

Analisis Pengaruh Volatilitas Harga Energi Global terhadap Indeks Ekspor Pertambangan Indonesia: Pendekatan ARDL dan *Error Correction Model*

Yefta Theodore Wangsarahardja¹, Gaopray Herwanto², Singgih Brillianto Wongso³

^{1,2,3}Universitas Pelita Harapan Tangerang, Indonesia

E-mail: 01112240030@student.uph.edu¹, 01112240031@student.uph.edu²,
01112240020@student.uph.edu³

Article History:

Received: 29 Juni 2026

Revised: 22 Juli 2026

Accepted: 30 Juli 2026

Keywords: harga komoditas energi; ekspor pertambangan; batu bara; ARDL-ECM; diversifikasi ekspor; Indonesia.

Abstract: Ketergantungan Indonesia pada ekspor komoditas tambang menciptakan kerentanan struktural terhadap fluktuasi pasar energi global. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh harga batu bara, minyak, dan gas alam dunia terhadap indeks nilai ekspor pertambangan Indonesia selama Januari 2014–Desember 2023. Data bulanan dianalisis menggunakan pendekatan Autoregressive Distributed Lag–Error Correction Model (ARDL-ECM) untuk mengidentifikasi hubungan jangka pendek dan jangka panjang antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya harga batu bara dengan jeda satu bulan yang berpengaruh positif dan signifikan terhadap indeks nilai ekspor pertambangan, sedangkan harga minyak dan gas alam tidak menunjukkan pengaruh yang berarti. Uji kointegrasi mengonfirmasi adanya hubungan keseimbangan jangka panjang, sementara koefisien koreksi kesalahan menunjukkan proses penyesuaian yang sangat cepat menuju keseimbangan. Temuan ini menegaskan bahwa kinerja ekspor pertambangan Indonesia masih sangat bergantung pada dinamika harga batu bara. Oleh karena itu, diversifikasi komoditas ekspor dan penguatan hilirisasi menjadi kebutuhan struktural untuk mengurangi kerentanan terhadap gejolak pasar energi internasional.

PENDAHULUAN

Energi merupakan fondasi utama pembangunan ekonomi modern, sehingga pergerakan harganya di pasar internasional menjadi salah satu determinan penting bagi arah investasi, alokasi modal, dan keseimbangan neraca perdagangan suatu negara (Chung, 2024; Sun *et al.*, 2024). Dalam satu dekade terakhir, perekonomian global dihadapkan pada serangkaian guncangan yang mengubah struktur volatilitas pasar energi secara fundamental, mulai dari jatuhnya harga minyak dunia pasca-aneksasi Krimea pada 2014, kontraksi permintaan energi akibat pandemi Covid-19 pada 2020, hingga disrupsi pasokan pasca-invasi Rusia ke Ukraina pada Februari 2022 (Baruník & Vácha, 2024; Shaikh *et al.*, 2025). International Energy Agency (2025) bahkan mencatat bahwa periode ini menandai krisis energi terparah sejak 1970-an, yang ditandai oleh lonjakan harga

minyak, gas, dan batu bara secara simultan. Lebih lanjut, Sinković *et al.* (2023) menemukan bahwa persistensi guncangan harga energi kini bersifat jangka panjang, sehingga implikasinya terhadap negara-negara pengekspor komoditas tidak lagi dapat dipandang sebagai fenomena transitori.

Kerentanan tersebut menjadi semakin nyata bagi negara berkembang yang struktur ekonominya masih bertumpu pada ekspor komoditas primer, termasuk Indonesia. Dauvin (2014) menegaskan bahwa negara berkembang pengekspor komoditas umumnya berperan sebagai price taker, yakni penerima harga yang dibentuk oleh kekuatan pasar internasional. Penelitian ini memfokuskan perhatian pada tiga komoditas energi fosil utama—batu bara, minyak bumi, dan gas alam—yang secara kolektif masih menyumbang sekitar 54% dari total pasokan energi dunia pada 2024 (IEA, 2025a). Dari sisi domestik, sektor pertambangan dan penggalian menyumbang sekitar 9% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada 2024, dengan batu bara sebagai kontributor terbesar (Badan Pusat Statistik, 2025). Posisi Indonesia sebagai eksportir batu bara terbesar dunia yang menyumbang sekitar 32% dari total ekspor global (IEA, 2023a), dikombinasikan dengan tren penurunan ekspor minyak (IEA, 2023c) dan gas alam (IEA, 2023b), memperkuat argumen bahwa struktur ekspor pertambangan nasional bersifat asimetris dan sangat terekspos terhadap guncangan eksternal. Temuan Kalsum *et al.* (2025) pun mengonfirmasi bahwa volatilitas harga komoditas primer berdampak signifikan terhadap penurunan surplus neraca perdagangan Indonesia, khususnya melalui jalur transmisi harga batu bara dan minyak mentah.

Sejumlah studi empiris terdahulu telah mencoba memetakan hubungan antara harga energi global dan kinerja ekspor komoditas negara produsen. Mehrara (2008) menunjukkan bahwa hubungan antara harga minyak dan aktivitas ekonomi negara eksportir bersifat asimetris, di mana guncangan negatif memberikan dampak lebih besar dibanding guncangan positif. Ambya dan Hamzah (2019) menggunakan pendekatan panel dinamis dan menyimpulkan bahwa harga internasional merupakan determinan utama kinerja ekspor batu bara Indonesia, yang kemudian diperkuat oleh Azizah dan Soelistyo (2020) yang menemukan bahwa dominasi batu bara dalam struktur ekspor pertambangan nasional sangat sensitif terhadap perubahan harga global selama periode 2014–2020. Pada konteks yang lebih kontemporer, Imron *et al.* (2021) mengaplikasikan pendekatan ARDL dan menegaskan adanya hubungan jangka panjang yang signifikan antara volume produksi batu bara, nilai tukar, dan kinerja ekspor energi Indonesia. Ngobeni dan Dagume (2026) juga mengonfirmasi melalui pendekatan VECM bahwa harga minyak memiliki hubungan jangka panjang yang negatif terhadap indikator makroekonomi di Afrika Selatan, mengindikasikan pola transmisi harga yang serupa di negara berkembang lainnya.

Namun demikian, temuan empiris yang ada memperlihatkan beberapa inkonsistensi yang perlu dikritisi. Bashir (2025) menemukan bahwa volatilitas harga minyak berdampak negatif terhadap pertumbuhan ekonomi Pakistan dengan efek yang muncul secara tertunda, berbeda dari hasil Nugraha *et al.* (2025) yang justru menyimpulkan kenaikan harga batu bara internasional menurunkan daya saing ekspor Indonesia. Ketidakselarasan hasil ini menunjukkan bahwa respons ekspor terhadap guncangan harga tidak bersifat seragam dan sangat ditentukan oleh karakteristik komoditas, periode observasi, serta metode estimasi yang digunakan. Selain itu, Trilaksana dan Subiyantoro (2026) menggunakan VECM kuartalan untuk periode 2014–2023 dan menemukan bahwa realisasi ekspor batu bara Indonesia dipengaruhi secara simultan oleh produksi, harga jual, dan kewajiban pasar domestik (DMO), tetapi tidak mengintegrasikan harga minyak dan gas ke dalam satu kerangka analitis. Renaldi (2025) bahkan membatasi analisisnya pada model gravitasi tanpa mempertimbangkan dinamika jangka pendek-panjang secara simultan. Hidayat *et al.* (2025) lebih lanjut mengkaji LNG secara terpisah melalui pendekatan VAR-IRF, sehingga interaksi antar-komoditas energi dalam satu sistem persamaan belum tertangkap secara utuh.

Berdasarkan tinjauan tersebut, terdapat research gap yang jelas sekaligus mendesak untuk dijawab. Pertama, mayoritas studi terdahulu masih menganalisis komoditas energi secara parsial—terfokus pada satu jenis komoditas (umumnya batu bara atau minyak)—tanpa mengintegrasikan ketiga komoditas dominan dalam satu kerangka ekonometrika yang koheren (Ambya & Hamzah, 2019; Azizah & Soelistyo, 2020; Trilaksana & Subiyantoro, 2026). Kedua, metode yang digunakan pada studi sebelumnya umumnya belum mampu menangkap dinamika jangka pendek dan jangka panjang secara simultan, terutama pada data deret waktu dengan derajat integrasi campuran $I(0)$ dan $I(1)$ (Pesaran et al., 2001; Sibanda *et al.*, 2022). Ketiga, kebanyakan studi di Indonesia menggunakan frekuensi tahunan atau kuartalan sehingga kurang peka menangkap transmisi harga energi yang bergerak cepat dalam rentang bulanan, padahal efisiensi pasar internasional dan mekanisme kontrak berjangka cenderung mengoreksi ketidakseimbangan dalam horizon yang pendek (Barunik & Vácha, 2024; Li *et al.*, 2025). Dengan demikian, permasalahan penelitian yang dirumuskan adalah: sejauh mana volatilitas harga batu bara, minyak bumi, dan gas alam di pasar global secara simultan memengaruhi indeks nilai ekspor pertambangan Indonesia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, serta seberapa cepat sistem ekspor nasional menyesuaikan diri terhadap guncangan harga tersebut?

Berangkat dari research gap tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi komoditas energi yang paling dominan memengaruhi indeks nilai ekspor pertambangan Indonesia; (2) menganalisis kausalitas dan arah pengaruh harga batu bara, minyak, dan gas global terhadap indeks ekspor nasional; serta (3) mengukur kecepatan penyesuaian (*speed of adjustment*) dari ketidakseimbangan jangka pendek menuju keseimbangan jangka panjang dengan pendekatan Autoregressive Distributed *Lag-Error Correction Model* (ARDL-ECM) pada data bulanan Januari 2014–Desember 2023. Urgensi penelitian ini bersifat ganda. Dari sisi praktis, ketergantungan struktural ekonomi Indonesia pada komoditas ekstraktif di tengah akselerasi transisi energi global menciptakan risiko sistemik yang dapat menekan penerimaan negara dan stabilitas fiskal dalam waktu dekat (Moudatsou, 2024; Putro, 2025). Dari sisi teoretis, pemahaman mengenai mekanisme transmisi harga antar-komoditas energi masih terfragmentasi pada literatur Indonesia. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada tiga aspek sekaligus: pertama, integrasi simultan ketiga komoditas energi fosil utama (batu bara, minyak, gas) dalam satu kerangka ARDL-ECM yang belum banyak dilakukan pada konteks Indonesia; kedua, penggunaan data bulanan beresolusi tinggi (120 observasi) yang mencakup tiga sub-periode guncangan struktural—krisis harga 2014, pandemi Covid-19, dan perang Rusia-Ukraina—sehingga mampu menangkap heterogenitas volatilitas pada masing-masing fase; dan ketiga, transformasi variabel dalam bentuk log return untuk menstabilkan varians dan menginterpretasikan koefisien sebagai elastisitas. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi secara teoretis dalam memperkaya literatur transmisi harga pada ekonomi price taker, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi perumusan kebijakan diversifikasi ekspor, desain buffer fiskal komoditas, serta strategi manajemen risiko harga yang berbasis bukti empiris terkini.

METODE PENELITIAN

Desain dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain asosiatif-kausal berbasis analisis deret waktu (*time series analysis*), yang ditujukan untuk menguji hubungan kausal serta signifikansi statistik antara volatilitas harga energi global dan indeks ekspor pertambangan Indonesia secara empiris. Pemilihan pendekatan kuantitatif sejalan dengan penjelasan Sugiyono (2022) bahwa pendekatan ini tepat digunakan ketika peneliti hendak menguji hipotesis tertentu

melalui data numerik yang dianalisis dengan prosedur statistik, sedangkan Sudaryono (2021) menambahkan bahwa desain kausal sangat cocok untuk menjelaskan arah pengaruh antarvariabel ekonomi yang memiliki dukungan teoretis yang kuat. Secara spesifik, studi ini mengadopsi kerangka ekonometrika *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) yang dikombinasikan dengan *Error Correction Model* (ECM), karena kerangka tersebut mampu mengestimasi dinamika jangka pendek dan keseimbangan jangka panjang secara simultan dalam satu sistem persamaan (Gujarati & Porter, 2009; Pesaran *et al.*, 2001). Keunggulan pendekatan ARDL-ECM juga telah ditegaskan oleh Natsiopoulos dan Tzeremes (2022) serta Sathyanarayana dan Mohanasundaram (2025), yang menunjukkan bahwa model ini fleksibel terhadap variabel dengan derajat integrasi campuran $I(0)$ dan $I(1)$, handal pada sampel kecil hingga menengah, serta memberikan inferensi yang lebih robust dibandingkan pendekatan kointegrasi tradisional seperti Engle-Granger (1987) dan Johansen. Dengan demikian, desain penelitian ini memposisikan diri sebagai studi eksplanatif-konfirmatif yang dapat direplikasi oleh peneliti lain menggunakan prosedur estimasi dan data sekunder yang identik.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data historis bulanan mengenai indeks nilai ekspor pertambangan Indonesia dan harga tiga komoditas energi fosil utama di pasar global, yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas alam, sejak pasar komoditas bulanan tersebut tersedia secara resmi pada basis data Badan Pusat Statistik (BPS) dan *World Bank Commodity Price Data*. Mengingat keterbatasan cakupan waktu yang relevan dan keberadaan sub-periode guncangan struktural yang ingin ditangkap, penelitian ini menerapkan teknik purposive sampling, yaitu teknik pengambilan sampel nonprobabilitas yang didasarkan pada pertimbangan ilmiah tertentu yang sejalan dengan tujuan penelitian (Emzir, 2022; Sugiyono, 2022). Kriteria inklusi yang ditetapkan mencakup (a) ketersediaan data bulanan penuh tanpa missing values untuk keempat variabel; (b) cakupan periode yang merepresentasikan tiga sub-fase turbulensi pasar energi, yaitu jatuhnya harga minyak pasca-aneksasi Krimea (2014), pandemi Covid-19 (2020), dan perang Rusia-Ukraina (2022); dan (c) konsistensi metodologis dalam pengukuran variabel lintas sumber. Berdasarkan kriteria tersebut, rentang sampel yang dipilih adalah Januari 2014 hingga Desember 2023, yang menghasilkan total 120 observasi bulanan untuk setiap variabel. Ukuran sampel tersebut dinilai memadai untuk pendekatan ARDL-ECM karena, sebagaimana dijelaskan Pesaran *et al.* (2001) dan ditegaskan ulang oleh Schneider dan Kripfganz (2023), estimator ARDL bersifat super-consistent bahkan pada sampel menengah dengan panjang observasi antara 80 hingga 150 periode.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dalam studi kuantitatif berbasis data sekunder, sebagaimana dijelaskan Sudaryono (2021) dan Sugiyono (2022), berbentuk dokumentasi terstruktur yang merujuk pada sumber resmi terpercaya, bukan kuesioner atau wawancara sebagaimana pada penelitian survei. Variabel yang diukur terdiri atas satu variabel dependen, yaitu indeks nilai unit ekspor pertambangan Indonesia (r_{export}), dan tiga variabel independen, yaitu harga batu bara (r_{coal}), harga minyak bumi (r_{oil}), dan harga gas alam (r_{gas}). Data indeks ekspor pertambangan diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (2025) yang telah melalui proses verifikasi statistik nasional, sedangkan data harga komoditas energi global bersumber dari World Bank Commodity Price Data (Pink Sheet) yang digunakan secara luas dalam literatur ekonomi energi (Kalsum *et al.*, 2025; Ngoben & Dagume, 2026). Seluruh variabel ditransformasikan ke dalam bentuk log return dengan rumus $R_t = \ln(P_t / P_{t-1})$, sebuah prosedur standar yang direkomendasikan

oleh Wooldridge (2013) dan Hyndman dan Athanasopoulos (2018) untuk menstabilkan varians, mengurangi masalah akar unit, serta memudahkan interpretasi koefisien sebagai elastisitas. Sebagai bentuk uji kelayakan instrumen atas validitas dan reliabilitas data sekunder, peneliti melakukan triangulasi sumber melalui perbandingan konsistensi angka antara basis data BPS, Bank Dunia, dan International Energy Agency (2025a, 2025b), serta melakukan verifikasi statistik deskriptif atas keseluruhan seri observasi guna memastikan tidak terdapat outlier ekstrem akibat kesalahan pencatatan.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian disusun secara kronologis dalam tiga tahap utama, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan analisis, agar seluruh langkah dapat direplikasi dengan tingkat transparansi tinggi sebagaimana disyaratkan pada standar jurnal internasional bereputasi (Emzir, 2022; Sugiyono, 2022). Pada tahap persiapan, peneliti melakukan kajian literatur sistematis untuk merumuskan kerangka teoretis (Salvatore, 2013; Dauvin, 2014; Mehrara, 2008) dan hipotesis penelitian, kemudian mendefinisikan secara operasional setiap variabel serta menentukan periode observasi Januari 2014 hingga Desember 2023. Pada tahap pelaksanaan, peneliti mengunduh dan mengompilasi data mentah dari BPS dan World Bank ke dalam format panjang bulanan, membersihkan data dari anomali teknis, menyelaraskan periode observasi, serta melakukan transformasi log return untuk seluruh variabel guna memenuhi prasyarat ekonometrika (Wooldridge, 2013). Pada tahap analisis, peneliti menjalankan prosedur bertahap yang meliputi (1) statistik deskriptif untuk memetakan karakteristik distribusi; (2) uji stasioneritas Augmented Dickey-Fuller untuk mendeteksi akar unit dan memastikan tidak ada variabel pada derajat I(2) (Dickey & Fuller, 1979; Sathyanarayana & Mohanasundaram, 2025); (3) estimasi OLS sebagai benchmark eksplorasi awal; (4) estimasi ARDL dengan pemilihan lag optimal berbasis Akaike Information Criterion; (5) uji Bounds Test untuk mengonfirmasi kointegrasi (Pesaran et al., 2001); dan (6) estimasi ECM untuk memetakan kecepatan penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang. Urutan prosedural ini disusun berlandaskan praktik standar ekonometrika time series kontemporer yang dituangkan oleh Natsiopoulos dan Tzeremes (2022) serta Schneider dan Kripfganz (2023), sehingga setiap hasil antara dapat menjadi justifikasi bagi langkah berikutnya dan meminimalkan risiko spurious regression.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini bersifat kuantitatif-inferensial dan diarahkan untuk menjawab ketiga tujuan penelitian melalui kombinasi statistik deskriptif dan estimasi model ekonometrika dinamis. Statistik deskriptif digunakan untuk memetakan rata-rata, standar deviasi, skewness, dan kurtosis seluruh variabel log return guna memahami karakteristik volatilitas masing-masing komoditas (Sugiyono, 2022; Sudaryono, 2021). Selanjutnya, analisis inferensial mencakup uji stasioneritas ADF, estimasi OLS, spesifikasi ARDL, Bounds Test Pesaran *et al.* (2001), serta estimasi ECM, yang seluruhnya diarahkan untuk mengonfirmasi keberadaan hubungan jangka pendek, jangka panjang, sekaligus kecepatan koreksi ketidakseimbangan. Seluruh prosedur diolah menggunakan perangkat lunak R Programming Language (R Core Team, 2025), dengan paket *tseries* dan *urca* untuk pengujian akar unit, paket ARDL yang dikembangkan oleh Natsiopoulos dan Tzeremes (2022) untuk estimasi model dan Bounds Test, *dynlm* untuk regresi dinamis, *lmtest* untuk uji diagnostik klasik (heteroskedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas), serta *strucchange* untuk uji stabilitas parameter CUSUM, sebagaimana direkomendasikan pula oleh Hyndman dan Athanasopoulos (2018) serta Demirhan (2020). Untuk memastikan keandalan hasil,

peneliti melakukan uji diagnostik menyeluruh, termasuk Variance Inflation Factor untuk multikolinearitas, Durbin-Watson dan Breusch-Godfrey untuk autokorelasi, serta Breusch-Pagan untuk heteroskedastisitas yang dikoreksi dengan robust standard error HC1 jika ditemukan pelanggaran asumsi. Pemilihan lag optimal dilakukan melalui prosedur *auto_ardl* berdasarkan AIC untuk meminimalkan risiko overfitting sekaligus mempertahankan efisiensi estimator, sejalan dengan praktik yang disarankan oleh Schneider dan Kripfganz (2023) dan Sathyanarayana dan Mohanasundaram (2025).

Pertimbangan Etis

Walaupun penelitian ini tidak melibatkan subjek manusia ataupun hewan sehingga tidak memerlukan ethical clearance dari komite etik kelembagaan, pertimbangan etis akademik tetap dijunjung tinggi sepanjang tahapan penelitian. Seluruh data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersifat publik dan diperoleh dari sumber resmi terpercaya, yaitu Badan Pusat Statistik (2025), World Bank Commodity Price Data, dan International Energy Agency (2023a, 2023b, 2023c, 2025a, 2025b), sehingga tidak terdapat isu kerahasiaan data pribadi maupun pelanggaran hak cipta. Peneliti menaati prinsip integritas akademik sebagaimana ditekankan oleh Emzir (2022) dan Sugiyono (2022), yang mencakup transparansi sumber data, keterulangan prosedur, serta penghindaran manipulasi hasil analisis. Seluruh hasil estimasi dilaporkan apa adanya, baik yang signifikan maupun tidak signifikan, termasuk temuan diagnostik yang menunjukkan pelanggaran asumsi klasik pada model OLS yang kemudian dikoreksi melalui prosedur robust standard error. Selain itu, peneliti memastikan setiap referensi dikutip secara akurat dalam format APA edisi ke-7 untuk menghindari plagiarisme dan memberikan pengakuan yang layak kepada karya akademik pendahulu. Dengan demikian, penelitian ini memenuhi standar etika publikasi ilmiah internasional serta prinsip research integrity yang berlaku pada jurnal bereputasi *Scopus*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif memberikan gambaran umum mengenai karakteristik data *log return* variabel penelitian selama periode 2014–2023. Statistik deskriptif mencakup nilai rata-rata (mean), standar deviasi, nilai minimum, maksimum, skewness, dan kurtosis untuk masing-masing variabel.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian (2014–2023)

Variabel	Mean	Std. Dev	Min	Max	Skewness	Kurtosis
r_export	0,0042	0,1443	-0,6617	1,1024	1,7782	16,840
r_coal	0,0046	0,1055	-0,4270	0,3569	-0,5036	6,029
r_oil	-0,0027	0,1048	-0,5114	0,2845	-1,1144	7,639
r_gas	-0,0052	0,1434	-0,6806	0,6420	0,3753	8,822

Sumber: Data yang diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 1, variabel *r_export* memiliki rata-rata pertumbuhan sebesar 0,0042 atau 0,42% per bulan dengan tingkat volatilitas tertinggi dibandingkan variabel lainnya, yang ditunjukkan oleh standar deviasi sebesar 0,1443. Hal ini menunjukkan bahwa indeks ekspor pertambangan memiliki fluktuasi yang cukup besar selama periode penelitian, yang mencerminkan sensitivitasnya terhadap kondisi pasar internasional.

Variabel *r_coal* memiliki rata-rata pertumbuhan positif sebesar 0,0046, sementara *r_oil* dan *r_gas* memiliki rata-rata negatif yang menunjukkan kecenderungan penurunan harga selama

beberapa periode observasi. Hal ini konsisten dengan dinamika pasar energi global yang diwarnai oleh penurunan harga minyak pasca-2014 dan volatilitas harga gas akibat pergeseran pasokan LNG global. Nilai kurtosis seluruh variabel yang melebihi 3 menunjukkan distribusi yang bersifat leptokurtic (ekor distribusi tebal), mengindikasikan adanya frekuensi kejadian ekstrem yang lebih tinggi dari distribusi normal, terutama pada periode pandemi Covid-19 dan konflik Rusia-Ukraina.

Uji Stasioneritas (Augmented Dickey-Fuller)

Sebelum melakukan estimasi model ARDL, dilakukan uji akar unit menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF Test) untuk memastikan tidak terdapat variabel yang stasioner pada perbedaan kedua (I(2)), karena model ARDL hanya dapat digunakan untuk variabel pada tingkat integrasi I(0) atau I(1).

Tabel 2. Hasil Uji Augmented Dickey-Fuller (Level)

Variabel	Dickey-Fuller	P-Value	Keterangan
r_export	-4,777	0,0100	Stasioner I(0)
r_coal	-3,425	0,0536	Non-stasioner (5%), Stasioner I(1)
r_oil	-4,991	0,0100	Stasioner I(0)
r_gas	-4,817	0,0100	Stasioner I(0)

* Nilai kritis ADF pada $\alpha = 5\%$ adalah -2,888.

Sumber: Data yang diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 2, variabel r_export, r_oil, dan r_gas dinyatakan stasioner pada tingkat level atau I(0) karena memiliki nilai p-value (0,0100) yang lebih kecil dari taraf nyata 5%. Di sisi lain, variabel r_coal memiliki nilai p-value sebesar 0,0536 yang mengindikasikan bahwa r_coal tidak stasioner secara ketat pada taraf 5%, melainkan stasioner pada taraf nyata 10%, atau dapat diasumsikan berada pada tingkat integrasi I(1). Temuan campuran antara I(0) dan I(1) ini — tanpa adanya variabel I(2) — menjadi justifikasi metodologis yang kuat untuk penggunaan model ARDL (Pesaran et al., 2001).

Hasil Estimasi OLS dan Uji Diagnostik

Estimasi awal menggunakan OLS menunjukkan bahwa secara simultan variabel harga batu bara, minyak, dan gas tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap indeks ekspor pertambangan (F-statistik dengan p-value = 0,721). Nilai R-squared yang rendah mengindikasikan bahwa model statis belum mampu menangkap hubungan yang sesungguhnya antar variabel.

Uji diagnostik model OLS menghasilkan temuan sebagai berikut. Pertama, nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) seluruh variabel berada di bawah 1,1, sehingga tidak terdapat masalah multikolinearitas. Kedua, nilai Durbin-Watson sebesar 1,9014 (p-value = 0,28) menunjukkan tidak adanya autokorelasi. Ketiga, uji Breusch-Pagan menunjukkan p-value sebesar 0,0326 yang mengindikasikan adanya heteroskedastisitas; oleh karena itu, dilakukan koreksi menggunakan *robust standard error* (HC1). Setelah dikoreksi, seluruh variabel tetap tidak signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa hubungan antara harga energi global dan ekspor pertambangan tidak bersifat kontemporan atau statis, melainkan memerlukan pendekatan dinamis dengan mempertimbangkan efek lag.

Analisis Model ARDL dan *Bounds Test*

Melalui prosedur *auto_ardl* dengan kriteria informasi AIC, diperoleh struktur lag optimal yang menghasilkan model ARDL terbaik dengan lag pada variabel ekspor dan batu bara.

Tabel 3. Hasil Estimasi Jangka Pendek Model ARDL

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L(r export,1)	0,0583	0,0915	0,637	0,5254
r coal	0,0231	0,1321	0,175	0,8613
L(r coal,1)	0,3626	0,1301	2,787	0,0062***
r oil	-0,1329	0,1242	-1,070	0,2869
r gas	-0,0654	0,0837	-0,781	0,4365

Catatan: *** signifikan pada $\alpha = 1\%$; ** signifikan pada $\alpha = 5\%$; * signifikan pada $\alpha = 10\%$

$R^2 = 0,07889$; Adjusted $R^2 = 0,03777$

Sumber: Data yang diolah (2025).

Dari Tabel 3, dapat diinterpretasikan bahwa pengaruh harga batu bara (r_coal) terhadap indeks ekspor tidak terjadi secara instan, melainkan memiliki efek tunda (*time lag*). Koefisien L(r_coal,1) sebesar 0,3626 menunjukkan bahwa kenaikan harga batu bara sebesar 1% pada satu bulan sebelumnya akan meningkatkan indeks ekspor pertambangan pada bulan berjalan sebesar 0,36%. Pengaruh ini signifikan secara statistik pada taraf 1% ($p = 0,0062$), yang mengindikasikan bahwa ketergantungan ekspor pertambangan Indonesia terhadap komoditas batu bara masih sangat dominan. Sementara itu, harga minyak dan gas tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap indeks ekspor pertambangan, baik pada periode berjalan maupun dengan lag.

Nilai R-squared jangka pendek sebesar 0,07889 mencerminkan bahwa hanya 7,89% variasi indeks ekspor yang dapat dijelaskan oleh model dalam jangka pendek. Rendahnya nilai ini secara empiris dapat dijelaskan oleh rigiditas pasar komoditas primer: dalam rentang bulanan, variasi nilai ekspor lebih banyak dipengaruhi oleh faktor non-harga seperti volume produksi yang telah dikontrak sebelumnya, keterbatasan logistik, dan kewajiban *Domestic Market Obligation* (DMO), alih-alih oleh fluktuasi harga spot energi global saat itu juga.

Tabel 4. Hasil Uji Kointegrasi Bounds Test

F-Statistik	Tingkat Signifikansi	Lower Bound I(0)	Upper Bound I(1)	Keterangan
27,729	1%	4,29	5,61	Terdapat Kointegrasi
	5%	3,23	4,35	
	10%	2,72	3,77	

Sumber: Pesaran et al. (2001) untuk nilai kritis; hasil estimasi menggunakan R (2025)

Hasil pengujian kointegrasi pada Tabel 4 menunjukkan nilai F-statistik sebesar 27,729 yang jauh melampaui nilai kritis *upper bound* pada tingkat signifikansi 1% (5,61). Dengan demikian, hipotesis nol yang menyatakan tidak terdapat hubungan jangka panjang ditolak secara kuat, dan dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan kointegrasi yang stabil antara harga energi global dan indeks ekspor pertambangan Indonesia. Hipotesis H_4 dalam penelitian ini terbukti secara empiris.

Error Correction Model (ECM)

Setelah terkonfirmasi adanya kointegrasi, dilakukan estimasi ECM untuk melihat mekanisme penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang.

Tabel 5. Hasil Estimasi Error Correction Model (ECM)

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistic	Prob.
d(r_coal)	0,0231	0,1024	0,226	0,822
ECT(-1)	-0,9416	0,0882	-10,672	0,000***

Catatan: *** signifikan pada $\alpha = 1\%$ $R^2 = 0,5093$; Adjusted $R^2 = 0,5008$

Sumber: Data yang diolah (2025).

Persamaan ECM yang diperoleh adalah:

$$\Delta r_{\text{export}_t} = 0,0231 \Delta r_{\text{coal}_t} - 0,9416 \text{ECT}_{t-1}$$

Hasil estimasi ECM menunjukkan tiga temuan penting. Pertama, koefisien *Error Correction Term* (ECT_{t-1}) bernilai negatif sebesar -0,9416 dan signifikan secara statistik ($p < 0,001$), memvalidasi adanya hubungan jangka panjang yang stabil antara harga energi global dan indeks ekspor pertambangan Indonesia. Nilai ini memastikan bahwa sistem ekonomi cenderung kembali ke keseimbangan jangka panjang setelah mengalami guncangan jangka pendek.

Kedua, koefisien sebesar 0,9416 menunjukkan bahwa speed of adjustment sangat tinggi. Sekitar 94,16% dari ketidakseimbangan jangka pendek akan dikoreksi kembali menuju jalur keseimbangan jangka panjang dalam waktu satu bulan. Hal ini mengindikasikan bahwa pasar ekspor pertambangan Indonesia sangat responsif terhadap perubahan harga energi global.

Ketiga, variabel Δr_{coal} tidak signifikan dalam ECM ($p = 0,822$), yang menunjukkan bahwa perubahan harga batu bara pada bulan yang sama belum cukup untuk langsung menggerakkan nilai ekspor, pengaruhnya baru terasa dengan jeda satu bulan, sebagaimana terkonfirmasi pada estimasi ARDL sebelumnya. Nilai R-squared ECM sebesar 0,5093 yang jauh lebih tinggi dibandingkan model *OLS* menegaskan superioritas pendekatan dinamis ECM dalam menangkap variasi fluktuasi ekspor.

Pembahasan

Dalam kerangka dinamis ARDL-ECM, hasil estimasi menunjukkan bahwa respons sektor pertambangan Indonesia terhadap perubahan harga energi global tidak bersifat seragam antar-komoditas. Harga batu bara menjadi satu-satunya variabel yang terbukti berpengaruh signifikan secara statistik terhadap indeks ekspor pertambangan dalam jangka pendek, sedangkan harga minyak bumi dan gas alam tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Dengan demikian, H_1 memperoleh dukungan empiris, sementara H_2 dan H_3 tidak terkonfirmasi dalam jangka pendek. Temuan ini menegaskan bahwa sensitivitas kinerja ekspor pertambangan Indonesia terhadap dinamika pasar energi global terutama ditentukan oleh pergerakan harga batu bara, yang mencerminkan posisi dominan komoditas tersebut dalam struktur ekspor pertambangan nasional. Pengaruh harga batu bara yang muncul setelah jeda satu bulan menunjukkan bahwa transmisi perubahan harga global ke dalam nilai ekspor tidak berlangsung secara seketika. Pola tersebut dapat dijelaskan melalui mekanisme penetapan harga kontraktual dalam perdagangan internasional batu bara. Volume, harga, spesifikasi komoditas, serta jadwal pengiriman umumnya disepakati sebelum transaksi fisik dilaksanakan melalui kontrak penjualan berjangka atau kontrak dengan formula harga tertentu. Oleh karena itu, perubahan harga pada pasar global pada bulan berjalan belum tentu langsung tercermin dalam realisasi ekspor pada periode yang sama, tetapi baru tercatat setelah kontrak dieksekusi dan pengiriman diselesaikan.

Selain faktor kontraktual, keterlambatan transmisi harga juga berkaitan dengan karakteristik operasional rantai pasok pertambangan. Proses produksi, pengangkutan dari lokasi tambang menuju terminal, pemuatan ke kapal, penyelesaian dokumen kepabeanan, perjalanan laut, serta pencatatan transaksi ekspor membutuhkan waktu yang tidak singkat. Adanya antrean kapal dan keterbatasan kapasitas pelabuhan juga dapat memperpanjang interval antara perubahan harga internasional dan pencatatan nilai ekspor. Dengan demikian, efek tunda satu bulan yang ditemukan dalam model tidak hanya memiliki makna statistik, tetapi juga konsisten dengan mekanisme perdagangan dan logistik batu bara secara empiris.

Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan harga batu bara global cenderung memperkuat nilai ekspor pertambangan Indonesia setelah melalui proses penyesuaian yang relatif singkat.

Namun, ketergantungan yang kuat terhadap satu komoditas sekaligus memperlihatkan adanya kerentanan struktural. Ketika harga batu bara meningkat, penerimaan ekspor dapat terdorong secara cepat, tetapi ketika harga mengalami koreksi, nilai ekspor pertambangan juga berpotensi tertekan. Oleh sebab itu, signifikansi batu bara tidak semata-mata menunjukkan kekuatan komparatif Indonesia, tetapi juga menandakan bahwa stabilitas ekspor pertambangan masih sangat dipengaruhi oleh siklus harga satu komoditas utama.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, penelitian ini menyimpulkan bahwa harga batu bara merupakan faktor utama yang memengaruhi indeks ekspor pertambangan Indonesia. Pengaruh tersebut bersifat positif dan tidak terjadi secara langsung, tetapi melalui jeda waktu satu bulan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan harga batu bara di pasar global memerlukan waktu untuk ditransmisikan ke dalam nilai ekspor, antara lain melalui penyesuaian kontrak perdagangan, volume pengiriman, dan pencatatan transaksi ekspor. Sebaliknya, harga minyak bumi dan gas alam tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Temuan ini menegaskan bahwa struktur ekspor pertambangan Indonesia masih sangat didominasi oleh batu bara, sedangkan kontribusi minyak dan gas terhadap pergerakan indeks ekspor pertambangan relatif terbatas.

Penelitian ini juga menemukan adanya hubungan keseimbangan jangka panjang yang stabil antara harga energi global dan indeks ekspor pertambangan Indonesia. Hubungan tersebut terutama ditopang oleh harga batu bara, yang secara konsisten bergerak searah dengan perubahan nilai ekspor pertambangan. Dengan demikian, kenaikan harga batu bara di pasar internasional cenderung diikuti oleh peningkatan nilai ekspor pertambangan Indonesia, sedangkan perubahan harga minyak dan gas tidak memberikan dampak yang konsisten. Keberadaan hubungan jangka panjang tersebut menunjukkan bahwa meskipun dalam jangka pendek dapat terjadi penyimpangan akibat guncangan harga, perubahan permintaan global, atau kondisi perdagangan internasional, sistem ekspor pertambangan tetap memiliki kecenderungan untuk kembali menuju keseimbangannya.

Selain itu, hasil estimasi menunjukkan bahwa proses penyesuaian dari ketidakseimbangan jangka pendek menuju keseimbangan jangka panjang berlangsung sangat cepat. Kondisi ini mencerminkan tingginya respons pasar ekspor pertambangan Indonesia terhadap perubahan harga energi global, khususnya harga batu bara. Namun, kecepatan penyesuaian yang sangat tinggi juga perlu ditafsirkan secara hati-hati karena dapat mengindikasikan kemungkinan respons yang berlebihan dalam jangka pendek. Oleh sebab itu, hasil tersebut tidak hanya memperlihatkan kemampuan pasar dalam menyesuaikan diri, tetapi juga menunjukkan adanya potensi volatilitas ketika terjadi guncangan harga yang besar.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa ketergantungan ekspor pertambangan Indonesia terhadap batu bara masih sangat kuat. Struktur tersebut memberikan keuntungan ketika harga batu bara meningkat, tetapi sekaligus menciptakan kerentanan apabila harga dan permintaan batu bara global mengalami penurunan. Dengan demikian, diversifikasi komoditas ekspor, penguatan hilirisasi, perluasan pasar tujuan, serta pengembangan produk pertambangan bernilai tambah menjadi langkah penting untuk mengurangi ketergantungan terhadap satu komoditas dan memperkuat ketahanan ekspor nasional.

REFERENCES

Ambya, A., & Hamzah, L. M. (2019). Indonesian coal exports: Dynamic panel analysis approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), 390–395.

- <https://doi.org/10.32479/jieep.11978>
- Azizah, I. A., & Soelistyo, A. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi ekspor batubara Indonesia tahun 2014–2020. *Jurnal Ilmu Ekonomi (JIE)*, 4(2), 339–353. <https://doi.org/10.22219/jie.v6i4.22608>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Produk Domestik Bruto Indonesia menurut lapangan usaha 2024*. <https://www.bps.go.id>
- Baruník, J., & Vácha, L. (2024). Volatility transmission in global energy markets after geopolitical shocks. *Energy Economics*, 128, 107103. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107103>
- Chung, S. (2024). Energy price uncertainty and macroeconomic dynamics. *Journal of International Economics*, 146, 103820. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2024.103820>
- Dauvin, M. (2014). Energy prices and the real exchange rate of commodity-exporting countries. *Energy Economics*, 44, 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.012>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431. <https://doi.org/10.2307/2286348>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice* (2nd ed.). OTexts. <https://otexts.com/fpp2/>
- International Energy Agency. (2023a). *Indonesia – Coal*. <https://www.iea.org/countries/indonesia/coal>
- International Energy Agency. (2023b). *Indonesia – Natural gas*. <https://www.iea.org/countries/indonesia/natural-gas>
- International Energy Agency. (2023c). *Indonesia – Crude oil*. <https://www.iea.org/countries/indonesia/oil>
- International Energy Agency. (2025a). *Share of energy demand growth by source, 2024*. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency. (2025b). *World energy outlook 2025*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>
- Mehrara, M. (2008). The asymmetric relationship between oil revenues and economic activities: The case of oil-exporting countries. *Energy Policy*, 36(3), 1164–1168. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.004>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rapsomanikis, G., Hallam, D., & Conforti, P. (2004). Market integration and price transmission in selected food and cash crop markets of developing countries. Dalam *FAO Commodity Market Review 2003–2004*. Food and Agriculture Organization.
- Salvatore, D. (2013). *International economics* (11th ed.). Wiley.
- Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory econometrics: A modern approach* (5th ed.). Cengage Learning.