operasional terbatas justru menghasilkan volume produksi yang relatif kecil dibandingkan perusahaan dengan cadangan lebih rendah tetapi biaya operasional lebih tinggi. Menindaklanjuti temuan tersebut, penelitian berikutnya disarankan memperluas cakupan sampel, memperpanjang periode observasi, serta mengintegrasikan variabel stripping ratio, kualitas batubara, dan kebijakan DMO guna menghasilkan model determinan produksi yang lebih komprehensif dan representatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh perusahaan tambang batubara yang telah menyediakan laporan tahunan (*annual report*) secara terbuka melalui laman resmi perusahaan, sehingga data mengenai sumber daya, cadangan, biaya produksi, dan volume produksi dapat dimanfaatkan sebagai sumber data dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia atas penyediaan data Harga Batubara Acuan (HBA), serta kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan selama proses pelaksanaan hingga penyelesaian penelitian ini.

PUSTAKA

- Ambya, A., & Hamzah, L. M. (2022). Indonesian Coal Exports: Dynamic Panel Analysis Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), 390-395.
- Arellano, M. (2002). Sargan's Instrumental Variables Estimation and the Generalized Method of Moments. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(4), 450-459. <https://doi.org/10.1198/073500102288618595>.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Test Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economics Studies*, 58, 277-297.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2024. Jakarta. [Akses: Ekspor Batu Bara Menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2024 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia]
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2019). SNI 5015: 2019 Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Batubara. Jakarta: BSN.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (Third Edition). John Wiley & Son, Ltd.
- Chessa, A. G. (2021). A product match adjusted R squared method for defining products with transaction data. *Journal of Official Statistics*, 37(2), 411-432.
- Chin, W. W. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. *Modern Methods for Business Research*, 295, 336

- Cui, H., & Wei, P. (2017). Analysis of thermal coal pricing and the coal price distortion in China from the perspective of market forces. *Energy Policy*, 106, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.056>
- Dewi, A. P., Martha, S., & Perdana, H. (2023). Model Autoregressive Distributed Lag dengan Metode Kyock. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapan*, 1(4), 89–96.
- Endri, E., Utama, A. P., Aminudin, A., Effendi, M. S., Santoso, B., & Bahiramsyah, A. (2021). Coal Price and Profitability: Evidence of Coal Mining Companies in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(5), 363–368.
- Fathorrozi, M., & Jusron, T. S. (2003). *Teori Ekonomi Mikro, Dilengkapi Beberapa Bentuk Fungsi Produksi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Fitriani, Anggraini, N., & Desfaryani, R. (2023). *Ekonomi Produksi (Teori dan Aplikasi)*. Solok: Insan Cendekia Mandiri.
- Ghozali, I. (2011). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 19*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 68, 9947-9957.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics* (4th edition). McGraw-Hill
- Hanif, N., & Taufik, M. (2023). Pengaruh Nilai Tukar, Volume Produksi, HBA, Dan Harga Minyak Dunia Terhadap Nilai Ekspor Batubara Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 9(1), 267-280.
- Hsiao, C. (2022). *Analysis of panel data* (No. 64). Cambridge university press.
- Jula, D., Jula, N.-M., & Aivaz, K.-A. (2026). Quantitative Modeling of Investment–Output Dynamics: A Panel NARDL and GMM-Arellano–Bond Approach with Evidence from the Circular Economy. *Mathematics*, 14(3), 463.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 169.K/MB.01/MEM.B/2025 tentang Harga Mineral Logam Acuan dan Harga Batubara Acuan pada Periode Pertama Bulan Mei Tahun 2025. Jakarta: Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). Laporan Kinerja Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Tahun 2024. Jakarta: Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.
- Lisna, T., & Hambali, D. (2020). Pengaruh Biaya Produksi, Harga Jual dan Volume Penjualan Terhadap Laba Bersih: Studi Kasus Perusahaan Pertambangan Batubara yang Hanif, N., & Taufik, M. (2023). Pengaruh Nilai Tukar, Volume Produksi, HBA, Dan Harga Minyak Dunia Terhadap Nilai Ekspor Batubara Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 9(1), 267-280.
- Maharani, A. E. S. H., Soraya, S., Negara, H. R. P., & Ahmad. (2023). Prediksi Nilai Akhir Mata Kuliah Aljabar Linear Dengan Pendekatan Regresi Linear Berganda. *UNNES Journal of Mathematics*, 12(1), 1-11.
- Martias, L. D. (2021). Statistika deskriptif sebagai kumpulan informasi. *Fihris: Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, 16(1), 40-59.
- Nabila, Z. S., & Nursanti, Y. B. (2024). Penerapan Limit Fungsi Mencari Keuntungan Maksimum dari Biaya Marginal. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 13(2), 168-174.
- Nabilah, D., & Setiawan. (2016). Permodelan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Menggunakan Data Panel Dinamis dengan Pendekatan Generalized Medthod of Moment Arellano-Bond. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 2337-3520.
- Nurhaswinda, Egistin, D. P., Rauza, M. Y., Rahma, Ramadhan, R. H., Ramadani, S., & Wahyuni. (2025). Analisis Regresi Linear Sederhana dan Penerapannya. *Jurnal Cahaya Nusantara*, 1(2), 69-78.

- Oka, I. G. A. M. A. N., & Karmani, N. L. (2025). Analisis Daya Saing dan Faktor yang Mempengaruhi Ekspor Batubara Indonesia. *Aurelia: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 4(1), 741-758.
- PT Indo Tambangraya Megah Tbk. (2019). Laporan tahunan 2018. [Akses: <https://itmg.co.id/id/investor/company-information/annual-report>]
- Putra, W. D. (2023). Perencanaan Penambangan Dan Penjadwalan Produksi Life Of Mine (Lom) Pit Barat di PT. Bubuhan Multi Sejahtera Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. (Skripsi, Universitas Jambi, Jambi).
- Safitri, W. D., & Hartati, R. (2020). Pengaruh Nilai Tukar, Produksi, dan Harga Terhadap Volume Ekspor Batubara di Provinsi Bengkulu. *EFEKTIF Jurnal Bisnis dan Ekonomi*, 11(1), 57-68.
- Setiawan, A., Puteri, M. K., & Pasalli, Y. R. (2023). Peramalan puncak produksi dan umur cadangan batubara di Indonesia. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 19(2), 83-93.
- Shabrina, S. (2025). Analisis pengaruh produksi, harga internasional, nilai tukar dan kebijakan pemerintah terhadap volume ekspor batubara di Indonesia pada periode 2016–2024 (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Sihombing, P. R. (2021). *Statistik Multivariat Dalam Riset*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Situmeang, D. P., & Setiawan, A. (2022). Pengaruh Ekspor dan Produksi Terhadap Harga Batubara Indonesia Pada Tahun 2018-2020. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 5(2), 61-68.
- Solahudin, M. S., Moralista, E., & Absyor, A. B. U. (2025). Evaluasi Produksi Penambangan Batu Andesit Menggunakan Metode AHP dan Regresi Linier Berganda. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 171-178.
- Sultra, R., Hasriyanti, H., & Dzakir, L. (2024). Analisis Kebutuhan Alat Mekanis dan Biaya Operasional untuk dibatasi Target Produksi pada Pit Pongkalaero PT. Tambang Bumi Sulawesi Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara.