

**PENGARUH EMISI CO₂, KONSUMSI ENERGI, DAN EKSPOR TERHADAP
PERTUMBUHAN EKONOMI DI INDONESIA**

Yohana Feby¹, Putri Sari Margaret Julianty Silaban²

^{1,2}Universitas Negeri Medan, Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan Estate,
Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia

yohanafeby.7223240025@mhs.unimed.ac.id, poetrisilaban@unimed.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of CO₂ emissions, energy consumption, and exports on economic growth in Indonesia in both the short run and long run. The data used are annual time series data for the period 2004–2024 sourced from the World Bank and Our World in Data. The analytical method employed is the Error Correction Model (ECM) to capture the dynamic relationship between variables in the short run and long run. The short-run estimation results indicate that CO₂ emissions have a negative and significant effect on economic growth, while energy consumption and exports have a positive and significant effect on Indonesia's economic growth. Simultaneously, all three variables significantly affect economic growth in the short run with an R-squared value of 88.58 percent. The long-run results show that CO₂ emissions have a negative and significant effect, while energy consumption and exports have a positive and significant effect. The ECT coefficient of -1.221 confirms the existence of an error correction mechanism toward long-run equilibrium. This study concludes that controlling carbon emissions, optimizing clean energy consumption, and strengthening export competitiveness are policies that need to be integrated to promote sustainable economic growth in Indonesia.

Keywords: CO₂ Emissions, Energy Consumption, Exports, Economic Growth, Error Correction Model (ECM)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh emisi CO₂, konsumsi energi, dan ekspor terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Data yang digunakan adalah data time series tahunan periode 2004–2024 yang bersumber dari World Bank dan Our World in Data. Metode analisis yang digunakan adalah Error Correction Model (ECM) untuk menangkap dinamika hubungan jangka pendek dan jangka panjang antarvariabel. Hasil estimasi jangka pendek menunjukkan bahwa emisi CO₂ berpengaruh negatif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, sedangkan konsumsi energi dan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Secara simultan, ketiga variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek dengan nilai R-squared sebesar 88,58 persen. Adapun hasil estimasi jangka panjang menunjukkan bahwa

emisi CO₂ berpengaruh negatif dan signifikan, sementara konsumsi energi dan ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Secara simultan, ketiga variabel berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang dengan nilai R-squared sebesar 77,73 persen. Nilai koefisien ECT sebesar -1,221 yang negatif dan signifikan mengkonfirmasi adanya mekanisme koreksi ketidakseimbangan menuju keseimbangan jangka panjang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengendalian emisi karbon, optimalisasi konsumsi energi bersih, dan penguatan daya saing ekspor merupakan kebijakan yang perlu diintegrasikan secara terpadu untuk mendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Emisi CO₂, Konsumsi Energi, Ekspor, Pertumbuhan Ekonomi, Error Correction Model (ECM)

A. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi dan industrialisasi yang pesat, pertumbuhan ekonomi menjadi tujuan utama pembangunan bagi negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Pertumbuhan ekonomi sering digunakan sebagai indikator keberhasilan pembangunan karena mencerminkan peningkatan kapasitas produksi, pendapatan nasional, serta kesejahteraan masyarakat. Namun, pertumbuhan ekonomi ini sering kali disertai dengan peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂), konsumsi energi yang masif, dan ketergantungan pada ekspor komoditas (Zuldareva, 2017).

Pada tingkat global, pertumbuhan ekonomi berjalan seiring dengan meningkatnya konsumsi energi, ekspansi kegiatan industri,

serta peningkatan perdagangan internasional. Menurut laporan United Nations Environment (2024), emisi CO₂ global telah mencapai rekor tertinggi pada 2023, dengan kontribusi signifikan dari sektor energi dan perdagangan internasional. World Meteorological Organization (2019) menyatakan bahwa periode 2015–2019 mengalami peningkatan konsentrasi CO₂ secara berkelanjutan, dengan laju kenaikan emisi global sekitar 1–2% per tahun akibat ekonomi berbasis bahan bakar fosil.

Bagi Indonesia, pertumbuhan ekonomi masih sangat dipengaruhi oleh aktivitas ekonomi berbasis energi fosil, terutama pada sektor industri manufaktur, pertambangan, transportasi, dan pembangkit listrik. Kondisi ini menyebabkan emisi CO₂

terus meningkat seiring ekspansi kegiatan ekonomi, sehingga emisi CO₂ menjadi salah satu permasalahan utama pembangunan ekonomi Indonesia (Pratama et al., 2022). Hal ini dapat dijelaskan melalui teori Eksternalitas Negatif Pigou (1920), yang menyatakan bahwa aktivitas ekonomi dapat menimbulkan biaya eksternal yang ditanggung masyarakat dan lingkungan.

Peningkatan konsumsi energi memiliki peran penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Secara teoritis, pengaruh konsumsi energi terhadap pertumbuhan ekonomi dapat dijelaskan melalui teori Energy-led Growth yang menyatakan bahwa peningkatan konsumsi energi menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi, terutama pada negara yang sedang dalam fase industrialisasi (Adelakun et al., 2025). Namun ketergantungan pada energi fosil yang mencapai 85% dari total pasokan nasional menyebabkan gangguan suplai energi yang berdampak langsung pada aktivitas industri (Kementerian ESDM, 2016).

Melalui perdagangan internasional, ekspor berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan devisa, penciptaan lapangan

pekerjaan, serta perluasan pasar bagi produk domestik. Ekspor memainkan peran kunci melalui hipotesis Export-Led Growth (ELG), di mana ekspor memicu permintaan agregat dan mendorong efisiensi produksi domestik (Dreger & Herzer, 2013). Namun, ekspor Indonesia masih didominasi oleh komoditas primer berbasis sumber daya alam, sehingga menciptakan trade-off antara manfaat jangka pendek dari ekspor dan biaya lingkungan jangka panjang (Roespinoedji et al., 2020).

Berdasarkan penjelasan di atas, terdapat hubungan yang kompleks antara emisi CO₂, konsumsi energi, dan ekspor terhadap pertumbuhan ekonomi. Penelitian yang menganalisis pengaruh ketiga variabel tersebut secara simultan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dengan rentang waktu 2004 hingga 2024 masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh emisi CO₂, konsumsi energi, dan ekspor terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang menggunakan metode Error Correction Model (ECM).

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Error Correction Model (ECM) untuk mengkaji pengaruh jangka pendek dan jangka panjang variabel independen terhadap variabel dependen. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah pertumbuhan ekonomi Indonesia (PE), sedangkan variabel independen meliputi emisi CO₂, konsumsi energi, dan ekspor.

Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data time series tahunan periode 2004–2024 yang bersumber dari World Bank dan Our World in Data. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Eviews 12. Tahapan analisis mencakup: (1) uji stasioneritas menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF), (2) uji kointegrasi menggunakan metode Engle-Granger, (3) estimasi model ECM jangka pendek, dan (4) estimasi model ECM jangka panjang.

Model persamaan jangka panjang yang digunakan adalah:

$$PE_t = \beta_0 - \beta_1 \text{EmisiKarbont} + \beta_2 \text{KonsumsiEnergit} + \beta_3 \text{Ekspor} t + et$$

Sedangkan model persamaan jangka pendek (ECM) adalah:

$$\Delta PE_t = \beta_0 - \beta_1 \Delta \text{EmisiKarbont} + \beta_2 \Delta \text{KonsumsiEnergit} + \beta_3 \Delta \text{Ekspor} t + \beta_4 ECT_{t-1} + et$$

Di mana Δ merupakan perbedaan pertama (first difference) dan ECT_{t-1} adalah nilai residual dari persamaan jangka panjang dengan time-lag satu periode yang menunjukkan kecepatan penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Uji Stasioneritas

Pengujian stasioneritas dilakukan menggunakan metode Augmented Dickey-Fuller (ADF) pada tingkat signifikansi 5 persen. Variabel dinyatakan stasioner apabila nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05.

Tabel 1. Hasil Uji Stasioneritas (ADF)

Variabel	Augmented Dickey-Fuller Test Statistic (Prob.)		
	Level	First Difference	Second Difference
Pertumbuhan Ekonomi	0.0258	0.0001	0.0334
Emisi CO ₂	0.8921	0.0003	0.0031

Sumber: Data diolah, 2026

Berdasarkan Tabel 1, seluruh variabel menunjukkan nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05 pada

tingkat first difference. Hal ini berarti semua variabel telah memiliki sifat stasioner pada orde yang sama yaitu $I(1)$, sehingga pengujian dapat dilanjutkan ke uji kointegrasi.

2. Uji Kointegrasi

Uji kointegrasi dilakukan menggunakan metode Engle-Granger untuk mendeteksi hubungan keseimbangan jangka panjang antarvariabel. Apabila nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05, maka variabel penelitian dinyatakan memiliki hubungan kointegrasi.

Tabel 2. Hasil Uji Kointegrasi (Engle-Granger)

Variabel	Probability	Keterangan
ECT	0.0003	Terkointegrasi

Sumber: Data diolah, 2026

Berdasarkan Tabel 2, nilai probabilitas variabel ECT sebesar 0,0003 < 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel emisi CO₂, konsumsi energi, ekspor, dan pertumbuhan ekonomi saling terkointegrasi, sehingga estimasi model ECM dapat dilanjutkan.

3. Estimasi Model ECM Jangka Pendek

Berdasarkan hasil estimasi, persamaan model ECM jangka pendek adalah sebagai berikut:

$$D(PE) = -0,152 - 4,932 D(\text{EmisiCO}_2) + 5,114 D(\text{LOG}(\text{KE})) + 5,403 D(\text{LOG}(\text{Ekspor})) - 1,221 \text{ECT}(-1)$$

Emisi CO₂ berpengaruh negatif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek (koefisien -4,932; prob. 0,0004). Konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan (koefisien 5,114; prob. 0,0001). Ekspor berpengaruh positif dan signifikan (koefisien 5,403; prob. 0,0012). Koefisien ECT(-1) sebesar -1,221 bertanda negatif dan signifikan (prob. 0,0003), mengindikasikan adanya mekanisme koreksi ketidakseimbangan menuju keseimbangan jangka panjang. Nilai R-squared sebesar 0,8858 menunjukkan variabel independen mampu menjelaskan 88,58% variasi pertumbuhan ekonomi dalam jangka pendek.

4. Estimasi Model ECM Jangka Panjang

Berdasarkan hasil estimasi, persamaan model ECM jangka panjang adalah sebagai berikut:

$$PE = -138,308 - 5,941 \text{EmisiCO}_2 + 6,246 \text{LOG}(\text{KE}) + 3,843 \text{LOG}(\text{Ekspor})$$

Emisi CO₂ berpengaruh negatif dan signifikan dalam jangka panjang

(koefisien $-5,941$; prob. $0,0000$). Konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan (koefisien $6,246$; prob. $0,0006$). Ekspor berpengaruh positif dan signifikan (koefisien $3,843$; prob. $0,0003$). Nilai R-squared sebesar $0,7773$ menunjukkan bahwa $77,73\%$ variasi pertumbuhan ekonomi dapat dijelaskan oleh ketiga variabel independen dalam jangka panjang.

5. Pengaruh Emisi CO₂ terhadap Pertumbuhan Ekonomi

Emisi CO₂ terbukti berpengaruh negatif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia, baik dalam jangka pendek (koefisien $-4,932$) maupun jangka panjang (koefisien $-5,941$). Secara teoritis, hasil ini mendukung teori eksternalitas negatif Pigou dan Environmental Kuznets Curve (EKC) yang mengemukakan bahwa akumulasi emisi karbon membebankan biaya sosial berupa penurunan kualitas udara, gangguan kesehatan tenaga kerja, inefisiensi alokasi sumber daya, serta peningkatan biaya mitigasi yang secara kumulatif menghambat pertumbuhan ekonomi (Grossman & Krueger, 1995). Dampak negatif yang semakin besar dalam jangka panjang mengisyaratkan bahwa kerusakan lingkungan yang bersifat akumulatif

dan ireversibel akan semakin menggerus basis produktivitas ekonomi. Hasil ini konsisten dengan temuan Maisarah et al. (2024) dan Febriyanto & Panjawa (2024).

6. Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi

Konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia, baik dalam jangka pendek (koefisien $5,114$) maupun jangka panjang (koefisien $6,246$). Temuan ini mendukung teori pertumbuhan neoklasik yang menempatkan energi sebagai faktor input produksi esensial, dan teori pertumbuhan endogen yang menyatakan bahwa ketersediaan energi merupakan prasyarat fundamental bagi akumulasi modal dan kemajuan teknologi. Besaran koefisien yang lebih besar pada jangka panjang mengindikasikan bahwa manfaat konsumsi energi terhadap pertumbuhan semakin menguat seiring pendalaman industrialisasi. Hasil ini sejalan dengan Putri et al. (2022), Nurdin & Fuady (2021), serta Elfaki & Ibrahim (2021).

7. Pengaruh Ekspor terhadap Pertumbuhan Ekonomi

Ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam jangka pendek (koefisien 5,403) maupun jangka panjang (koefisien 3,843). Hasil ini memvalidasi hipotesis Export-Led Growth (ELG) dan teori keunggulan komparatif Ricardo di Indonesia, di mana peningkatan ekspor mendorong kapasitas produksi domestik, peningkatan devisa, perluasan lapangan kerja, dan efek pengganda terhadap output nasional (Todaro & Smith, 2020). Penurunan koefisien dari jangka pendek ke jangka panjang menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, faktor struktural lain seperti pembentukan modal dan konsumsi domestik turut berperan. Temuan ini sejalan dengan Ginting (2017) dan Hodijah & Angelina (2021).

8. Pengaruh Simultan terhadap Pertumbuhan Ekonomi

Secara simultan, emisi CO₂, konsumsi energi, dan ekspor terbukti berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam jangka pendek ($F = 29,099$; prob. 0,000001) maupun jangka panjang ($F = 19,778$; prob. 0,000009). Temuan ini sejalan dengan Environmental Kuznets Curve (EKC)

pada fase awal industrialisasi dan Pollution Haven Hypothesis yang menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi negara berkembang masih sangat bergantung pada energi fosil dan ekspor. Kebijakan pembangunan ekonomi Indonesia yang efektif harus mempertimbangkan ketiga variabel secara terpadu, dengan menyeimbangkan dorongan ekspor dan konsumsi energi di satu sisi, dan pengendalian emisi karbon melalui agenda transisi energi hijau di sisi lain.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, emisi CO₂ berpengaruh negatif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia baik dalam jangka pendek (koefisien -4,932; prob. 0,0004) maupun jangka panjang (koefisien -5,941; prob. 0,0000). Kedua, konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam jangka pendek (koefisien 5,114; prob. 0,0001) dan jangka panjang (koefisien 6,246; prob. 0,0006). Ketiga, ekspor berpengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dalam jangka pendek

(koefisien 5,403; prob. 0,0012) dan jangka panjang (koefisien 3,843; prob. 0,0003).

Berdasarkan temuan tersebut, pemerintah Indonesia disarankan untuk: (1) memperkuat implementasi kebijakan pengendalian emisi karbon secara menyeluruh melalui percepatan transisi energi bersih; (2) mendorong peningkatan ketersediaan dan keterjangkauan energi secara merata di seluruh wilayah Indonesia; serta (3) memperkuat daya saing ekspor Indonesia di pasar internasional, khususnya melalui diversifikasi produk ekspor bernilai tambah tinggi. Peneliti selanjutnya disarankan memperluas cakupan penelitian dengan menambahkan variabel makroekonomi lain seperti investasi asing langsung (FDI), pengeluaran pemerintah, inflasi, nilai tukar, atau indikator pembangunan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Afafa, A. A. (2025). Pengaruh Emisi Karbon, Energi Terbarukan, Dan Subsidi Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Negara Anggota OKI Tahun 2019-2023. Universitas Islam Negeri Salatiga.
- Adelakun, O. J., Ojo, O. O., & Mpungose, S. (2025). Empirical Re-Investigation into the Export-Led Growth Hypothesis (ELGH): Evidence from EAC and SADC Economies. *Economies*, 16(2023), 1–23. <https://doi.org/10.3390/economies13060175>
- Agustina, S., Astuti, A., Kusumawati, A. C., Rohma, S. M., Aini, N., Oktaviani, D., ... & Tambunan, N. (2023). Pengaruh Ekspor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi. *Jurnal Manajemen Dan Ekonomi Kreatif*, 1(1), 113–126.
- Biatmoko, I. S. N. (2023). Pertumbuhan Ekonomi Dan Emisi Karbon Dioksida Di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi (JIE)*, 7(1), 41–52.
- Dreger, C., & Herzer, D. (2013). A further examination of the export-led growth hypothesis. *Empirical Economics*, 45, 39–60. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0602-4>
- Elfaki, K. E., & Ibrahim, R. D. H. K. H. (2021). The Impact of Industrialization, Trade

- Openness, Financial Development, and Energy Consumption on Economic Growth in Indonesia. *Economies*, 9(4), 174. <https://doi.org/10.3390/economies9040174>
- Fahrudin, & A'yun, I. Q. (2024). Determinan Emisi Karbondioksida (CO₂): Studi Kasus Negara Kawasan ASEAN. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, 2(6), 195–209.
- Febriyanto, A. D., & Panjawa, J. L. (2024). Economic Growth and Carbon Emissions: Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis in Indonesia from 1990 to 2020. *Jurnal Ekonomi Pembangunan (JEP)*, 13(1), 1–14.
- Ginting, A. M. (2017). Analisis Pengaruh Ekspor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 11, 1–20.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Hodijah, S., & Angelina, G. P. (2021). Analisis Pengaruh Ekspor Dan Impor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Jurnal Manajemen Terapan Dan Keuangan (Mankeu)*, 10(01), 53–62.
- Kementerian ESDM. (2016). *Manajemen Rantai Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Nasional*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kummel, R. (2011). *The Second Law Of Economics: Energy, Entropy, and the Origins of Wealth*. Springer Berlin Heidelberg.
- Liana, W., Hulu, S. Y. K. D. D. D., Apriyanto, Judijanto, L., Wartono, T., Suharto, ... & Milia, J. (2024). *Teori Pertumbuhan Ekonomi: Teori komprehensif dan perkembangannya*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Maisarah, U., Andiny, P., & Safuridar, S. (2024). Pengaruh Tingkat Penggunaan Energi Listrik terhadap Pertumbuhan

- Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 2(4).
- Nurdin, K., & Fuady, M. S. (2021). Analisis Hubungan Kausalitas Konsumsi Energi (Terbarukan Dan Tidak Terbarukan) Dengan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnalku*, 1(4), 379–389.
- Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The Impact of Energy Consumption and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions. *Sustainability*, 1–16.
<https://doi.org/10.3390/su12197965>
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics Of Welfare*. Macmillan.
- Pratama, B. A., Ramadhani, M. A., Lubis, P. M., & Firmansyah, A. (2022). Implementasi Pajak Karbon Di Indonesia: Potensi Penerimaan Negara Dan Penurunan Jumlah Emisi Karbon. *Jurnal Pajak Indonesia*, 6, 368–374.
- Putri, A. R., Gunarto, T., Emalia, Z., & Murwiati, A. (2022). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(6), 1070–1080.
- Roespinoedji, R., Juniati, S., & Ali, A. (2020). Macroeconomic Indicators And CO₂ Emission: Are ASEAN Countries Doing A Wrong Trade-Off? *Journal Of Security And Sustainability Issues*, 10(21), 279–290.
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2020). *Economic Development* (13th ed.). Pearson.
- United Nations Environment. (2024). *Emissions Gap Report 2024*.
<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>
- World Meteorological Organization (WMO). (2019). *Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates*.
<https://wmo.int/news/media-centre/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates>
- Zuldareva, F. (2017). Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Dan Emisi CO₂ Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia Periode 1981-2014. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 5.

diterima, peserta harus sudah
mengembalikan beserta
perbaikannya.

Apabila ada pertanyaan mengenai
Template dan konten artikel
dapat ditanyakan langsung
kepada Acep Roni Hamdani,
M.Pd. (087726846888),
Taufiqulloh Dahlan, M.Pd
(085222758533), dan Feby
Inggriyani,
M.Pd.(082298630689).