



**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
VOLUME PRODUKSI DI PERUSAHAAN TAMBANG
BATUBARA MENGGUNAKAN REGRESI
DATA PANEL DINAMIS**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana pada
Program Studi Teknik Pertambangan.*

SKRIPSI

Oleh

**Jingga Ayunda Margareta
221910901004**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JEMBER
2026**

PERSEMBAHAN

Dengan puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat, karunia, dan berkah-Nya, tugas akhir ini telah berhasil diselesaikan. Karya ini penulis dedikasikan untuk :

1. Pintu surgaku, Mama Sri Milyati. Meskipun beliau tidak pernah berkesempatan kuliah, beliau mampu mendidik penulis, memotivasi penulis, memberikan dukungan, dan mendoakan penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi hingga meraih gelar sarjana;
2. Cinta utama penulis, Papa Eko Didik Setyawan terima kasih banyak atas semua doa, dukungan, pengorbanan, dan kasih sayang yang selalu menyertai setiap langkah penulis. Terima kasih telah berjuang untuk penulis hingga mencapai titik ini;
3. Bagus Setya Pratama dan Muhammad Zaky Maulana selaku kakak dan adik tercinta penulis. Terima kasih atas dukungan, doa, dorongan, dan persahabatan yang selalu menemani penulis dalam menghadapi kesulitan. Terima kasih atas motivasi dan kebersamaan kalian selama proses sulit ini;
4. Untuk keluarga besar Bani Samiran, terima kasih atas doa dan dukungan yang tak pernah padam. Kehangatan keluarga dan semangat kebersamaan telah menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
5. Seluruh sahabat seperjuangan penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih atas kesediaannya untuk menemani penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini. Kebersamaan, candaan, dan perjuangan bersama telah menjadi bagian berharga dari perjalanan akademis penulis;
6. Almamater Program Studi S1 Teknik Pertambangan Universitas Jember, yang telah menjadi tempat bagi penulis untuk memperoleh pengetahuan, mengembangkan wawasan, dan membentuk karakter penulis selama pendidikan tinggi.

MOTTO

“Mama dan papa di rumah menunggu kepulangan anak kesayangan mereka dengan hasil yang membanggakan, jangan mengecewakan mereka. Simpan keluhanmu, karena kelelahanmu tidak sebanding dengan perjuangan mereka untuk mendukungmu.”

(Penulis)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jingga Ayunda Margareta

NIM : 221910901004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Volume Produksi di Perusahaan Tambang Batubara Menggunakan Regresi Data Panel Dinamis*

adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Juni 2026

Yang menyatakan,



Jingga Ayunda Margareta

NIM 221910901004

HALAMAN PERSETUJUAN

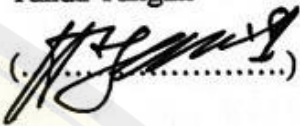
Skripsi berjudul *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Volume Produksi di Perusahaan Tambang Batubara Menggunakan Regresi Data Panel Dinamis* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 11 Juni 2026
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama
Nama : Ir. Haeruddin, S.Si., M.T.
NIP : 199001012019031016

Tanda Tangan

()

Penguji

1. Penguji Utama
Nama : Ir. Fachruzzaki, S.Si., M.T.
NIP : 198911262023211013
2. Penguji Anggota
Nama : Ir. Utari Retno Sulistyo Rini, S.T., M.T.
NIP : 199302092024062001

()

()

ABSTRACT

The Indonesian coal mining industry faces a phenomenon where the size of a company's reserves does not always correlate with its production volume. 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, both partially and simultaneously, and to compare the short-term and long-term impacts of each variable. The data used were obtained from the annual reports of 12 coal mining companies and publications from the Ministry of Energy and Mineral Resources for the period 2015–2024. The analytical method used was dynamic panel data regression with the Generalized Method of Moments approach. The model met all specification tests, including the Sargan test (p -value = 0.3227), the Arellano-Bond AR(2) test (p -value = 0.1448), and the unbiased test, with a GMM dependent lag coefficient of 0.266, which falls between the FEM (0.199) and PLS (0.577) values. The partial test results show that the dependent lag, resources, reserves, and production costs have a positive and significant influence on production volume at a significance level of 5%, with production costs as the most dominant variable ($z = 14.94$), while HBA has no significant influence (p -value = 0.417). Simultaneously, all independent variables have a significant influence on production volume with an Adjusted R^2 of 0.9647. The long-term influence of each variable is greater than its short-term influence, with short-term and long-term elasticities of production costs of 0.642 and 0.875, respectively, resources of 0.193 and 0.263, respectively, reserves of 0.074 and 0.101, respectively, and HBA of -0.027 and -0.036, respectively. These findings indicate that the production volume of coal mining companies is more determined by operational capacity, so that production increase strategies need to prioritize the development of operational capacity supported by the availability of resources and reserves.

Keyword: coal production volume, production costs, reference coal price, gmm, dynamic panel data

RINGKASAN

Fluktuasi volume produksi menjadi isu sentral dalam industri pertambangan batubara di Indonesia, mengingat realisasi produksi kerap menunjukkan kesenjangan dengan potensi cadangan yang dimiliki perusahaan. Kondisi ini mengisyaratkan bahwa tingkat produksi tidak ditentukan semata-mata oleh ketersediaan cadangan, melainkan turut dipengaruhi oleh berbagai faktor lain yang berdimensi teknis maupun ekonomi. Penelitian ini dilakukan untuk menguji sejauh mana sumber daya batubara, cadangan, biaya produksi, dan Harga Batubara Acuan (HBA) memengaruhi volume produksi aktual perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Lebih lanjut, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji perbedaan besarnya pengaruh masing-masing variabel tersebut, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari laporan tahunan 12 perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Indonesia, mencakup periode sepuluh tahun, dari tahun 2015 hingga 2024. Data tersebut diolah menggunakan pendekatan kuantitatif berdasarkan data panel. Variabel yang dianalisis meliputi volume produksi, sumber daya batubara, cadangan batubara, biaya produksi, dan HBA. Analisis dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode regresi data panel dinamis dengan menggunakan *Generalized Method of Moment* (GMM). Sebelum tahap estimasi, semua variabel ditransformasikan ke logaritma natural untuk menstandarisasi skala pengukuran antar variabel dan mengurangi heterogenitas dalam data. Selanjutnya, kelayakan model diuji melalui tiga tahapan pengujian. Pertama, validitas instrumen diperiksa menggunakan uji Sargan. Kedua, ada tidaknya autokorelasi dideteksi melalui uji Arellano-Bond. Ketiga, ketakbiasan model diverifikasi dengan cara membandingkan koefisien *lag* dependen pada tiga pendekatan estimasi yang berbeda, yaitu FEM, GMM, dan PLS/CEM. Setelah model dinyatakan memenuhi kriteria kelayakan yang dipersyaratkan, tahap analisis selanjutnya diarahkan pada pengujian hipotesis, baik parsial maupun simultan.

Statistik deskriptif menunjukkan bahwa semua variabel penelitian memiliki distribusi nilai yang beragam. Variabel sumber daya tercatat berkisar antara 39,9 juta ton hingga 15,47 miliar ton dengan rata-rata 2,85 miliar ton dan standar deviasi 3,47 miliar. Cadangan berkisar antara 1 juta ton hingga 3,3 miliar ton dengan rata-rata 666,7 juta ton dan standar deviasi 864,1 juta. Pada kedua variabel, kondisi di mana nilai standar deviasi melebihi nilai rata-rata mengindikasikan tingginya tingkat dispersi data antarperusahaan. Sedangkan nilai data HBA berkisar antara US\$53,51 hingga US\$281,48 per ton dengan rata-rata US\$114,89 dan standar deviasi sebesar 62,61. Sebelum hasil estimasi diinterpretasikan, model diverifikasi terlebih dahulu melalui uji spesifikasi parameter dan dinyatakan layak berdasarkan terpenuhinya persyaratan uji Sargan, uji autokorelasi Arellano-Bond, serta uji ketidakbiasan.

Estimasi menggunakan metode GMM menemukan bahwa variabel *lag* dependen, sumber daya, cadangan batubara, dan biaya produksi secara statistik terbukti memiliki dampak signifikan terhadap volume produksi, sedangkan HBA

tidak. Biaya produksi merupakan variabel dengan pengaruh statistik terkuat, ditunjukkan oleh nilai z sebesar 14,94 pada tingkat signifikansi di bawah 5%. Sementara itu, variabel HBA, dengan nilai statistik z sebesar 0,81 dan p -value sebesar 0,417, tidak berhasil membuktikan pengaruhnya terhadap volume produksi. Secara simultan, keseluruhan variabel independen terbukti berkontribusi terhadap volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia, dengan probabilitas mendekati nol dan *Adjusted R*² senilai 0,9647.

Kajian elastisitas memperlihatkan kecenderungan menguatnya pengaruh seluruh variabel independen ketika diukur dalam jangka panjang dibandingkan jangka pendek. Hal ini mengisyaratkan bahwa dampak dari perubahan faktor-faktor penentu produksi tidak terbatas pada periode saat terjadinya perubahan, tetapi juga meninggalkan efek yang berlanjut pada periode-periode berikutnya. Dalam konteks ini, biaya produksi tampil sebagai variabel dengan pengaruh terbesar, dengan nilai elastisitas yang meningkat dari 0,642 dalam jangka pendek menjadi 0,875 dalam jangka panjang. Sementara itu, HBA mencatatkan nilai elastisitas yang bernilai negatif, yaitu -0,027 dalam jangka pendek dan -0,036 dalam jangka panjang, yang mengindikasikan bahwa kenaikan HBA justru berkorelasi dengan penurunan volume produksi. Perbandingan antara besaran elastisitas biaya produksi dan HBA semakin memperkuat simpulan bahwa perubahan pada aspek operasional internal perusahaan menghasilkan dampak yang lebih signifikan.

Adanya kesenjangan antara potensi cadangan batubara dengan realisasi volume produksi menunjukkan bahwa kapasitas produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia bukan hanya ditentukan oleh besaran cadangan yang dimiliki, tetapi juga dipengaruhi oleh sejumlah faktor lainnya. Hal tersebut diperkuat oleh temuan dalam penelitian ini, di mana hasil pengujian secara parsial memperlihatkan bahwa sumber daya, cadangan batubara, dan biaya produksi memiliki pengaruh signifikan terhadap volume produksi (p -value < 0,05). Berbeda halnya dengan variabel HBA, yang tidak terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap volume produksi. Secara simultan, keseluruhan variabel yang terdapat dalam model terbukti berpengaruh terhadap volume produksi, dengan kemampuan model dalam menjelaskan variasi data mencapai 96,47%. Hasil analisis elastisitas mengungkapkan bahwa kekuatan pengaruh masing-masing variabel semakin meningkat dalam jangka panjang, dengan biaya produksi sebagai faktor yang paling dominan di antara variabel lainnya. Dapat disimpulkan bahwa efektivitas operasional perusahaan memegang peranan lebih besar dalam mendorong peningkatan produksi, dibandingkan fluktuasi harga batubara di pasar global. Meskipun demikian, guna memperoleh hasil yang lebih representatif, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan sampel, periode observasi, dan mengintegrasikan variabel-variabel kontekstual yang lebih beragam.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah Yang Maha Kuasa atas segala rahmat, berkat, dan bimbingan-Nya, yang memungkinkan penulis untuk menyelesaikan tesis ini yang berjudul "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Volume Produksi Perusahaan Pertambangan Batubara di Indonesia Menggunakan Regresi Data Panel Dinamis." Penyelesaian skripsi ini tidak akan mungkin terjadi tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahyu Hardianto, S.T., M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng., Kepala Program Studi S1 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Ir. Haeruddin, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh sabar dan ikhlas telah meluangkan waktu, energi, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai;
4. Bapak Ir. Fachruzzaki, S.Si., M.T., selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Ir. Utari Retno Sulistyono Rini, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan demi penyempurnaan skripsi;
5. Seluruh dosen dan akademisi Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis, yang telah memberikan motivasi, dukungan moral, dan berperan dalam penyelesaian skripsi ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Industri Pertambangan Batubara Indonesia.....	5
2.2 Teori Fungsi Produksi Dalam Perspektif Pertambangan Batubara	5
2.3 Konsep Sumber Daya dan Cadangan Batubara.....	6
2.4 Faktor Ekonomi dalam Industri Pertambangan.....	7
2.4.1 Biaya Produksi.....	7
2.4.2 Harga Batubara Acuan (HBA)	8
2.5 Analisis Regresi Data Panel <i>Generalized Method of Moments</i> (GMM).....	9
2.5.1 Uji Spesifikasi Parameter.....	11
2.5.2 Uji Signifikansi	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu Penelitian.....	14
3.2 Data Penelitian	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18

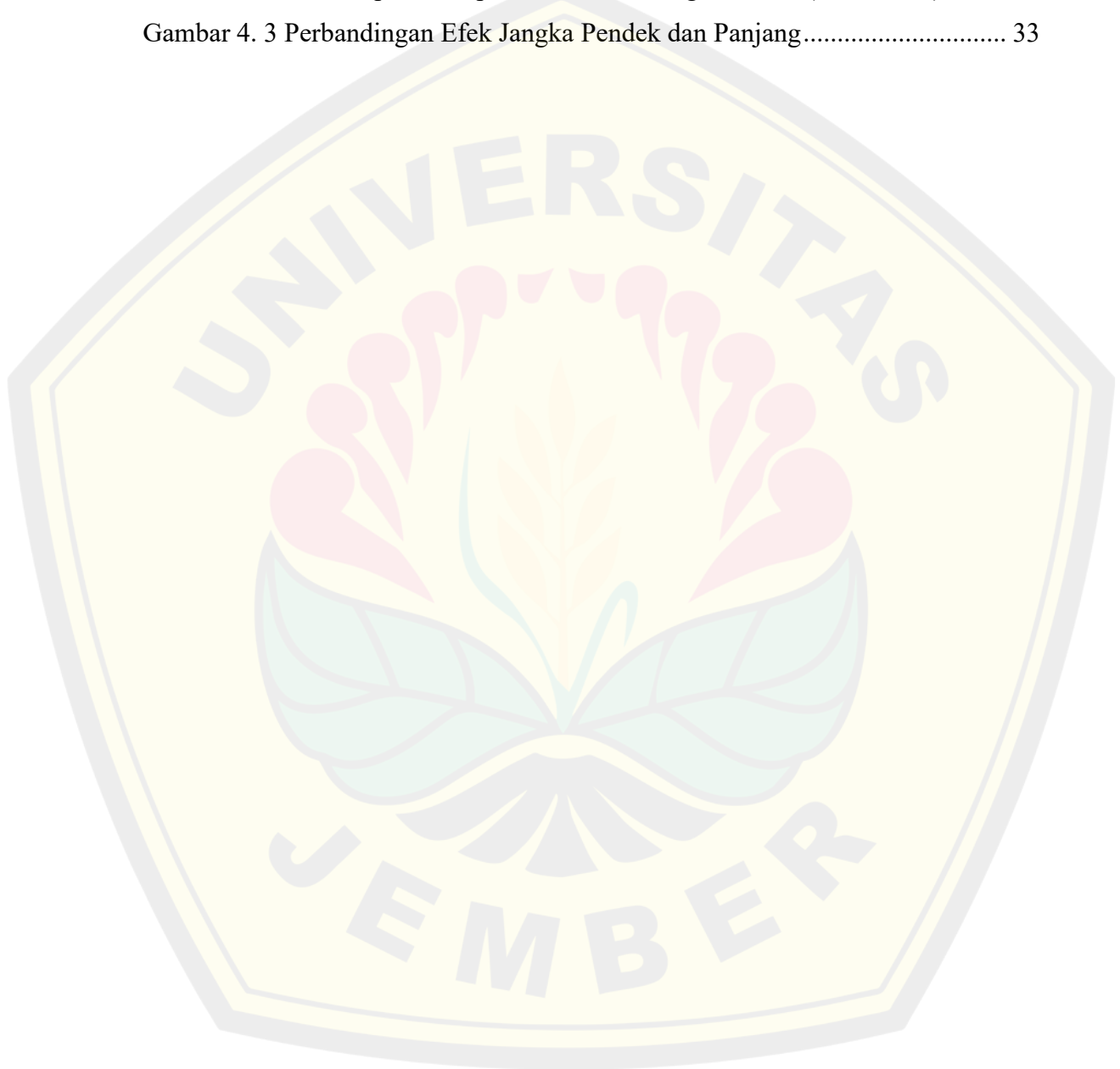
4.1	Gambaran Umum Perusahaan.....	18
4.2	Analisis Statistik Deskriptif	19
4.3	Uji Spesifikasi Parameter	23
4.3.1	Uji Validitas Instrumen	24
4.3.2	Uji Autokorelasi.....	24
4.3.3	Uji Ketidakbiasan	25
4.4	Uji Signifikansi	26
4.4.1	Uji Hipotesis Parsial	26
4.4.2	Uji Hipotesis Simultan.....	30
4.5	Pengaruh Jangka Panjang dan Pendek Berdasarkan Model GMM.....	32
4.5.1	Pengaruh Sumber Daya Terhadap Volume Produksi	34
4.5.2	Pengaruh Cadangan Terhadap Volume Produksi	35
4.5.3	Pengaruh Biaya Produksi Terhadap Volume Produksi	35
4.5.4	Pengaruh HBA Terhadap Volume Produksi.....	36
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	39
	DAFTAR PUSTAKA.....	40
	LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Rencana kegiatan penelitian tugas akhir	14
Tabel 4. 1 Profil perusahaan yang menjadi sampel penelitian	18
Tabel 4. 2 Analisis statistik deskriptif	19
Tabel 4. 3 Analisis statistik deskriptif data logaritma natural	23
Tabel 4. 4 Hasil uji Arellano-Bond	25
Tabel 4. 5 Hasil estimasi perbandingan nilai koefisien <i>lag</i> dependen	26
Tabel 4. 6 Hasil uji signifikansi hipotesis parsial.....	27
Tabel 4. 7 Hasil uji hipotesis simultan	30
Tabel 4. 8 Estimasi model GMM	32
Tabel 4. 9 Pengaruh efek jangka pendek serta jangka panjang.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi sumber daya dan cadangan batubara.....	7
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 4. 1 Biaya produksi perusahaan tambang batubara (2015-2024).....	20
Gambar 4. 2 Volume produksi perusahaan tambang batubara (2015-2024).....	22
Gambar 4. 3 Perbandingan Efek Jangka Pendek dan Panjang.....	33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data penelitian.....	43
Lampiran 2. Trend data penelitian perusahaan tambang batubara di Indonesia ...	43
Lampiran 3. Transformasi logaritma dari data penelitian	43
Lampiran 4. Hasil pengolahan data penelitian	44



DAFTAR NOTASI

Y	: <i>Output</i> (Volume Produksi Batubara).
A	: Faktor efisiensi teknologi (Produktivitas Total Faktor/TFP).
K	: <i>Input</i> Modal (misalnya, total aset atau investasi peralatan).
L	: <i>Input</i> Tenaga Kerja (jumlah karyawan atau jam kerja).
i	: 1,2,...,N, menunjukkan unit data <i>cross section</i>
t	: 1,2,...,T, menunjukkan unit data <i>time series</i>
$y_{i,t}$	: Variabel terikat untuk objek ke- i dan periode waktu ke- t
β	: Vektor konstanta berukuran $k \times 1$ dengan k adalah banyaknya variabel independen
δ	: Skalar dari efek grup atau individu dari data <i>cross-section</i> ke- i periode waktu ke- t
$x'_{i,t}$	: Variabel bebas ke- k untuk objek ke- i pada waktu ke- t
$\mu_{i,t}$	: <i>Error</i> untuk objek ke- i pada waktu ke- t
$\overline{R^2}$	: Koefisien determinasi yang disesuaikan (<i>Adjusted R²</i>)
R^2	: Koefisien determinasi
n	: Jumlah observasi
k	: Jumlah variabel independen
$\hat{v}$	: Residual atau <i>error</i> hasil estimasi model
Z	: Matriks variabel instrumental yang digunakan dalam estimasi GMM
$\Delta \hat{v}_i$	: Residual dalam bentuk diferensiasi (<i>first difference</i>)
L	: Jumlah instrumen
X^2	: Distribusi <i>chi-square</i> yang digunakan sebagai dasar pengujian statistik
$\Delta \hat{v}'_{i,t-2}$	: Vektor pada <i>error lag</i> kedua pada orde $q = \sum_{i=1}^n T_i - 4$
$\Delta \hat{v}_*$	: Vektor pada <i>error</i> yang dipotong dengan menempatkan $\Delta \hat{v}'_{i,t-2}$ dari memiliki ukuran $q \times 1$

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Singkatan/Istilah	Arti dan keterangan
<i>Adjusted R²</i>	Koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengukur sejauh mana model yang terpilih mampu menjelaskan variasi pada variabel dependen
AR(1), AR(2) Autokorelasi	<i>Autoregressive</i> order; uji autokorelasi Arellano-Bond Kondisi yang menggambarkan adanya korelasi antara nilai residual (<i>error</i>) pada suatu periode waktu tertentu dengan nilai residual pada periode waktu yang lain.
BPS	Badan Pusat Statistik
<i>Cross Section</i>	Dimensi data berdasarkan perbedaan antar perusahaan
Data Panel	Gabungan data <i>time series</i> dan <i>cross-section</i> .
DMO	<i>Domestic Market Obligation</i> ; Kewajiban penjualan batubara untuk domestik.
Endogenitas	Kondisi variabel penjelas berkorelasi dengan <i>error</i> .
<i>Feasibility Study</i>	Kajian kelayakan tambang
<i>Full Costing</i>	Metode penghitungan biaya produksi
GMM	<i>Generalized Method of Moments</i> ; metode estimasi untuk model data panel dinamis
HBA	Harga Batubara Acuan
Heterogenitas Tidak Terobservasi	Perbedaan karakteristik entitas yang tidak terukur.
Instrumental Variabel	Variabel yang digunakan untuk mengatasi endogenitas.
<i>Lag</i>	Jeda data satu periode sebelumnya
ln	Logaritma natural; transformasi matematis untuk stabilisasi varians.
Model Panel Dinamis	Model yang memasukkan variabel <i>lag</i> sebagai penjelas.
Probabilitas (<i>p-value</i>)	Nilai signifikansi untuk uji statistik.
TFP	Produktivitas total faktor; Efisiensi teknologi dalam produksi
Regresi Data Panel	Teknik regresi untuk data kombinasi waktu dan entitas.
SNI 5015-2019	Standar klasifikasi sumber daya & cadangan batubara.
<i>Stripping Ratio</i>	Rasio pengupasan tanah penutup terhadap batubara.
Uji Arellano-Bond	Uji autokorelasi untuk model GMM
Uji Sargan	Uji validitas instrumen dalam model GMM
Uji Wald	Uji signifikansi simultan pada regresi panel dinamis
Uji Z	Uji signifikansi parsial pada regresi panel
Volume Produksi	Jumlah batubara yang ditambang dalam satu tahun.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertambangan batubara menempati posisi yang krusial dalam menopang pertumbuhan ekonomi sekaligus menjaga ketahanan energi nasional Indonesia. Hal ini tercermin dari data Kementerian ESDM Indonesia (2025) yang mencatat peningkatan produksi batubara nasional, dari 461 juta ton pada tahun 2015 menjadi 836 juta ton pada tahun 2024. Peningkatan produksi tersebut tidak terlepas dari meningkatnya kebutuhan energi fosil secara global, khususnya yang didorong oleh India dan Tiongkok, dua negara yang hingga saat ini masih menggantungkan pemenuhan kebutuhan listriknya pada batubara sebagai sumber energi utama. Selain berfungsi sebagai sumber energi domestik, batubara juga menempati posisi strategis sebagai komoditas ekspor bagi Indonesia. Hal ini terlihat dari nilai ekspor batubara yang menembus angka US\$30,5 miliar pada tahun 2024, sebagaimana dilaporkan oleh Badan Pusat Statistik (2025).

Di balik tren positif ini, industri batubara Indonesia menghadapi tantangan berupa perbedaan tingkat produksi antar perusahaan tambang yang tidak selalu sejalan dengan potensi cadangannya. Sebagai contoh, pada tahun 2017, PT Bharinto Ekatama (BEK) memiliki cadangan batubara sebesar 136 juta ton, namun hanya merealisasikan volume produksi sebesar 2,4 juta ton. Sebaliknya, pada tahun yang sama, PT Indominco Mandiri yang memiliki cadangan jauh lebih kecil, yaitu sekitar 70 juta ton, justru mampu merealisasikan volume produksi sebesar 13 juta ton, lebih dari lima kali lipat realisasi produksi PT BEK (PT ITM, 2018). Kestabilan produksi PT BEK memperlihatkan bahwa jumlah hasil produksi tidak semata-mata bergantung pada cadangan yang dimiliki, melainkan juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti efisiensi pengeluaran biaya dan tingkat harga komoditas. Dalam konteks ekonomi pertambangan, volume produksi dapat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor cadangan, sumber daya, dan ekonomi. Perusahaan akan menyesuaikan *output* untuk memaksimalkan keuntungan sesuai dengan perubahan biaya dan harga komoditas (Fitriani dkk, 2023).

Sejumlah kajian terdahulu seperti Safitri & Hartati (2020) serta Hanif dan Taufik (2023) mengemukakan bahwa jumlah produksi memberikan pengaruh yang searah dan nyata terhadap volume ekspor batubara. Melalui pendekatan analisis regresi data panel dengan metode *Generalized Method of Moment* (GMM), ditemukan pula bahwa tingkat harga batubara turut memberikan dampak yang berarti terhadap kegiatan ekspor batubara yang dilakukan di Indonesia (Ambya & Hamzah, 2022). Sementara itu, Situmeang & Setiawan (2022) melalui penelitiannya mengungkapkan adanya pola hubungan yang berbeda, di mana ekspor batubara justru memberikan pengaruh yang searah terhadap tingkat harga, sedangkan jumlah produksi batubara berdampak berkebalikan terhadap harga komoditas tersebut. Meninjau penelitian-penelitian tersebut secara keseluruhan, dapat dilihat bahwa fokus kajian terdahulu lebih banyak diarahkan pada aspek profitabilitas dan aktivitas perdagangan, dan belum banyak menyentuh variasi volume produksi perusahaan tambang yang dipengaruhi oleh kombinasi antara faktor sumber daya, cadangan, serta faktor ekonomi.

Kesenjangan penelitian terdahulu menunjukkan perlunya kajian yang mengintegrasikan variabel cadangan dan sumber daya dengan variabel ekonomi berupa biaya produksi dan harga batubara untuk menjelaskan variasi volume produksi perusahaan. Penelitian ini dilakukan pada data periode 2015–2024, karena rentang waktu tersebut mencerminkan fluktuasi harga batubara yang ekstrem di pasar global. Dengan demikian, analisis pada periode ini memungkinkan pengujian yang lebih representatif terhadap dinamika industri batubara nasional.

Kompleksitas keterkaitan antarvariabel yang menjadi perhatian utama dalam penelitian ini menjadi dasar pemilihan pendekatan regresi data panel dinamis dengan metode GMM. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan penggabungan dimensi waktu dengan dimensi perbedaan antarperusahaan ke dalam satu kerangka model analisis yang terintegrasi. Data panel dipakai karena memiliki kelebihan dalam mengamati perubahan dan perkembangan nilai variabel seiring berjalannya waktu, sekaligus tetap mempertimbangkan pengaruh karakteristik unik yang melekat pada masing-masing perusahaan (Sihombing, 2021). Keunggulan metode GMM tidak terlepas dari penggunaan teknik variabel instrumen yang

pertama kali dikembangkan oleh Arellano dan Bond (1991), yang memungkinkan diperolehnya hasil estimasi yang tidak menyimpang, serta tetap konsisten dan andal.

Dari sisi akademik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan kajian di bidang ekonomi pertambangan. Selain manfaat secara keilmuan, hasil yang diperoleh juga memiliki kegunaan praktis, yakni sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan tambang dalam menyusun strategi produksi yang lebih efisien. Penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh cadangan, sumber daya, biaya produksi, serta HBA terhadap volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh sumberdaya, cadangan batubara, biaya produksi, dan HBA secara parsial terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia berdasarkan metode regresi data panel dinamis?
2. Bagaimana pengaruh sumberdaya, cadangan batubara, biaya produksi, dan HBA secara simultan terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia berdasarkan metode regresi data panel dinamis?
3. Bagaimana perbedaan dampak jangka pendek dan jangka panjang dari sumber daya, cadangan, biaya produksi dan HBA terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia ?

1.3 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan lingkup pada aspek-aspek berikut:

1. Subjek penelitian dibatasi pada 12 perusahaan tambang batubara yang menyediakan laporan tahunan secara lengkap untuk periode 10 tahun berturut-turut, dari tahun 2015 hingga 2024.
2. Variabel dependen dibatasi pada volume produksi batubara, sedangkan variabel independen dibatasi pada empat variabel yaitu, cadangan batubara, sumber daya batubara, biaya produksi, dan harga batubara.

3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor-faktor geologi unik lokasi pertambangan, seperti kualitas batubara spesifik, *stripping ratio* aktual, dan kompleksitas lapisan ke dalam model ekonometrika.
4. Rentang data penelitian yang digunakan adalah 10 tahun (2015-2024).
5. Metode analisis yang digunakan adalah Pemodelan Regresi Data Panel Dinamis dengan Pendekatan *Generalized Method of Moment* (GMM).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh sumber daya, cadangan batubara, biaya produksi, dan HBA secara parsial terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia berdasarkan metode regresi data panel dinamis.
2. Menganalisis pengaruh sumber daya, cadangan batubara, biaya produksi, dan HBA secara simultan terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia berdasarkan metode regresi data panel dinamis.
3. Membandingkan perbedaan dampak jangka pendek dan jangka panjang dari sumber daya, cadangan, biaya produksi, dan HBA terhadap volume produksi tahunan perusahaan tambang batubara di Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Memberikan gambaran dan bukti empiris mengenai keterkaitan cadangan, sumber daya, biaya produksi, serta HBA dengan volume produksi.
2. Memperkaya literatur ekonomi pertambangan melalui penerapan metode regresi data panel yang menggabungkan dimensi waktu dan antarperusahaan.
3. Menjadi acuan bagi perusahaan tambang dalam merumuskan strategi produksi yang efisien.
4. Memberikan referensi bagi investor dan analis dalam menilai kinerja produksi perusahaan batubara secara objektif.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Pertambangan Batubara Indonesia

Industri pertambangan batubara memberikan sumbangan yang besar bagi perekonomian dalam negeri, sekaligus memperkuat kedudukan Indonesia sebagai salah satu penghasil batubara terbesar di dunia. Capaian ini tergambar dari volume produksi batubara nasional yang menembus angka 836 juta ton pada tahun 2024. Sektor batubara juga memberikan andil besar terhadap penerimaan negara. Kondisi ini terlihat dari struktur Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) pada sektor mineral dan batubara, yang lebih dari 70% nya bersumber dari komoditas tersebut (Kementerian ESDM, 2025).

Industri pertambangan batubara memiliki keterkaitan dengan aspek produksi, cadangan, biaya operasional, dan dinamika harga pasar batubara. Produksi batubara bergantung pada kemampuan perusahaan dalam mengoptimalkan pengelolaan sumber daya dan cadangan untuk memenuhi permintaan pasar domestik dan ekspor secara berkesinambungan. Tren peningkatan produksi batubara berkaitan langsung dengan pemanfaatan cadangan batubara untuk memenuhi permintaan energi dan ekspor dalam jangka panjang (Setiawan dkk, 2023). Fluktuasi harga batubara dan biaya produksi turut memengaruhi keputusan perusahaan dalam menentukan tingkat produksi yang optimal.

2.2 Teori Fungsi Produksi Dalam Perspektif Pertambangan Batubara

Secara konseptual, volume produksi batubara dapat dipahami sebagai total kuantitas batubara yang berhasil ditambang dalam suatu periode tertentu. Penentuan besaran volume produksi oleh perusahaan pada dasarnya diarahkan untuk mencapai keuntungan yang maksimal (Nabila dan Nursanti, 2024). Fungsi produksi menjadi salah satu landasan teori yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara faktor *input* yang disiapkan dalam kegiatan produksi dengan hasil yang diperoleh dari proses tersebut. Kegiatan produksi berlangsung melalui pemanfaatan serta pengintegrasian berbagai faktor produksi, yang secara bersama-sama diarahkan untuk menghasilkan *output*. Pada umumnya, besarnya alokasi

faktor produksi berbanding lurus dengan besarnya *output* yang dihasilkan. Lisna dan Hambali (2020) dalam penelitiannya menemukan bahwa biaya produksi terbukti memberikan dampak yang searah dan nyata terhadap jumlah keuntungan bersih yang didapatkan oleh perusahaan-perusahaan pertambangan di Indonesia.

Model yang biasa digunakan untuk mengkaji variabel *input* dan *output* adalah Fungsi Produksi Cobb-Douglas. Model ini menjelaskan keterkaitan antara hasil produksi (Y) dengan faktor *input*, yang dirumuskan melalui Persamaan 2.1.

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- A = Faktor efisiensi teknologi.
- α = Elastisitas *output* terhadap modal
- β = Elastisitas *output* terhadap tenaga kerja

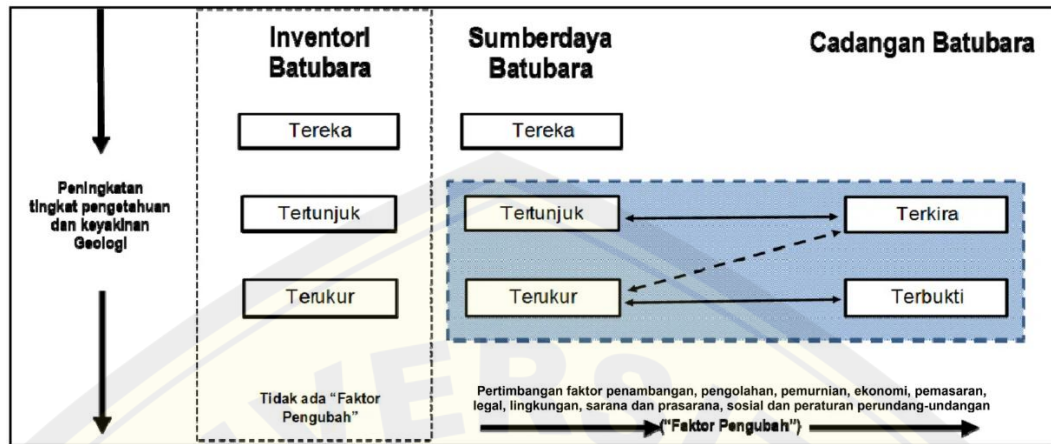
Jika *input* pada model Cobb-Douglas konvensional umumnya dikategorikan ke dalam modal (K) dan tenaga kerja (L), maka dalam kerangka penelitian ini, cadangan batubara diposisikan sebagai "stok modal alami" yang berfungsi menentukan batas maksimum kapasitas produksi suatu perusahaan.

Penggunaan model Cobb-Douglas pada Persamaan 2.1 jika ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma akan menghasilkan model linier yang sangat sesuai dengan analisis regresi linier, termasuk regresi data panel. Model ini memungkinkan estimasi elastisitas produksi, yang mengukur persentase perubahan volume produksi akibat perubahan satu persen cadangan, dengan asumsi variabel lain konstan (Gujarati & Porter, 2009).

2.3 Konsep Sumber Daya dan Cadangan Batubara

Konsentrasi batubara yang atas dasar bukti geologi berpotensi untuk dikonversi menjadi cadangan merupakan pengertian dari sumber daya batubara. Sementara itu, cadangan batubara merupakan bagian sumber daya yang telah berstatus terukur atau tertunjuk yang telah melalui proses kajian kelayakan tambang (*Feasibility Study*) dan dinyatakan layak untuk dieksploitasi secara ekonomis (SNI 5015, 2019). Keterkaitan antara sumber daya dengan cadangan batubara, beserta

mekanisme transformasi kategorinya melalui penerapan faktor pengubah, divisualisasikan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Klasifikasi sumber daya dan cadangan batubara
(Sumber: SNI 5015, 2019)

Gambar 2.1 memperlihatkan bahwa sumber daya batubara yang meliputi kategori tereka, tertunjuk, dan terukur, dapat ditingkatkan statusnya menjadi cadangan dengan tingkat kepercayaan terkira dan terbukti. Perubahan status tersebut didapatkan setelah melalui penilaian menyeluruh atas berbagai aspek, seperti kelayakan penambangan, pengolahan, kondisi ekonomi, kepatuhan hukum, dampak lingkungan, serta pertimbangan sosial. Semakin tinggi tingkat keyakinan data geologi, semakin layak pula material tersebut dikategorikan sebagai cadangan yang siap ditambang. Cadangan yang besar menjamin ketersediaan bahan baku untuk jangka waktu yang lebih lama dan mempertahankan *output* yang tinggi. Besarnya cadangan terbukti dapat digunakan sebagai *input* utama untuk menyusun penjadwalan produksi yang berimplikasi terhadap volume produksi aktual. Tonase cadangan menjadi variabel yang berhubungan secara positif dengan kemampuan perusahaan menghasilkan volume produksi yang berkelanjutan (Putra, 2023).

2.4 Faktor Ekonomi dalam Industri Pertambangan

2.4.1 Biaya Produksi

Tingkat efisiensi operasional yang dihadapi perusahaan pada dasarnya tercermin dari besaran biaya produksi yang dikeluarkan, sehingga faktor ini

berperan sebagai salah satu penentu dalam memengaruhi besarnya tingkat keuntungan. Biaya tersebut dihitung berdasarkan metode *full costing*, yaitu dengan mengakumulasi biaya variabel yang meliputi bahan bakar, kontraktor penambangan, dan pengangkutan, serta biaya tetap berupa depresiasi aset dan biaya administrasi. Semakin tinggi aktivitas produksi, maka kebutuhan bahan bakar, pengangkutan, dan jasa penambangan juga akan meningkat. Dalam konteks fungsi produksi, biaya produksi menunjukkan besarnya penggunaan faktor produksi dan kapasitas operasional perusahaan dalam menghasilkan *output*. Oleh karena itu, peningkatan biaya produksi dapat mengindikasikan bahwa perusahaan sedang meningkatkan intensitas penggunaan *input* produksi untuk memperoleh volume produksi yang lebih besar (Fathorrozi & Jusron, 2003).

Berdasarkan fungsi penawaran, perusahaan akan meningkatkan jumlah produksi yang ditawarkan ketika perusahaan memperluas kapasitas operasionalnya dan melihat peluang keuntungan yang lebih besar (Fathorrozi & Jusron, 2003). Peningkatan biaya produksi sering terjadi karena perusahaan meningkatkan aktivitas operasional seperti penambahan jam kerja alat berat, perluasan area tambang, dan peningkatan kapasitas *hauling* guna memenuhi target produksi. Dengan demikian, bertambahnya biaya produksi tidak selalu menunjukkan inefisiensi, melainkan dapat menjadi indikasi meningkatnya kapasitas dan *output* produksi perusahaan.

2.4.2 Harga Batubara Acuan (HBA)

Peraturan Menteri ESDM Nomor 11 Tahun 2020 menuliskan bahwa HBA ditetapkan setiap bulan oleh Kementerian ESDM sebagai harga acuan yang merepresentasikan kondisi pasar batubara global. Penetapan nilai HBA ini tidak terlepas dari dinamika permintaan dan penawaran batubara di pasar internasional, sehingga nilainya cenderung berfluktuasi secara signifikan dari waktu ke waktu. Dinamika fluktuasi tersebut tercermin pada periode Juni 2025, ketika HBA tercatat sebesar US\$100,97/ton. Nilai tersebut mengindikasikan adanya penurunan sebesar kurang lebih 17,9% dari nilai HBA di periode yang sama pada tahun sebelumnya (Kementerian ESDM, 2025).

Harga batubara dipengaruhi oleh struktur pasar, tingkat persaingan industri, serta kondisi permintaan dan penawaran. Peningkatan pasokan batubara dan tingginya persaingan antarperusahaan tambang dapat menyebabkan harga batubara menurun akibat lemahnya kemampuan perusahaan dalam mengendalikan harga pasar (Cui & Wei, 2017). Fluktuasi harga batubara dipengaruhi oleh perubahan permintaan, penawaran, ekspektasi pasar, dan kebijakan pemerintah. *Coal supply* memberikan pengaruh negatif terhadap *coal price fluctuations*, yang berarti semakin besar pasokan batubara di pasar maka harga batubara cenderung menurun. Dengan demikian, peningkatan volume produksi batubara berpotensi menimbulkan tekanan *oversupply* sehingga menyebabkan penurunan harga batubara (Zhang dkk, 2019).

2.5 Analisis Regresi Data Panel Menggunakan *Generalized Method of Moments* (GMM)

Regresi linier adalah teknik analisis yang umum dipakai untuk mengkaji hubungan antara satu variabel terikat dengan satu atau lebih variabel bebas (Nurhaswinda, 2025). Sementara itu, regresi data panel banyak diterapkan dalam penelitian karena mampu menggabungkan data deret waktu dan data lintas sektor ke dalam satu model. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuan mengendalikan perbedaan karakteristik antarunit pengamatan yang tidak terukur secara langsung, sehingga menghasilkan nilai taksiran parameter yang lebih andal (Gujarati, 2004). Manfaat metode ini juga didukung oleh penelitian Oka dan Karmani (2025), yang menggunakannya untuk menelaah faktor penentu ekspor batubara Indonesia ke berbagai negara selama periode 2012–2022. Hasilnya menunjukkan bahwa daya saing serta jarak ekonomi memberikan pengaruh positif terhadap jumlah ekspor.

Model regresi panel dinamis merupakan bentuk pengembangan dari model regresi data panel statis. Ciri khas utama dari pendekatan ini adalah dimasukkannya nilai variabel terikat dari periode sebelumnya ke dalam persamaan (*lagged dependent*) sebagai salah satu variabel independen. Dalam konteks analisis volume produksi tahunan, keberadaan variabel $Volume\ Produksi_{i,t-1}$ menunjukkan

bahwa volume produksi pada periode berjalan (t) dipengaruhi oleh volume produksi yang dicapai pada periode sebelumnya ($t - 1$). Adanya *lag* dependen tersebut mengindikasikan bahwa Keadaan pada suatu periode tidak hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor yang terjadi saat itu saja, melainkan juga ditentukan oleh kondisi yang berlangsung pada periode sebelumnya (Dewi dkk., 2023).

Metode GMM merupakan salah satu teknik estimasi yang sering digunakan dalam penyusunan model data panel dinamis. Keunggulan utama metode ini terletak pada kapasitasnya dalam mengatasi permasalahan autokorelasi dan endogenitas (Baltagi, 2005). Secara matematis, model regresi data panel dinamis ini dapat dijabarkan melalui Persamaan 2.2.

$$y_{i,t} = \delta y_{i,t-1} + x'_{i,t} \beta + \mu_{i,t} \quad (2.2)$$

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 : vektor koefisien parameter berukuran $k \times 1$, dengan k menunjukkan jumlah variabel independen dalam model.
- δ : koefisien efek individu (*individual effect*) atau efek grup yang merepresentasikan karakteristik khusus unit *cross section* ke- i .
- $x'_{i,t}$: 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 .

Penggunaan metode GMM dalam penelitian ini didasarkan pada sifat volume produksi yang berubah secara dinamis seiring waktu, serta diduga terdapat keterkaitan dua arah antara variabel bebas dan variabel terikat dalam model.

Dalam kerangka model regresi data panel dinamis, nilai koefisien β yang dihasilkan menunjukkan seberapa besar dampak jangka pendek akibat perubahan pada variabel bebas terhadap variabel terikat. Besaran pengaruhnya dalam jangka panjang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 (Wicaksono dkk., 2023).

$$LRE = \left(\frac{\beta}{(1 - \delta)} \right) \quad (2.3)$$

2.5.1 Uji Spesifikasi Parameter

Uji spesifikasi parameter dalam model panel dinamis dilakukan melalui tiga pengujian sebagai berikut.

a. Uji Sargan

Pengujian ini dilakukan untuk menilai kelayakan variabel instrumen yang dipakai dalam model, terutama ketika jumlah instrumen yang tersedia lebih banyak dibandingkan jumlah parameter yang diestimasi. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa instrumen tersebut tidak memiliki keterkaitan dengan *error*, sehingga hasil taksiran yang diperoleh dapat dinyatakan andal dan konsisten.

Adapun hipotesis yang diajukan dalam uji Sargan adalah sebagai berikut:

H_0 : Variabel instrumental pada model estimasi yang diuji keadaan valid

H_1 : Variabel instrumental pada model estimasi yang diuji tidak valid

Secara matematis, rumusan uji Sargan ini dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$S = \hat{v}'Z \left(\sum_{i=1}^N Z_i' \Delta v_i \Delta v_i' Z_i \right)^{-1} Z' \hat{v} \sim \chi^2_{L-(k+1)} \quad (2.4)$$

Dalam hal ini, $\hat{v}$ merepresentasikan komponen *error* pada model estimasi yang diuji. Adapun kriteria pengambilan keputusannya adalah H_0 dinyatakan ditolak apabila nilai uji Sargan (S) $> \chi^2_{L-(k+1)}$ atau apabila *p-value* yang diperoleh lebih kecil daripada taraf signifikansi yang digunakan (Wicaksono dkk., 2023).

b. Uji Arellano-Bond

Uji ini diterapkan untuk menilai konsistensi hasil estimasi model GMM, yakni melalui deteksi terhadap kemungkinan adanya autokorelasi pada residual hasil transformasi *first difference*. Fokus utama dari uji ini yaitu autokorelasi orde kedua, yang berpotensi menyebabkan estimator GMM menjadi tidak konsisten.

Adapun hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Residual first difference tidak mengandung autokorelasi orde kedua

H_1 : Residual first difference mengandung autokorelasi orde kedua

Sementara itu, rumusan matematis dari uji Arellano-Bond ini dapat dilihat pada Persamaan 2.5.

$$m(2) = \frac{\Delta \hat{v}'_{i,t-2} \Delta \hat{v}_*}{\Delta(\hat{v})^{\frac{1}{2}}} \sim N(0,1) \quad (2.5)$$

Aturan penarikan kesimpulan pada uji ini menyatakan bahwa hipotesis nol ditolak jika nilai probabilitas AR(2) yang dihasilkan lebih kecil dari tingkat signifikansi yang telah ditentukan. Apabila H_0 ditolak, mengindikasikan adanya autokorelasi AR(2) pada model (Arellano & Bond, 1991).

c. Uji Ketidakbiasan Model

Syarat agar estimasi tidak menyimpang terpenuhi jika nilai koefisien variabel *lag* dependen dalam model GMM terletak di antara nilai koefisien yang dihasilkan oleh *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Common Effect Model* (CEM). FEM merupakan model yang mampu mengontrol perbedaan karakteristik tiap perusahaan, namun pada model ini cenderung menghasilkan koefisien yang lebih rendah karena adanya pengaruh *lag* dependen terhadap *error*. CEM tidak memperhitungkan perbedaan karakteristik antarperusahaan sehingga biasanya menghasilkan koefisien yang terlalu tinggi. GMM dirancang untuk memperbaiki kelemahan tersebut melalui penggunaan variabel instrumental berupa *lag* dependen. Jika nilai koefisien GMM berada di tengah kedua model tersebut, maka estimator GMM telah mampu mengurangi bias yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi, sehingga hasil estimasinya dianggap lebih konsisten dan mendekati kondisi sebenarnya (Utami dkk, 2025).

2.5.2 Uji Signifikansi

Setelah spesifikasi parameter terpenuhi, model dievaluasi melalui uji hipotesis atau signifikansi dengan penjelasan sebagai berikut.

a. Uji Signifikansi Simultan (Uji Wald)

Uji Wald digunakan untuk menguji apakah seluruh variabel bebas secara bersamaan memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel terikat, dalam hal ini adalah volume produksi. Pelaksanaan uji ini disesuaikan dengan taraf signifikansi (α) yang telah ditetapkan (Arellano & Bond, 1991). Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji Wald adalah sebagai berikut:

H_0 : Variabel independen secara simultan tidak memberikan pengaruh

yang signifikan terhadap volume produksi

H_1 : Variabel independen secara simultan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

Jika nilai probabilitas yang diperoleh lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan, maka H_0 ditolak. Hal ini berarti secara serentak, variabel bebas berdampak signifikan terhadap jumlah produksi.

b. Uji Signifikansi Parsial (Uji Z)

Uji z diterapkan untuk melihat pengaruh masing-masing variabel bebas secara terpisah terhadap variabel terikat. Pengujian ini mengacu pada tingkat signifikansi (α) yang telah ditentukan dalam penelitian. Adapun rumusan hipotesis untuk uji z adalah sebagai berikut:

H_0 : Variabel independen tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

H_1 : Variabel independen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

Keputusan diambil dengan membandingkan nilai probabilitas dengan tingkat signifikansi yang dipakai. Jika nilai probabilitas lebih kecil dari batas signifikansi tersebut, maka variabel bebas dinyatakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat (Nabilah dan Setiawan, 2016).

c. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi berfungsi untuk mengukur seberapa besar kemampuan model dalam menjelaskan perubahan yang terjadi pada variabel terikat. Nilai R^2 dan *Adjusted* R^2 dihitung menggunakan Persamaan 2.6 dan 2.7.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_1)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.6)$$

$$\overline{R^2} = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \quad (2.7)$$

n menyatakan banyaknya data pengamatan, sedangkan k menunjukkan jumlah variabel bebas. Semakin mendekati angka satu nilai *Adjusted* R^2 , semakin besar pula bagian perubahan pada variabel terikat yang dapat dijelaskan oleh variabel-variabel bebas dalam model.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Penelitian

Pengkajian terhadap pengaruh sumber daya, cadangan, biaya produksi, serta HBA terhadap volume produksi pada 12 perusahaan tambang batubara Indonesia menjadi tujuan penelitian ini. Pelaksanaan penelitian ini memerlukan waktu kurang lebih enam bulan, dengan perincian jadwal kegiatan yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Rencana kegiatan penelitian tugas akhir

Rincian Kegiatan	Bulan ke-					
	1	2	3	4	5	6
Studi literatur	√	√	√			
Penyusunan kerangka analisis	√					
Pengumpulan data	√	√	√	√		
Pengolahan data				√	√	
Analisis data					√	
Interpretasi hasil dan kesimpulan					√	√
Penyusunan hasil akhir					√	√

3.2 Data Penelitian

Data sekunder kuantitatif yang dari 12 perusahaan tambang batubara digunakan dalam penelitian ini. Penentuan sampel didasarkan pada ketersediaan laporan tahunan yang diterbitkan lengkap selama periode 2015 hingga 2024. Data yang dikumpulkan diolah untuk mengkaji keterkaitan antara variabel terikat (Y) dengan variabel-variabel bebas (X) yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Volume produksi batubara tahunan (Y)
Jumlah batubara yang diproduksi perusahaan dalam satu tahun, diukur dalam ton per tahun.
- Sumber daya batubara (X_1)
Total sumber daya batubara yang teridentifikasi (terukur, tertunjuk, dan tereka), diukur dalam ton.
- Cadangan batubara (X_2),
Total cadangan batubara yang siap ditambang berdasarkan hasil eksplorasi, diukur dalam ton.

d. Biaya produksi (X_3)

Seluruh pengeluaran yang dikeluarkan perusahaan guna menunjang kegiatan produksi selama satu tahun, yang dinyatakan dalam satuan US\$.

e. Harga Batubara Acuan (X_4).

Harga batubara per ton berdasarkan acuan pasar atau HBA, diukur dalam US\$.

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilaksanakan melalui beberapa langkah utama yang saling berkaitan, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan melalui penelaahan terhadap berbagai teori ekonomi pertambangan terkait faktor-faktor penentu keputusan produksi batubara. Literatur mengenai penggunaan model data panel dan pendekatan GMM pada analisis determinan produksi juga dikaji untuk mengidentifikasi variabel yang relevan.

2. Identifikasi Masalah

Perbedaan volume produksi antarperusahaan tambang batubara tidak selalu mencerminkan besar cadangan yang dimiliki. Variasi ini menunjukkan adanya pengaruh faktor ekonomi. Kondisi tersebut memunculkan pertanyaan mengenai variabel yang paling berperan menentukan volume produksi.

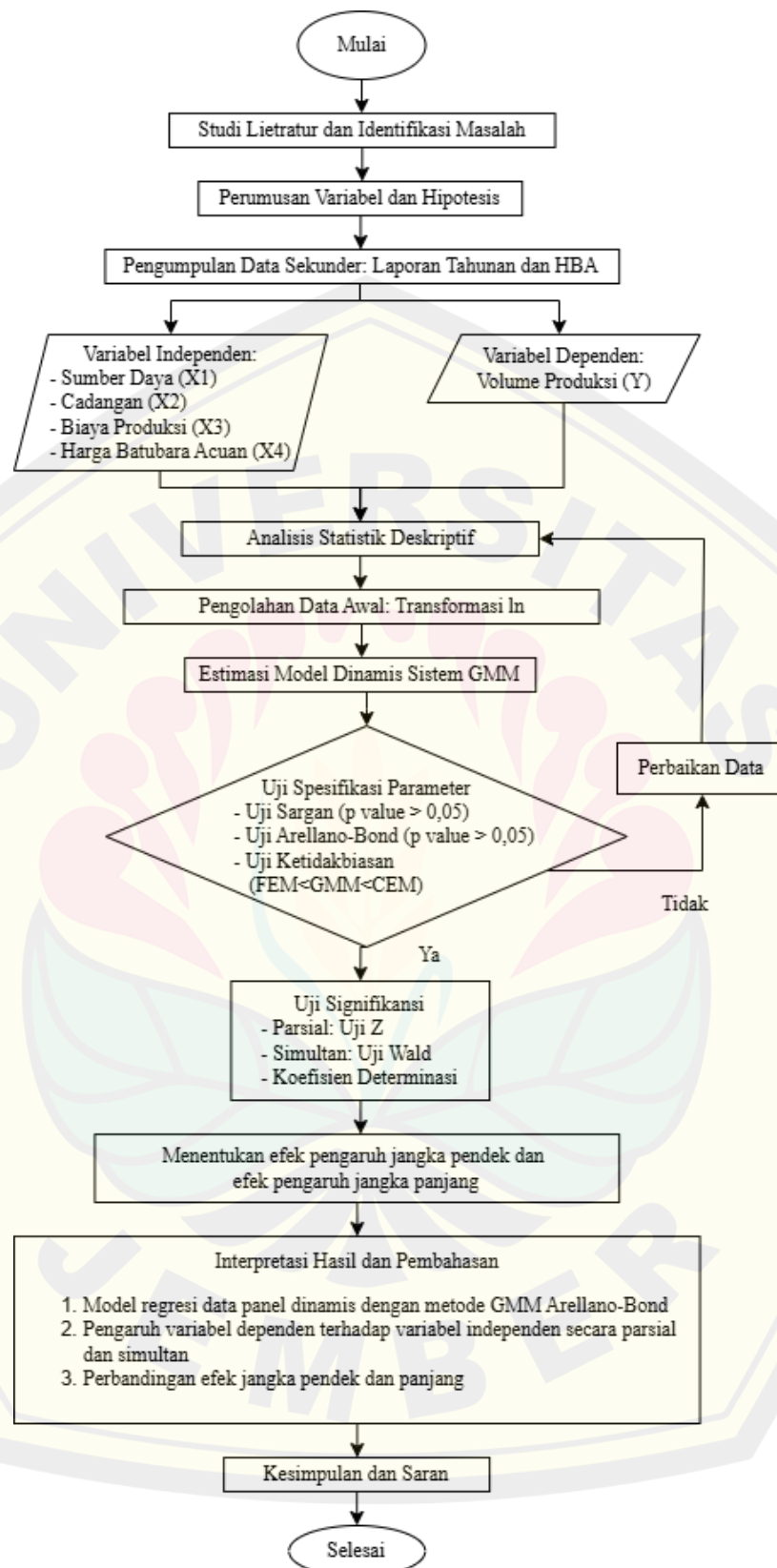
3. Pengumpulan Data Sekunder

Laporan tahunan perusahaan serta dan publikasi resmi Kementerian ESDM terkait HBA menjadi sumber data penelitian. Periode data mencakup tahun 2015–2024 dari 12 perusahaan tambang batubara di Indonesia. Seluruh data diperiksa agar konsisten dan layak digunakan dalam analisis.

4. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan melalui pendekatan regresi data panel dinamis dengan metode GMM. Adapun urutan tahapan analisis yang ditempuh meliputi:

- a. Melakukan analisis statistik deskriptif yang mencakup perhitungan nilai rata-rata, median, maksimum, minimum, serta standar deviasi.
 - b. Menyeragamkan skala pengukuran dengan mentransformasikan seluruh variabel penelitian ke dalam bentuk logaritma natural ($\ln$).
 - c. Mengestimasi model dengan metode GMM yang melibatkan *lag* dependen.
 - d. Menguji kelayakan spesifikasi parameter model melalui uji Sargan dan uji Arellano-Bond, dilengkapi dengan uji ketakbiasan yang mensyaratkan nilai koefisien GMM berada di antara nilai FEM dan CEM.
 - e. Menilai signifikansi parameter model, baik secara serentak melalui uji Wald maupun secara terpisah menggunakan uji z.
 - f. Mengestimasi besaran pengaruh jangka pendek berdasarkan koefisien regresi yang diperoleh, serta menghitung pengaruh jangka panjang dengan mempertimbangkan koefisien *lag* dependen.
5. Analisis Data dan Pembahasan
- Penelitian ini menghasilkan sejumlah nilai taksiran koefisien regresi yang menggambarkan arah hubungan serta besarnya dampak setiap variabel bebas terhadap volume produksi. Penafsiran atas hasil estimasi tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat signifikansi dari uji z dan uji Wald, serta memperhatikan besarnya pengaruh baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang yang dihasilkan oleh model. Hasil analisis memberikan gambaran variabel mana yang paling kuat pengaruhnya serta arah hubungan tiap variabel terhadap volume produksi.
6. Kesimpulan dan Saran
- Perumusan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil estimasi GMM, dengan menilai variabel yang terbukti signifikan beserta arah pengaruhnya terhadap volume produksi. Saran yang diajukan disusun guna memberikan rekomendasi yang relevan bagi penelitian selanjutnya.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di wilayah Indonesia. Penentuan sampel didasarkan pada syarat kelengkapan dan keutuhan data yang berkaitan dengan sumber daya, jumlah cadangan, tingkat produksi, serta biaya yang dikeluarkan untuk proses produksi di setiap perusahaan. Dari proses pemilihan tersebut, didapatkan sebanyak 12 perusahaan memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan, sehingga selanjutnya ditetapkan sebagai sampel penelitian. Seluruh data yang dibutuhkan diperoleh dari laporan tahunan masing-masing perusahaan, yang dapat diakses secara terbuka melalui situs resmi perusahaan terkait.

Penelitian ini menggunakan data yang mencakup jangka waktu sepuluh tahun, dari 2015 hingga 2024. Jika digabungkan antara jumlah perusahaan dan rentang waktu, didapatkan 120 titik pengamatan yang dijadikan dasar analisis. Jenis data yang digunakan dalam kajian ini merupakan gabungan data dari berbagai perusahaan yang dicatat secara berurutan dari tahun ke tahun, sehingga memungkinkan dilakukan pengkajian yang lebih lengkap melalui pendekatan data panel. Sementara itu, gambaran lengkap mengenai setiap perusahaan yang terpilih sebagai sampel penelitian terperinci dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Profil perusahaan yang menjadi 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

4.2 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum tentang karakteristik data penelitian, seperti yang terlihat melalui berbagai ukuran statistik, seperti rata-rata, median, maksimum, minimum, dan standar deviasi. Data yang diolah dalam penelitian ini meliputi jumlah sumber daya, cadangan, biaya produksi, HBA, dan volume produksi di perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Hasil pengolahan statistik deskriptif data ini disajikan secara komprehensif dan jelas pada Tabel 4.2.

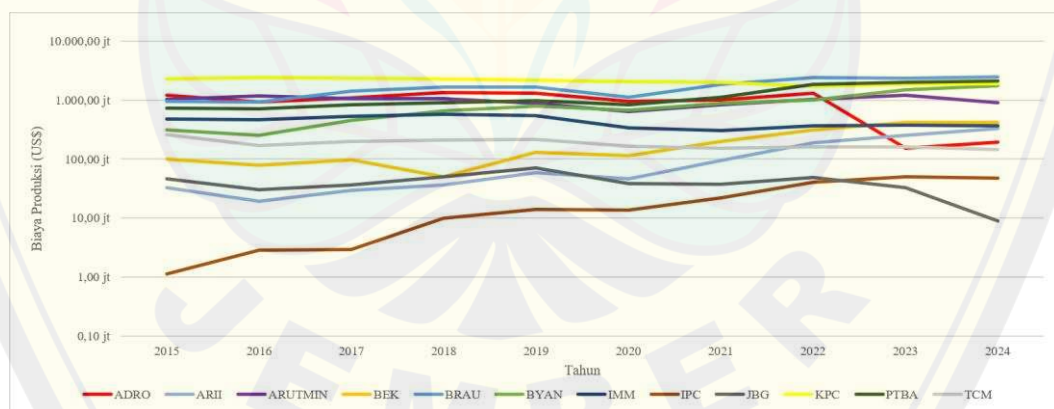
Tabel 4. 2 Analisis statistik deskriptif

	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

Sebelum menghitung model menggunakan pendekatan GMM, data penelitian terlebih dahulu diolah menggunakan analisis statistik deskriptif, yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.2. Tahap ini berfungsi sebagai langkah awal untuk mendapatkan gambaran umum tentang sifat dan distribusi data, sehingga memudahkan peneliti memahami pola data yang akan dipakai dalam proses penghitungan selanjutnya (Martias, 2021). Variabel sumber daya dan cadangan dikumpulkan dari laporan tahunan masing-masing perusahaan. Sumber daya (x_1) memiliki rentang nilai yang sangat luas, yaitu dari 39.900.000 hingga 15.468.000.000 ton. Nilai minimum tonase sumber daya (x_1) tercatat pada tahun 2017 oleh PT Jorong Barutama Greston, sedangkan nilai maksimumnya ada di tahun 2018 oleh PT Alamtri Resources Indonesia. Adapun nilai rata-rata untuk variabel sumber daya mencapai 2.851.873.000 ton, dengan standar deviasi sebesar 3.477.369.829. Adapun tren tonase sumber daya pada masing-masing perusahaan sepanjang periode penelitian, yaitu tahun 2015 hingga 2024, dapat ditelusuri secara lebih rinci pada Lampiran 2a.

Variabel (x_2) cadangan memiliki nilai terendah sebesar 1.000.000 ton dan tertinggi mencapai 3.300.000.000 ton. Jumlah cadangan paling sedikit tercatat pada PT Jorong Barutama Greston di tahun 2016, sedangkan jumlah paling besar dimiliki oleh PT Bukit Asam Tbk dari 2016 sampai 2018. Sesuai data dalam Tabel 4.2, nilai rata-rata cadangan berada di angka 666.704.250 ton, dengan standar deviasi 864.068.287. Keadaan standar deviasi lebih besar daripada mean menandakan terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada data cadangan antar perusahaan. Perkembangan tonase cadangan masing-masing perusahaan disajikan secara lebih rinci pada Lampiran 2b.

Variabel biaya produksi (x_3) mencerminkan total pengeluaran perusahaan untuk menghasilkan volume produksi tahunan dan dinyatakan dalam satuan US\$. Nilainya berada pada rentang US\$1.132.895,3 hingga US\$2.440.776.000, dengan rata-rata sebesar US\$727.774.610,39 dan standar deviasi sebesar 725.021.477,2. Nilai terendah untuk variabel ini tercatat pada tahun 2015, dimiliki oleh PT Internasional Prima Coal, sedangkan nilai tertinggi tercatat pada tahun 2024 oleh PT Berau Coal Energy. Fluktuasi biaya produksi masing-masing perusahaan selama periode penelitian disajikan grafik tren biaya produksi tahun 2015–2024 dalam Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Biaya produksi perusahaan tambang batubara (2015-2024)

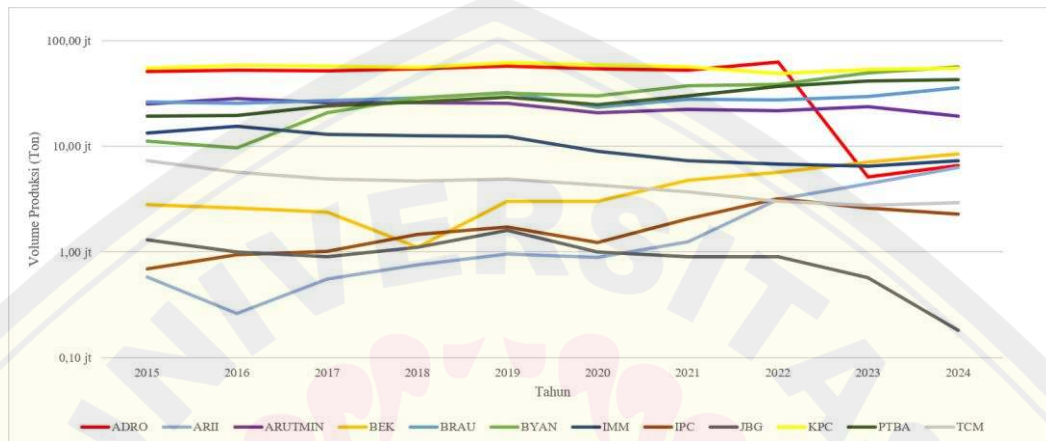
Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan biaya produksi perusahaan tambang selama periode 2015–2024. Besaran biaya produksi antarperusahaan memiliki perbedaan yang cukup signifikan di setiap tahun. KPC dan BRAU menjadi perusahaan dengan biaya produksi tertinggi dan relatif stabil dibanding perusahaan

lainnya. PTBA juga memperlihatkan tren peningkatan biaya produksi yang cukup konsisten hingga meraih lebih dari US\$2 miliar pada tahun 2024. BYAN mengalami kenaikan yang cukup tajam terutama setelah tahun 2019. Kenaikan biaya produksi yang tajam pada BYAN setelah tahun 2020 sejalan dengan peningkatan volume produksinya yang signifikan, terutama dari proyek Tabang yang menjadi tulang punggung produksi perusahaan. Produksi batubara BYAN pada tahun 2021 naik 24,7% menjadi 37,6 juta ton dibandingkan tahun 2020 yang berjumlah 30,2 juta ton, sehingga kenaikan biaya produksi secara nominal sejalan dengan peningkatan skala operasi tersebut. ARII dan IPC menunjukkan peningkatan bertahap meskipun masih berada pada kelompok biaya produksi rendah. Beberapa perusahaan, seperti IMM dan TCM, menunjukkan tingkat biaya produksi yang relatif stabil sepanjang periode penelitian. Sementara itu, ARUTMIN dan ADRO mengalami fluktuasi biaya produksi dari tahun ke tahun, meskipun secara umum masih berada pada kelompok perusahaan dengan tingkat biaya produksi menengah dibandingkan perusahaan sampel lainnya.

Variabel HBA (x_4) berasal dari situs resmi Kementerian ESDM. Berdasarkan ketentuan Permen ESDM Nomor 11 Tahun 2020 HBA dirilis setiap bulannya, yang kemudian diolah menjadi nilai tahunan dalam satuan US\$ per ton. Variabel HBA tercatat memiliki nilai terendah sebesar US\$53,51 per ton dan tertinggi mencapai US\$281,48 per ton. Angka HBA paling rendah tercatat pada tahun 2015, sedangkan paling tinggi terjadi pada tahun 2022. Sesuai data yang tertera dalam Tabel 4.2, nilai rata-rata HBA selama rentang waktu penelitian berada di angka US\$114,89 per ton, dengan standar deviasi sebesar 63,60774. Tingkat penyebaran data HBA tergolong cukup rendah, sehingga pergerakan harga sepanjang masa penelitian cenderung seragam, tergambar dari nilai mean yang melebihi standar deviasi yang dihasilkan. Fluktuasi HBA tahunan selama periode tahun 2015 hingga 2024 dapat dilihat pada Lampiran 2e.

Variabel volume produksi (y) sebagai variabel dependen juga diperoleh dari laporan tahunan perusahaan dan dinyatakan dalam satuan ton. Nilainya berkisar antara 180.000 hingga 62.880.000 ton, dengan rata-rata sebesar 19.869.829,3 ton dan standar deviasi sebesar 19.631.179,68. Nilai minimum terdapat pada PT Jorong

Barutama Greston di tahun 2024, sedangkan nilai maksimum tercatat pada tahun 2022 oleh PT Alamtri Resources Indonesia. Volume produksi memiliki tingkat penyebaran yang cenderung seragam, dapat dilihat dari nilai mean yang lebih besar dari standar deviasi. Fluktuasi volume produksi masing-masing perusahaan disajikan dalam grafik tren volume produksi tahun 2015–2024 dalam Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Volume produksi perusahaan tambang batubara (2015-2024)

Gambar 4.2 menunjukkan tren volume produksi batubara masing-masing perusahaan selama periode 2015–2024 yang cenderung berfluktuasi dengan pola yang berbeda pada setiap perusahaan. Perusahaan dengan volume produksi tertinggi seperti KPC, ADRO, dan PTBA relatif menunjukkan tren stabil pada kisaran puluhan juta ton per tahun, meskipun beberapa mengalami penurunan sementara pada periode tertentu. BYAN menunjukkan peningkatan produksi yang cukup signifikan sejak 2017 hingga 2024 yang didorong utamanya oleh pengembangan Proyek Tabang di Kalimantan Timur. Peningkatan produksi ini diperkuat oleh rampungnya jalan pengangkutan batubara menuju Sungai Mahakam serta fasilitas pemuatan tongkang baru pada 2022. Pada 2024, BYAN menetapkan target produksi 55–57 juta ton, dengan sebagian besar produksi berasal dari situs Tabang. BRAU cenderung stabil dengan sedikit peningkatan di akhir periode. Beberapa perusahaan seperti IMM dan TCM mengalami tren penurunan volume produksi secara bertahap. ARII, IPC, dan BEK menunjukkan tren peningkatan produksi yang cukup jelas terutama setelah tahun 2020. Pada akhir 2021, ARII merencanakan peningkatan volume produksi sebesar dua kali lipat dari RKAB 2021

menjadi 5 juta ton di tahun 2022, didorong oleh kenaikan harga batubara dan pertumbuhan permintaan yang kuat. JBG mengalami penurunan produksi paling signifikan hingga berada pada tingkat produksi terendah pada tahun 2024.

4.3 Uji Spesifikasi Parameter

Saat mengolah data panel menggunakan metode GMM, mengubah data ke bentuk logaritma alami ($\ln$) adalah langkah penting yang harus dilakukan sebelum melanjutkan ke berbagai uji statistik dan penyusunan model. Tujuannya untuk menyederhanakan skala angka yang nilainya sangat beragam, sehingga sebaran data lebih mendekati pola normal dan hubungan antarvariabel menjadi lebih lurus (Ghozali, 2011). Hasil uraian statistik deskriptif dari data yang sudah diubah ke bentuk logaritma alami ini disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 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 4.3 menyatakan bahwa seluruh variabel memiliki jumlah pengamatan yang sama, yaitu sebanyak 120 data. Kondisi tersebut menunjukkan susunan data panel sudah teratur dan konsisten. Sementara itu, angka tertinggi dan terendah pada setiap variabel memperlihatkan cakupan perbedaan yang cukup lebar, terutama pada variabel jumlah sumber daya dan cadangan. Nilai standar deviasi yang didapatkan menggambarkan seberapa jauh data tersebar, di mana variabel cadangan dan biaya produksi memiliki tingkat perbedaan yang lebih besar dibandingkan HBA, yang justru menunjukkan pola yang lebih seragam. Secara keseluruhan, temuan ini mengindikasikan bahwa proses transformasi logaritma natural berhasil menstabilkan distribusi data, sehingga data tersebut menjadi lebih layak untuk tahapan analisis berikutnya.

4.3.1 Uji Validitas Instrumen

Dalam pendekatan metode GMM, pemeriksaan validitas variabel instrumen didasarkan pada asumsi bahwa alat ukur yang dipakai, yaitu nilai variabel terikat periode sebelumnya tidak memiliki hubungan korelasi dengan kesalahan model (Arellano, 2002). Pengujian ini dilakukan melalui uji spesifikasi Sargan dengan melihat nilai probabilitas, dengan rumusan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Variabel instrumental pada model estimasi yang diuji keadaan valid

H_1 : Variabel instrumental pada model estimasi yang diuji tidak valid

Aturan pengambilan keputusan menggunakan tingkat kepercayaan 0,05, di mana H_0 diterima atau instrumen dinyatakan valid jika nilai probabilitas yang diperoleh lebih besar dari 0,05.

Hasil uji Sargan dalam penelitian ini memperoleh nilai probabilitas sebesar 0,322677, yang lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditetapkan yaitu 0,05. Oleh karena itu, H_0 gagal ditolak, sehingga disimpulkan bahwa instrumen yang digunakan dalam model tersebut valid. Temuan ini menunjukkan bahwa variabel instrumen tidak berhubungan dengan suku kesalahan, sehingga memenuhi persyaratan validitas instrumen dalam estimasi GMM (Wicaksono dkk., 2023).

4.3.2 Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi diterapkan untuk mengetahui apakah residual antar data pengamatan saling berkorelasi satu sama lain. Pada model GMM, pengujian ini dilaksanakan melalui uji Arellano-Bond, yang ditujukan untuk mendeteksi ada tidaknya kesalahan model yang berkorelasi dari waktu ke waktu, dengan fokus khusus pada orde kedua (AR(2)). Pemilihan fokus pada AR(2), bukan pada orde pertama, didasarkan pada karakteristik model GMM yang menggunakan transformasi *first difference*. Pada konteks ini, munculnya korelasi orde pertama (AR(1)) merupakan kondisi yang lazim terjadi dan tidak menjadi masalah. Adapun rumusan hipotesis untuk uji Arellano-Bond ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Residual first difference tidak mengandung autokorelasi orde kedua

H_1 : Residual first difference mengandung autokorelasi orde kedua

Hasil pengujian ditentukan dengan membandingkan nilai probabilitas AR(2) dengan tingkat kepercayaan 0,05. Jika nilai probabilitas AR(2) lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima. Ini berarti tidak ditemukan korelasi AR(2) pada residual, dan hasil perhitungan model dapat dinyatakan konsisten (Arellano & Bond, 1991). Hasil lengkap pengujian Arellano-Bond disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Uji Arellano-Bond

Orde	<i>z</i>	<i>p-value</i>	Keterangan
AR(1)	-1,2458	0,2128	Terima H_0
AR(2)	-1,4583	0,1448	Terima H_0

Berdasarkan hasil uji autokorelasi Arellano-Bond yang ditunjukkan pada Tabel 4.4, nilai probabilitas untuk AR(1) dan AR(2) menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Pada AR(1), nilai probabilitasnya adalah 0,2128, yang lebih tinggi dari tingkat signifikansi 0,05, sehingga H_0 diterima. Hal yang sama terlihat pada uji AR(2), di mana nilai probabilitasnya adalah 0,1448, juga lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05. Oleh karena itu, H_0 kembali diterima, menunjukkan bahwa tidak ditemukan korelasi orde kedua pada kesalahan model residual. Temuan ini selaras dengan penelitian Azizah (2023), yang menyatakan bahwa nilai probabilitas AR(2) di atas 0,05 menunjukkan tidak adanya korelasi orde kedua pada kesalahan model residual.

4.3.3 Uji Ketidakbiasan

Ketidakbiasan dalam model GMM dapat diuji dengan membandingkan model tersebut terhadap hasil estimasi dari model lain, yaitu FEM dan CEM. Suatu model GMM dikatakan memenuhi syarat ketidakbiasan apabila nilai koefisien *lag* dependennya berada di antara koefisien yang dihasilkan oleh model FEM dan PLS/CEM. Dengan kata lain, koefisien *lag* dependen GMM harus lebih besar dari koefisien *lag* dependen FEM, namun lebih kecil dari koefisien *lag* dependen model PLS/CEM. Nilai koefisien *lag* dependen pada masing-masing model diperoleh melalui proses estimasi regresi data panel yang dilakukan secara bertahap. Tabel 4.5 menyajikan nilai koefisien variabel *lag* dependen dengan model FEM, GMM, dan PLS/CEM.

Tabel 4. 5 Estimasi perbandingan nilai koefisien *lag* dependen

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

Sesuai hasil perhitungan yang membandingkan angka koefisien dari variabel terikat periode sebelumnya dalam Tabel 4.5, 0,26645524 adalah nilai koefisien model GMM. Nilai tersebut berada di antara koefisien dua model pembanding, yakni lebih besar dibandingkan koefisien FEM sebesar 0,19886507, namun lebih kecil dibandingkan koefisien PLS sebesar 0,57728284. Letak nilai koefisien tersebut menandakan bahwa hasil estimasi GMM sudah memenuhi syarat ketidakbiasan, sehingga model yang digunakan dalam penelitian ini dapat dinyatakan bebas dari penyimpangan. Dengan kata lain, koefisien variabel dependen pada periode sebelumnya dalam model GMM berada di antara koefisien model FEM dan koefisien PLS. menunjukkan bahwa pendekatan GMM telah memenuhi persyaratan ketidakbiasan dalam proses perhitungannya (Utami dkk., 2025).

4.4 Uji Signifikansi

4.4.1 Uji Hipotesis Parsial

Pengaruh setiap variabel bebas terhadap variabel terikat diukur menggunakan uji Z. Volume produksi (y) menjadi variabel terikat yang diteliti, dan variabel bebasnya meliputi nilai variabel terikat periode sebelumnya (y_{t-1}), jumlah sumber daya (x_1), cadangan (x_2), biaya produksi (x_3), serta HBA (x_4). Pengujian dilakukan melalui dua cara, yaitu dengan membandingkan nilai statistik z dengan nilai z pada tabel sebesar 1,96, atau dengan melihat nilai probabilitas pada tingkat signifikansi 5%. Adapun aturan penarikan kesimpulan mengenai pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat ditetapkan sebagai berikut:

H_0 : Variabel independen secara simultan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

H_1 : Variabel independen secara simultan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

Apabila nilai probabilitas yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 atau 5%, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini berarti variabel bebas yang diuji memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel terikat. Hasil lengkap pengujian menggunakan uji z dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Uji signifikansi hipotesis parsial

Variabel independen	z	p-value	Keputusan hipotesis	Keterangan
Lag dependen	5,98	0,000	Tolak H_0	Signifikan
Sumber Daya	3,77	0,000	Tolak H_0	Signifikan
Cadangan	2,03	0,043	Tolak H_0	Signifikan
Biaya Produksi	14,94	0,000	Tolak H_0	Signifikan
HBA	-0,81	0,417	Terima H_0	Tidak Signifikan

Mengacu pada Tabel 4.6, pengujian terhadap seluruh variabel independen menghasilkan temuan yang bervariasi dalam memengaruhi volume produksi (y) pada perusahaan tambang batubara di Indonesia. Pada variabel *lag* dependen ($y_{i,t-1}$), diperoleh nilai statistik z sebesar 5,98 dengan nilai probabilitas yang mendekati 0. Angka statistik z tersebut ternyata lebih tinggi dibandingkan nilai z dalam tabel, sedangkan *p-value* nya tidak lebih besar dari batas signifikansi 0,05. Mengacu ketentuan yang berlaku, maka H_0 dinyatakan tidak diterima, artinya variabel *lag* dependen ($y_{i,t-1}$) terbukti berpengaruh signifikan terhadap volume produksi (y). Signifikansi pada variabel *lag* dependen ini mengindikasikan adanya ketergantungan antarwaktu dalam proses produksi, di mana besarnya volume produksi pada periode sebelumnya turut memengaruhi besarnya volume produksi pada periode berjalan. Target produksi tahunan perusahaan biasanya disusun berdasarkan capaian produksi sebelumnya, ketersediaan cadangan, kapasitas alat, infrastruktur tambang, kontrak penjualan, serta perencanaan tambang jangka menengah dan panjang. Ketika perusahaan memiliki volume produksi yang tinggi pada periode sebelumnya, maka perusahaan cenderung mempertahankan tingkat produksi tersebut pada periode berikutnya agar operasional tetap stabil dan target perusahaan dapat tercapai. Sebaliknya, apabila produksi sebelumnya menurun akibat faktor teknis, cuaca, atau penurunan permintaan pasar, maka kondisi tersebut juga dapat memengaruhi produksi pada periode selanjutnya. Wicaksono dkk.

(2023) menyatakan bahwa dalam model data panel yang bersifat dinamis, nilai variabel terikat dari periode sebelumnya dimasukkan karena keadaan pada masa lalu turut memengaruhi kondisi yang terjadi pada periode saat ini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa variabel *lag* dependen berpengaruh signifikan sehingga mencerminkan adanya pola penyesuaian dinamis dari waktu ke waktu.

Variabel sumber daya (x_1) menunjukkan hasil yang signifikan dalam pengujian ini. Nilai statistik z sebesar 3,77 dengan nilai probabilitas mendekati angka 0 menunjukkan bahwa nilai z tersebut lebih tinggi dibandingkan angka z dalam tabel yaitu 1,96, sedangkan nilai probabilitasnya juga lebih rendah dari batas signifikansi 0,05. Mengacu pada aturan yang ditetapkan, maka H_0 ditolak, yang berarti variabel sumber daya (x_1) terbukti memiliki pengaruh yang nyata terhadap volume produksi (y). Sumber daya merupakan representasi total potensi material tambang yang menjadi dasar dalam perencanaan produksi, sehingga berpengaruh langsung terhadap kapasitas *output* (Putra, 2023). Hasil ini memperkuat bahwa jumlah sumber daya menjadi salah satu faktor paling mendasar dalam dunia usaha pertambangan. Sebab, semakin melimpah sumber daya yang dimiliki perusahaan, semakin besar pula kesempatan untuk mengolahnya menjadi hasil produksi yang berwujud. Ketersediaan sumber daya ini dapat dikatakan sebagai salah satu penentu utama dalam upaya meningkatkan jumlah produksi pada perusahaan pertambangan batubara di Indonesia.

Pengaruh signifikan dari variabel sumber daya diikuti oleh variabel cadangan (x_2). Nilai statistik z 2,03 dengan tingkat probabilitas sebesar 0,043 merupakan hasil uji z dari variabel cadangan (x_2). Angka ini menandakan bahwa nilai z lebih tinggi dibandingkan angka z dalam tabel yaitu 1,96, sedangkan nilai probabilitasnya juga kurang dari 0,05. Sesuai hasil yang didapat, H_0 dinyatakan ditolak, sehingga variabel cadangan (x_2) disimpulkan berpengaruh signifikan terhadap volume produksi (y). Cadangan yang telah dinyatakan layak ditambang memberikan kepastian bagi perusahaan dalam merencanakan target produksi, umur tambang, serta keberlanjutan operasional penambangan. Cadangan batubara merupakan dasar utama dalam penyusunan perencanaan dan penjadwalan produksi tambang (Putra, 2023). Peningkatan produksi batubara berkaitan dengan pemanfaatan cadangan

batubara yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan produksi jangka panjang (Setiawan dkk, 2023).

Variabel biaya produksi (x_3) terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap volume produksi (y). Nilai statistik z yang didapatkan sebesar 14,94 dengan tingkat probabilitas mendekati angka 0, nilai z tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan z tabel yaitu 1,96, sedangkan nilai probabilitasnya tidak lebih dari 0,05. Mengacu pada hasil ini, H_0 dinyatakan ditolak, artinya biaya produksi (x_3) secara nyata memengaruhi jumlah produksi (y). Temuan mengenai hubungan yang signifikan antara biaya dan tingkat produksi ini sesuai dengan hasil sejumlah kajian sebelumnya. Biaya produksi mencerminkan intensitas aktivitas operasional perusahaan, sehingga peningkatan biaya produksi berkaitan dengan peningkatan *output* yang dihasilkan (Endri dkk, 2021). Pengaruh signifikan biaya produksi terhadap kinerja perusahaan pertambangan secara tidak langsung mengindikasikan adanya keterkaitan antara biaya tersebut dengan tingkat produksi yang dihasilkan (Lisna dan Hambali, 2020). Kondisi ini menggambarkan bahwa kenaikan biaya produksi umumnya sejalan dengan meningkatnya aktivitas operasional perusahaan, yang pada akhirnya turut mendorong peningkatan volume produksi. Biaya produksi berfungsi sebagai indikator langsung dari skala kegiatan produksi yang dijalankan oleh perusahaan.

Variabel HBA (x_4) tidak menunjukkan pengaruh yang berarti terhadap jumlah produksi (y). Nilai statistik z sebesar 0,81 dengan tingkat probabilitas 0,417, berarti nilai z tersebut tidak melebihi nilai z dalam tabel sebesar 1,96, sedangkan nilai probabilitasnya lebih dari batas signifikansi 0,05. H_0 dinyatakan diterima, menandakan bahwa volume produksi (y) tidak dipengaruhi secara signifikan oleh variabel HBA (x_4). HBA ditetapkan seragam oleh pemerintah dan berlaku sama untuk semua perusahaan, sehingga model tidak mampu menangkap perbedaan perilaku produksi antarperusahaan. Hasil kajian Shabrina (2025) mengungkapkan bahwa harga batubara di pasar dunia tidak memberikan pengaruh yang nyata, bahkan cenderung memiliki dampak yang berkebalikan terhadap jumlah produksi batubara di Indonesia. Dalam praktiknya, perusahaan tambang cenderung lebih mempertimbangkan aspek operasional, seperti biaya produksi,

kapasitas alat, serta kondisi permintaan pasar dalam menentukan tingkat produksi (Sultra dkk, 2024). Fluktuasi yang terjadi pada HBA tidak selalu serta-merta direspons oleh perubahan volume produksi secara langsung.

Mengacu pada angka hasil uji z yang tertera dalam Tabel 4.6, variabel-variabel yang memberikan pengaruh terhadap jumlah produksi (y) perusahaan tambang batubara di Indonesia adalah variabel *lag* dependen (y_{t-1}), sumber daya (x_1), cadangan (x_2), dan biaya produksi (x_3). Keempat variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan, ditandai dengan nilai probabilitas kurang dari 0,05. Biaya produksi (x_3) tampil sebagai variabel dengan pengaruh statistik paling dominan, sebagaimana tercermin dari nilai z statistik yang lebih tinggi, yakni sebesar 14,94, dibandingkan dengan variabel independen lainnya. Besarnya pengaruh statistik suatu variabel independen pada dasarnya dapat diidentifikasi melalui nilai statistik yang diperoleh dari uji hipotesis secara parsial. Semakin besar angka statistik yang diperoleh sebuah variabel, semakin kuat pula dampak yang diberikannya terhadap variabel terikat (Maharani dkk., 2023). Berbeda halnya dengan keempat variabel tersebut, variabel HBA (x_4) justru tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

4.4.2 Uji Hipotesis Simultan

Uji Wald dan koefisien determinasi yang disesuaikan (*Adjusted-R²*) merupakan dua cara utama untuk menguji pengaruh keseluruhan variabel bebas terhadap variabel terikat. Kedua metode ini menilai pengaruh variabel bebas secara bersama-sama, namun memiliki fokus analisis yang berbeda. Uji Wald lebih menekankan pada pembuktian apakah model memberikan pengaruh yang nyata secara statistik, sedangkan mengukur besarnya kemampuan model menjelaskan perubahan yang terjadi pada variabel terikat menjadi fokus dari *Adjusted-R²*. Hasil pengujian hipotesis secara keseluruhan ini disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Uji hipotesis simultan

Metode Pengujian	Hasil Uji		
	<i>p-value</i>	R^2	<i>Adjusted R²</i>
<i>Wald Test</i>	0,0000	-	-
Koefisien Determinasi	-	0,9663	0,9647

Aturan penarikan kesimpulan atau hipotesis dalam uji Wald ditetapkan sebagai berikut:

H_0 : Variabel independen secara simultan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

H_1 : Variabel independen secara simultan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume produksi

H_0 ditolak ketika nilai probabilitasnya tidak lebih dari 0,05. Artinya, variabel terikat secara signifikan dipengaruhi oleh model secara keseluruhan (Arellano dan Bond, 1991). Uji Wald dalam penelitian ini menghasilkan nilai probabilitas mendekati 0, angka tersebut jauh di bawah 0,05, ini menandakan H_0 ditolak (Tabel 4.7). Dapat ditarik kesimpulan variabel sumber daya, cadangan, biaya produksi, serta HBA secara bersamaan memberikan andil dalam menjelaskan perubahan volume produksi pada perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Suprayogi (2023) menyatakan bahwa nilai probabilitas uji Wald yang mendekati nol menunjukkan model tersebut signifikan secara keseluruhan.

Koefisien determinasi berfungsi sebagai indikator untuk mengukur sejauh mana variabel bebas mampu menerangkan perubahan yang terjadi pada variabel terikat. Salah satu ukuran yang sering dipakai adalah *Adjusted-R²*, yang menunjukkan seberapa baik kinerja model dalam menjelaskan keterkaitan antarvariabel dengan tetap mempertimbangkan banyaknya peubah yang dimasukkan. Semakin tinggi nilai *Adjusted-R²*, semakin besar pula proporsi perubahan pada variabel terikat yang dapat dijelaskan oleh variabel bebas. Berdasarkan data pada Tabel 4.7, nilai *Adjusted-R²* sebesar 0,9647 mengandung arti bahwa sekitar 96,47% dari perubahan volume produksi dapat dijelaskan oleh variabel bebas yang ada di dalam model. Sedangkan sisanya, sebesar 3,53%, dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam ruang lingkup penelitian ini. Model regresi pada sektor pertambangan dapat menjelaskan perubahan jumlah produksi dengan baik jika variabel yang digunakan sesuai dan mewakili proses usahanya (Solahudin dkk., 2024).

Perbedaan antara R^2 dan *Adjusted-R²* terletak pada cara penghitungannya. R^2 hanya menggambarkan seberapa kecil penyimpangan yang ada dalam model,

sehingga nilainya cenderung naik setiap kali ditambahkan variabel baru, meskipun variabel tersebut sebenarnya tidak memberikan pengaruh yang nyata. Sementara itu, *Adjusted-R²* pada dasarnya adalah R^2 yang telah melalui penyesuaian dengan mempertimbangkan jumlah variabel dan tingkat kesalahan pengukuran, sehingga hanya mencerminkan peran variabel yang benar-benar relevan. Biasanya nilai *Adjusted-R²* akan lebih kecil dari nilai R^2 biasa (Ghozali, 2011).

Menurut pengelompokan yang dikemukakan oleh Chin (1998), nilai R^2 lebih dari 0,67 dikatakan kuat, tergolong sedang saat berkisar 0,33 hingga 0,67, serta lemah ketika nilainya lebih dari 0,19 namun masih di bawah 0,33. Mengacu pada kriteria yang ditetapkan serta temuan yang tercantum dalam Tabel 4.7, diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9663 yang termasuk dalam tingkat kekuatan hubungan yang tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa model yang diterapkan memiliki keandalan yang sangat baik dalam menggambarkan pola perubahan yang terjadi pada variabel terikat.

4.5 Pengaruh Jangka Panjang dan Pendek Berdasarkan Model GMM

Penyusunan model untuk volume produksi perusahaan pertambangan batubara di Indonesia dilakukan dengan memasukkan sejumlah variabel yang diperkirakan memiliki pengaruh, menggunakan persamaan regresi data panel dinamis dengan metode GMM. Koefisien, tingkat standar *error*, nilai statistik *z*, serta peluang untuk setiap variabel bebas merupakan hasil perhitungan model GMM dalam penelitian ini. Tabel 4.8 menyajikan hasil tersebut secara lengkap.

Tabel 4. 8 Estimasi model GMM

Variabel independen	Koefisien	Std. error	z	p-value
<i>Lag Dependen</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 Produksi	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

Mengacu pada hasil pengujian yang sudah tersaji dalam Tabel 4.8, bentuk persamaan model yang didapatkan selanjutnya dapat dituliskan seperti yang tertera pada Persamaan 4.1.

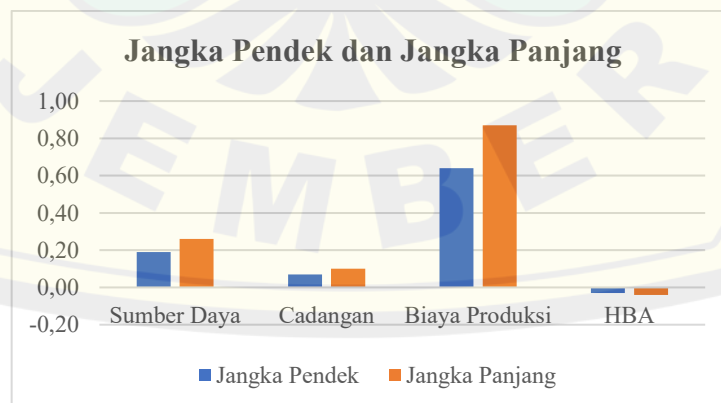
$$y = -6,171332 + 0,2664552 y_{i,t-1} + 0,1931809 x_{1i,t} + 0,0744249 x_{2i,t} + 0,6421343 x_{3i,t} - 0,026757 x_{4i,t} + \mu_{i,t} \quad (4.1)$$

Koefisien β merepresentasikan besarnya efek jangka pendek akibat perubahan pada variabel $x_{i,t}$ (Wicaksono dkk., 2023). Untuk mengetahui dampak jangka panjang, perlu dilakukan penyesuaian terhadap efek tersebut dengan mempertimbangkan koefisien *lag* dependen yang dijelaskan Persamaan 2.3. Uraian lengkap mengenai dampak setiap variabel disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Pengaruh efek jangka pendek serta jangka panjang

Variabel Independen	Koefisien	Pengaruh Efek Jangka Pendek	Pengaruh 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	-0,0364765

Berdasarkan Tabel 4.9, dalam jangka pendek dan panjang setiap variabel bebas memberikan dampak yang berbeda terhadap volume produksi sebagai variabel terikat. Sementara itu, perbandingan antara pengaruh yang timbul dalam dua kurun waktu tersebut untuk masing-masing variabel dapat dilihat dengan lebih jelas pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Perbandingan Efek Jangka Pendek dan Panjang

Gambar 4.3 menjelaskan efek jangka panjang dari setiap variabel selalu lebih besar dibandingkan efek jangka pendeknya, baik dalam arah positif maupun negatif. Variabel biaya produksi mencatat koefisien terbesar dibanding variabel lainnya, dengan nilai jangka pendek sebesar 0,64 yang kemudian meningkat menjadi 0,86 dalam jangka panjang. Berbeda halnya dengan variabel-variabel lainnya, variabel HBA justru memiliki koefisien negatif, yaitu sebesar -0,03 untuk jangka pendek dan -0,05 untuk jangka panjang. Meskipun nilainya terbilang kecil, arah pengaruh yang berkebalikan ini tetap sama pada kedua kurun waktu tersebut, bahkan tingkat dampak negatifnya cenderung semakin besar jika ditinjau dalam jangka panjang.

4.5.1 Pengaruh Sumber Daya Terhadap Volume Produksi

Koefisien variabel sumber daya (x_1) bernilai positif, yang berarti bahwa bertambahnya jumlah sumber daya akan mendorong naiknya volume produksi perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Secara angka, nilai koefisien untuk jangka pendek sebesar 0,1931809 menggambarkan bahwa ketika sumber daya sebesar 1 persen jumlah produksi juga naik sebesar 0,1931809 persen pada periode yang bersamaan. Sedangkan jika dilihat dari sisi jangka panjang, besar pengaruhnya justru menjadi lebih tinggi, dengan nilai 0,2633525. Perbedaan ini menunjukkan dampak dalam jangka pendek hanya mencakup pengaruh yang terjadi secara langsung, sedangkan efek jangka panjang mencerminkan akumulasi pengaruh yang berlanjut.

Besarnya cadangan terbukti dapat dimanfaatkan sebagai *input* utama dalam penyusunan penjadwalan produksi, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap realisasi volume produksi (Putra, dkk). Jumlah sumber daya berbanding lurus dengan peluang perusahaan untuk mengubahnya menjadi cadangan, sehingga kondisi ini juga memberikan keleluasaan serta kepastian dalam menyusun rencana produksi. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa peningkatan sumber daya secara langsung berkontribusi terhadap kemampuan perusahaan dalam menjaga sekaligus meningkatkan volume produksi secara berkelanjutan.

4.5.2 Pengaruh Cadangan Terhadap Volume Produksi

Variabel cadangan (x_2) memiliki nilai koefisien positif, yang menandakan bahwa bertambahnya jumlah cadangan cenderung diiringi dengan naiknya volume produksi (y) pada perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Sesuai data dalam Tabel 4.9, koefisien untuk jangka pendek sebesar 0,0744249 menunjukkan bahwa setiap kenaikan cadangan sebesar 1 persen akan mendorong peningkatan jumlah produksi sebesar 0,0744249 persen pada periode yang sama. Sedangkan jika ditinjau dalam jangka panjang, besar pengaruhnya justru menjadi lebih tinggi, dengan nilai kepekaan sebesar 0,1014592. Artinya, penambahan cadangan sebesar 1 persen diperkirakan dapat meningkatkan volume produksi hingga mencapai 0,1014592 persen, setelah mempertimbangkan dinamika model yang terjadi dari waktu ke waktu.

Cadangan terbukti merupakan *output* utama dalam penyusunan penjadwalan produksi. Semakin besar cadangan yang dimiliki, semakin baik perusahaan dalam merencanakan kegiatan penambangan secara optimal, baik dari segi kapasitas produksi, umur tambang, maupun efisiensi operasional (Putra, 2023). Ditemukannya hubungan searah antara cadangan dan volume produksi dalam analisis ini memperkuat pernyataan bahwa salah satu faktor utama yang menentukan kinerja produksi perusahaan pertambangan adalah cadangan batubara.

4.5.3 Pengaruh Biaya Produksi Terhadap Volume Produksi

Koefisien variabel biaya produksi (x_3) dalam Tabel 4.9 menunjukkan arah hubungan positif, yang berarti biaya produksi akan naik seiring dengan peningkatan volume produksi perusahaan tambang batubara di Indonesia. Dalam jangka pendek, koefisien sebesar 0,6421343 menunjukkan bahwa setiap kenaikan biaya produksi sebesar 1 persen akan diikuti oleh peningkatan jumlah produksi (y) sebesar 0,6421343 persen pada periode yang bersamaan. Sementara itu, dalam perspektif jangka panjang, besaran pengaruh tersebut justru meningkat, dengan nilai elastisitas yang mencapai 0,8753854. Hal ini berarti bahwa bertambahnya biaya produksi sebesar 1 persen berpotensi mendorong naiknya volume produksi hingga

0,8753854 persen, setelah memperhitungkan dinamika penyesuaian antarperiode yang terjadi dalam model.

Biaya produksi memberikan dampak yang searah terhadap jumlah produksi pada perusahaan pertambangan batubara. Kondisi tersebut selaras dengan teori fungsi produksi, yang menjelaskan bahwa peningkatan *output* produksi pada dasarnya dipengaruhi oleh semakin besarnya penggunaan faktor-faktor produksi. Ini yang menjelaskan kenapa KPC dan BRAU konsisten berada di kelompok produksi tertinggi karena biaya produksi yang dikeluarkan tinggi, sementara IPC dan JBG yang biayanya jauh lebih kecil berada di kelompok produksi terendah. Dalam perusahaan pertambangan, kenaikan biaya produksi umumnya mencerminkan meningkatnya aktivitas operasional perusahaan. Aktivitas operasional yang dimaksud, 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. Teori fungsi penawaran juga menyatakan bahwa perusahaan cenderung meningkatkan jumlah produksi yang ditawarkan apabila perusahaan tersebut memperluas kapasitas operasionalnya serta memiliki peluang untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar. Pada sektor pertambangan, peningkatan biaya produksi tidak hanya menunjukkan bertambahnya pengeluaran perusahaan, tetapi juga mencerminkan ekspansi kegiatan operasional untuk memenuhi permintaan pasar dan meningkatkan *output* produksi. 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.

4.5.4 Pengaruh HBA Terhadap Volume Produksi

Koefisien variabel HBA (x_4) yang tertera pada Tabel 4.9 bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa naiknya nilai HBA cenderung diiringi oleh penurunan jumlah produksi (y) perusahaan pertambangan batubara di Indonesia. Secara lebih

kelas, koefisien jangka pendek sebesar $-0,0267571$ berarti setiap kenaikan HBA sebesar 1 persen akan menyebabkan penurunan volume produksi sebesar $0,0267571$ persen pada periode yang sama. Sementara itu, dalam jangka panjang, nilai koefisien sebesar $-0,0364765$ menggambarkan bahwa kenaikan HBA sebesar 1 persen tetap memberikan dampak berkurangnya jumlah produksi, namun dengan besaran pengaruh yang semakin terakumulasi seiring berjalannya waktu.

Cui & Wei (2017) serta Zhang dkk (2019) menunjukkan bahwa kondisi permintaan dan penawaran, struktur pasar, serta intervensi kebijakan pemerintah sangat mempengaruhi harga batubara. Ketika pasar batubara mengalami persaingan yang tinggi dan kondisi *oversupply*, harga batubara cenderung menurun akibat lemahnya daya tawar perusahaan tambang dan tingginya substitusi antarprodusen batubara. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produksi secara berlebihan dapat menyebabkan tekanan pasokan di pasar sehingga harga batubara justru mengalami penurunan. Ketika perusahaan tambang meningkatkan volume produksi mereka, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan harga, sebagai akibat dari meningkatnya pasokan batubara di pasar (Cui & Wei, 2017).

Fluktuasi harga batubara di China dipengaruhi oleh mekanisme transmisi harga yang melibatkan perubahan permintaan, penawaran, ekspektasi pasar, dan kebijakan pemerintah. *Coal supply* memiliki pengaruh negatif terhadap *coal price fluctuations*, yang berarti peningkatan pasokan batubara cenderung menekan harga batubara di pasar (Zhang dkk, 2019). Hal ini terjadi karena ketika produksi batubara meningkat secara signifikan, jumlah batubara yang tersedia di pasar menjadi lebih besar dibandingkan permintaan, sehingga harga batubara mengalami penurunan. Selain itu kebijakan pemerintah dan kontrak jangka menengah dan jangka panjang digunakan untuk menjaga stabilitas harga ketika terjadi fluktuasi pasokan dan permintaan. Hubungan negatif antara HBA dan volume produksi menunjukkan bahwa peningkatan volume produksi batubara dapat menyebabkan tekanan *oversupply* yang akhirnya menurunkan harga batubara acuan di pasar.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis secara parsial, variabel *lag* dependen, sumber daya, cadangan, serta biaya produksi terbukti memberikan dampak yang searah dan nyata terhadap jumlah produksi pada perusahaan pertambangan batubara di Indonesia, pada tingkat kepercayaan 0,05. Biaya produksi memberikan pengaruh yang paling kuat secara statistik dengan nilai z sebesar 14,94. Sementara itu, variabel HBA menunjukkan pengaruh yang berkebalikan terhadap volume produksi, dan tidak signifikan secara statistik dengan nilai probabilitas sebesar 0,417.
2. Variabel bebas yang dimasukkan ke dalam model secara simultan terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap volume produksi, dengan nilai *Adjusted-R²* sebesar 0,9647. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian mampu menjelaskan sekitar 96,47% perubahan yang terjadi pada jumlah produksi perusahaan pertambangan batubara di Indonesia.
3. Dampak jangka panjang variabel bebas cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan pengaruhnya dalam jangka pendek. Peningkatan variabel sumber daya, cadangan, dan biaya produksi masing-masing berkontribusi dalam meningkatkan volume produksi, dengan pengaruh paling dominan berasal dari biaya produksi, memberikan pengaruh 0,64% dalam jangka pendek, dan nilainya naik menjadi 0,87% untuk jangka panjang. Di sisi lain, kenaikan HBA cenderung memberikan pengaruh negatif terhadap volume produksi, yakni sebesar 0,03% pada jangka pendek, yang kemudian meningkat menjadi 0,04% dalam jangka panjang. Perubahan pada variabel independen tidak hanya memberikan dampak yang bersifat langsung, melainkan juga menimbulkan efek lanjutan yang terakumulasi secara bertahap dari waktu ke waktu.

5.2 Saran

Bagi peneliti yang akan melanjutkan kajian ini, disarankan untuk menambah jumlah sampel serta memperpanjang rentang waktu pengamatan, sehingga hasil yang didapatkan dapat menggambarkan keadaan industri pertambangan batubara secara lebih menyeluruh. Peneliti selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode *Dynamic Common Correlated Effects* (DCCE) jika data yang digunakan mencakup periode waktu yang lebih panjang. Metode ini memiliki keunggulan dalam menangani kondisi di mana perusahaan-perusahaan dalam sampel saling mempengaruhi satu sama lain (*cross-sectional dependence*), misalnya ketika perubahan kondisi pasar global atau kebijakan pemerintah berdampak serupa pada seluruh perusahaan tambang secara bersamaan. Variabel lain seperti kualitas batubara, *stripping ratio*, kapasitas alat, permintaan pasar, kebijakan pemerintah, maupun faktor geologi spesifik pada masing-masing wilayah tambang juga dapat ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi volume produksi. Hasil yang lebih lengkap dan tingkat generalisasi yang lebih baik dapat didapatkan dengan mengembangkan variabel, cakupan data, dan pendekatan metode estimasi yang lebih beragam.

DAFTAR 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.
- Carter, W. K., & Usry, M. F. (2014). *Akuntansi Biaya*. Diterjemahkan oleh Krista. Buku 1. Edisi Keempat Belas.
- 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 Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2014–2017. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Indonesia*, 5(2), 41-49.
- 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. (2018). *Laporan tahunan 2017*. [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. *Jurnal Sains dan Teknologi Pertambangan*, 3 (2), 96-103.
- Suprayogi, MA (2023). Analisis Data Panel Dinamis Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Dengan Metode FD-GMM dan SYS-GMM. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, 3 (1), 38-47.
- Utami, A. A., Umam, K., & Zahrudin. (2025). Pendekatan Generalized Method Of Moment Arellano-Bond Untuk Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Mellui Data Panel Dinamis. *Dinamika Prosiding-Dimensi Nasional VIII*, 2(1), 294-311.
- Venny, S., & Asriati, N. (2022). Permintaan dan Penawaran Dalam Ekonomi Mikro. *JURKAMI: Jurnal Pendidikan Ekonomi*, 7(1), 184-194.
- Wicaksono, M. E., Maruddani, D. A. I., & Utami, I. T. (2023). Model Regresi Data Panel Dinamis Dengan Estimasi Parameter Arellano-Bond Pada Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 12(2), 266-275.
- Zhang, Y., Wang, J., Yang, Z., & Wang, Y. (2019). Pricing policies, coal price fluctuations, and market expectations in China. *Energy Policy*, 128, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.061>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian



Lampiran 2. Trend Data Penelitian Perusahaan Tambang Batubara Di Indonesia



Lampiran 3. Transformasi Logaritma (Ln) Dari Data Penelitian



Lampiran 4. Hasil Pengolahan Data Penelitian

