

PENGARUH KONSUMSI LISTRIK, PERTUMBUHAN EKONOMI, INDUSTRIALISASI, DAN KETERBUKAAN PERDAGANGAN TERHADAP EMISI CO₂ DI INDONESIA TAHUN 1983-2019

Atik Rahmawati* dan Mulyo Hendarto Robertus

Departemen Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan, Fakultas Ekonomika dan Bisnis,
Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*Corresponding Email: atikrahmawati@students.undip.ac.id

ABSTRACT

Many developing countries including Indonesia are still largely dependent on fossil fuel power plants, even though the negative impact results in an increase in carbon emissions. In this study, the driving factors for emissions are seen from electricity consumption, GDP, industry value added and the ratio total exports of GDP. This study aims to look at the relationship between electricity consumption, economic growth, industrialization, and trade openness on CO₂ carbon emissions in Indonesia in 1983-2019. This study uses secondary data in the form of time series data. Analysis in this study uses the Error Correction Model-Engle Granger (ECM-EG) method for short-term estimation and the Cointegration Test for long-term estimation. The results showed that in the long run electricity consumption and industrialization had a significant positive effect on CO₂ carbon emissions. In the short term, only economic growth has a positive effect on carbon emissions.

Keywords: Carbon Emission, Electricity Consumption, Economic Growth, and ECM-EG.

 <https://doi.org/10.14710/djoe.39536>



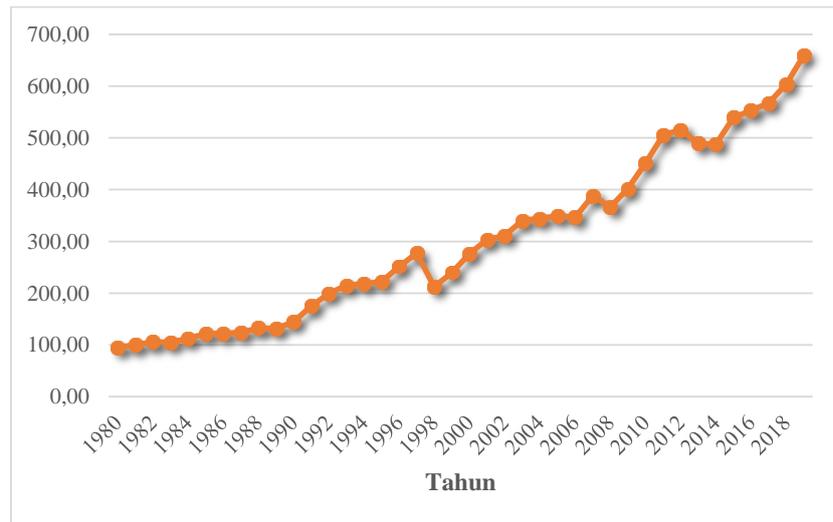
[This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license](#)

PENDAHULUAN

Fenomena perubahan iklim global merupakan suatu permasalahan serius yang dihadapi oleh semua negara di dunia, salah satu dampaknya adalah pemanasan global. Faktor utama timbulnya pemanasan global terjadi akibat meningkatnya efek rumah kaca. Ahli ekologi dan ekonom berpendapat bahwa diantara semua gas rumah kaca di atmosfer, gas Karbon Dioksida (CO₂) merupakan penyebab utama di balik pemanasan global (Danish, dkk 2017; Aslam, dkk 2021).

Pemerintah Indonesia juga merespon upaya penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan dikeluarkannya Perpres No. 61 Tahun 2011 mengenai Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Selain itu, Indonesia adalah salah satu negara yang menandatangani Persetujuan Paris (*Paris Agreement*) dalam pertemuan *Conference of The Parties* (COP) – 21 di Paris pada tahun 2015 untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 1,5 derajat Celcius. Indonesia berkomitmen menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebanyak 29 persen terhadap *business as usual* (BaU) di tahun 2030, yaitu untuk sektor energi mencapai

314 juta ton CO₂e dengan usaha sendiri atau mencapai 398 juta ton CO₂e yaitu sebanyak 41 persen dengan bantuan internasional (BPPT 2019). Tetapi menurut laporan dari *Climate Transparency 2018, Nationally Determined Contribution (NDC)* Indonesia disebut tidak konsisten dengan target batasan kenaikan suhu sesuai Kesepakatan Paris. Sebaliknya, kenaikan suhu meningkat antara 3 derajat Celcius dan 4 derajat Celcius (Climate Transparency 2018). Serta Indonesia belum berada di jalur yang tepat untuk memenuhi target batasan suhu global 1,5°C (Climate Transparency 2019).



Gambar 1. Emisi CO₂ dari Bahan Bakar Fosil dan Industri di Indonesia Tahun 1980-2019 (MtCO₂)

Sumber: *Our World in Data*, data diolah

International Energy Agency (IEA) 2019 melaporkan bahwa emisi karbon dioksida (CO₂) terkait energi global tumbuh 1,7% pada tahun 2018 mencapai rekor tertinggi dalam sejarah sebesar 33,1 GtCO₂. Gambar 1 menunjukkan perkembangan emisi karbon dioksida (CO₂) terkait pembakaran energi dan industri yang meningkat secara signifikan sejak tahun 1980 dan mencapai angka tertinggi sebesar 659,44 MtCO₂ pada tahun 2019 di Indonesia. Ini berarti emisi karbon dioksida (CO₂) tahunan di Indonesia mencapai 2,45 juta ton per kapita di tahun yang sama. Menurut data dari *Global Carbon Project*, Indonesia tercatat sebagai negara ke delapan penghasil emisi karbon terbesar di dunia, yaitu sekitar 1,78% dari total emisi global pada tahun 2019 setelah China, Amerika, India, Russia, Jepang, Jerman, dan Iran. Serta, sektor pembangkit listrik dan panas merupakan kontributor terbesar emisi karbon dioksida (CO₂) di Indonesia yaitu sebesar 41,4 persen

Environmental Kuznet Curve (EKC) merupakan hipotesis hubungan antara berbagai indikator degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita. Emisi berbagai polutan, seperti karbon dioksida, belerang, dan nitrogen oksida, terkait erat dengan penggunaan energi. Karena itu, *Environmental Kuznet Curve (EKC)* merupakan model hubungan antara penggunaan energi, pertumbuhan ekonomi, dan lingkungan.

Sebagai negara berkembang, Indonesia berupaya untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi. Tetapi, percepatan pembangunan ekonomi untuk mencapai pertumbuhan yang lebih tinggi erat kaitannya dengan pengeksploitasian sumber daya

alam dan meningkatkan emisi CO₂, jika langkah-langkah efektif tidak diambil untuk menjamin kelestarian lingkungan.

Menurut Bank Dunia, Indonesia merupakan negara ekonomi terbesar ke-16 di dunia tahun 2019 dengan PDB sebesar 1.119.191 Juta US Dollar. Tahun 2019 pertumbuhan ekonomi mencapai 5,02 persen, meskipun lebih rendah dibanding capaian tahun 2018 yaitu sebesar 5,17 persen. Namun pertumbuhan ekonomi Indonesia tetap mampu mencatat pertumbuhan diatas 5% ditengah melambatnya pertumbuhan ekonomi dunia yaitu sebesar 2,9 persen (Bank Indonesia 2019).

Menurut teori pertumbuhan ekonomi neo klasik, input energi merupakan salah satu pendorong pertumbuhan ekonomi dan dapat memperlancar aktivitas di sektor industri (Saudi et al. 2019). Ekonom neo klasik menunjukkan bahwa energi diperlakukan sebagai barang setengah jadi sebagai input dalam proses produksi yang menghasilkan output. Namun, permintaan akan energi adalah permintaan turunan yang artinya, permintaan berasal dari penggunaan yang akan dilakukan. Sumber energi seperti minyak bumi, gas alam, dan listrik banyak dikonsumsi di berbagai sektor seperti manufaktur, transportasi dan jasa. Dibandingkan dengan jenis energi lainnya, permintaan listrik lebih tinggi dikonsumsi di semua sektor terutama pada sektor industri (Rahman, 2020; Gyamerah & Gil-Alana, 2023). Konsumsi listrik yang terus meningkat tentunya akan meningkatkan kebutuhan energi terhadap sumber daya yang dibutuhkan oleh industri pembangkit listrik.

Konsumsi listrik per kapita di Indonesia mulai meningkat drastis sejak tahun 2015 dengan peningkatan tertinggi mulai tahun 2017 sebesar 1.021kWh per kapita. Sementara itu, jika dibandingkan dengan negara ASEAN lainnya, konsumsi listrik per kapita Indonesia jauh tertinggal. Menurut data *Our World in Data* 2022, ditahun 2019 konsumsi listrik per kapita di Singapura, Malaysia, Thailand dan Vietnam masing masing sebesar 8.821 kWh per kapita, 5.440 kWh per kapita, 2.673 kWh per kapita, 2.374 kWh per kapita.

Energi listrik telah menjadi fondasi pertumbuhan ekonomi, dan merupakan salah satu infrastruktur penting dalam pembangunan sosial ekonomi (Yoo and Lee 2010). Oleh karena itu, pertumbuhan ekonomi suatu negara sangat bergantung pada konsumsi listrik. Meskipun konsumsi listrik sangat penting, namun penggunaan listrik juga berdampak buruk bagi lingkungan dan menghasilkan emisi karbon CO₂, karena listrik diproduksi menggunakan beberapa sumber seperti batu bara, gas alam dan minyak bumi yang menghasilkan emisi karbon dioksida (Shaari, dkk 2017; Rahman, 2020).

Sesuai dengan teori pertumbuhan Neoklasik, Dong, dkk (2019) menyatakan bahwa industrialisasi merupakan faktor penting dalam pembangunan ekonomi dan komponen yang mendorong pertumbuhan ekonomi di semua negara. Sementara itu, industrialisasi telah terbukti meningkatkan produk domestik bruto di negara maju dan berkembang (Wang and Wei 2020).

Revolusi industri mendorong sebagian tenaga kerja menjadi mesin. Pertumbuhan ekonomi yang didorong oleh kegiatan produksi secara masif bersifat trade off terhadap degradasi lingkungan. Dong, dkk (2019) mengungkapkan bahwa industrialisasi yang pesat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan dan meningkatkan emisi karbon dioksida (CO₂). Walaupun pertumbuhan pada sektor industri masih berada dibawah pertumbuhan PDB nasional, menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, industri pengolahan merupakan sektor yang memiliki kontribusi terbesar terhadap perekonomian nasional dalam 10 tahun terakhir. Keterbukaan perdagangan melalui perdagangan internasional dapat membantu

mendorong pertumbuhan ekonomi secara signifikan dengan mendukung negara-negara memproduksi produk di mana mereka memiliki keunggulan komparatif dan mentransfer sumber dayanya ke berbagai negara. Tetapi dampaknya terhadap lingkungan masih dapat diperdebatkan (Belloumi dan Alshehry, 2020).

Selama beberapa tahun terakhir, telah banyak peneliti yang menyelidiki hubungan antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon tanpa adanya kesepakatan karena setiap negara memiliki kondisi yang beragam serta metodologi dan periode penelitian yang berbeda-beda. Beberapa penelitian di berbagai negara juga berfokus menguji hubungan antara konsumsi listrik, pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂.

Asumadu-Sarkodie & Owusu, (2016) meneliti hubungan kausal antara emisi karbon dioksida, konsumsi listrik, industrialisasi, dan pertumbuhan ekonomi di Benin periode 1980 dan 2012 menggunakan pendekatan *Autoregressive Distributed Lag*. Hasil menunjukkan bahwa konsumsi listrik dan industrialisasi meningkatkan emisi karbon dioksida. Aslam, dkk (2021) juga menemukan hubungan kausal dua arah antara emisi CO₂ dan industrialisasi di China. Hasil penelitian Shahbaz, dkk (2014) mengungkapkan bahwa konsumsi listrik menyebabkan emisi CO₂ dan industrialisasi di Bangladesh menggunakan pendekatan ARDL. Abokyi, dkk (2021) menggunakan kerangka hipotesis EKC dengan metode analisis kointegrasi Bayer dan Hanck serta pendekatan *Autoregressive Distributed Lag* untuk meneliti hubungan konsumsi listrik dan emisi karbon dioksida dengan memasukan variabel penting yaitu keterbukaan perdagangan (*trade openness*) dan output sub-sektor manufaktur untuk periode 1971-2014 di Ghana. Hasil menunjukkan bahwa konsumsi listrik dan keterbukaan perdagangan (*trade openness*) memiliki hubungan positif dengan emisi karbon dioksida di Ghana. Tetapi sub-sektor manufaktur tidak menyebabkan emisi karbon dioksida dan memiliki hubungan berbentuk U yang menunjukkan hipotesis EKC tidak berlaku pada periode 1971-2014 di Ghana.

Berdasarkan penjelasan diatas, alasan yang mendasari penelitian ini sebagai berikut. Pertama, hasil penelitian mengenai konsumsi listrik dengan emisi karbon dioksida khususnya di Indonesia masih langka. Padahal emisi karbon dioksida dari sektor pembangkit listrik dan panas adalah yang terbesar. Kedua, motivasi peneliti memasukan variabel industrialisasi dan keterbukaan perdagangan karena telah didukung oleh literatur teoritis dan empiris yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian ini menggunakan industrialisasi sebagai bagian dari hipotesis EKC dan keterbukaan perdagangan (*trade openness*) sebagai variabel independent yang penting dalam meneliti hubungan antara konsumsi listrik dan emis karbon dioksida. Ketiga, dalam penelitian ini menggunakan model *Error Correction Model-Engle Granger* (ECM-EG) untuk meilhat jangka pendek dan jangka panjang pada *Cointegration Test*. Keempat, penelitian ini berfokus pada satu negara, yaitu Indonesia. Untuk mendapatkan hasil yang lebih fokus dibanding penelitian lintas negara. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih dalam mengenai pengaruh antara konsumsi listrik, pertumbuhan ekonomi, industrialisasi dan keterbukaan perdagangan pada emisi karbon dioksida di Indonesia tahun 1983-2019 dalam jangka pendek dan jangka panjang.

TINJAUAN PUSTAKA

Kurva Kuznets lingkungan (EKC)

Tahapan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dapat dibagi menjadi tiga tahap sesuai dengan intensitas pencemaran. Pada tahap pertama (tahap pra-industri) polusi meningkat dengan cepat dan pendapatan per kapita rendah. Pada tahap kedua (ekonomi industri), dengan meningkatnya pendapatan per kapita, penduduk memiliki lebih banyak pendapatan yang dapat dihabiskan sehingga mereka dapat menggunakan energi non-fosil. Tahapan ini dianggap sebagai titik balik dalam peningkatan kualitas lingkungan. Pada tahap ketiga (ekonomi pasca-industri), degradasi lingkungan berkurang. Peningkatan kualitas lingkungan yang signifikan dicapai dari kemajuan teknologi dan adopsi teknologi baru yang cenderung lebih bersih dan efisien.

Teori Konsumsi Franco Modigliani

Teori konsumsi Modigliani ini disebut sebagai Hipotesis Daur Hidup (*Life Cycle Hypothesis*). Teori konsumsi ini menjelaskan bahwa besarnya konsumsi tidak hanya bergantung pada besarnya pendapatan, tetapi juga berdasarkan jumlah kekayaan yang dimiliki. Dimana kekayaan tersebut dapat dihasilkan melalui tabungan, investasi, serta warisan.

Peningkatan pendapatan akan mendorong perilaku konsumtif yang lebih tinggi, salah satunya konsumsi listrik. Sesuai dengan teori konsumsi dengan hipotesis siklus hidup, dimana tingkat konsumsi individu dipengaruhi oleh pendapatan dan kekayaan individu sendiri.

Teori Pertumbuhan Neoklasik

Teori pertumbuhan neoklasik pertama kali dikemukakan oleh dua orang ekonom yaitu Solow (1956) dan Swan (1956). Model pertumbuhan Solow dirancang untuk menunjukkan bagaimana pertumbuhan persediaan modal, pertumbuhan angkatan kerja, dan kemajuan teknologi berinteraksi dalam perekonomian, serta bagaimana pengaruhnya terhadap output barang dan jasa suatu negara secara keseluruhan (Mankiw, 2006). Sejalan dengan pendapat para Ekonom neoklasik, yang menunjukkan bahwa energi (energi fosil) adalah barang setengah jadi dari input utama untuk dijadikan output berupa listrik (Heidari, Katircioglu, and Saeidpour 2013). Dimana seluruh faktor produksi baik K maupun L berperan penting dalam menghasilkan output.

Teori pertumbuhan endogen

Model pertumbuhan endogen melihat kemajuan teknologi antara lain dihasilkan dari inovasi, perdagangan, persaingan, dan pendidikan. Model ini menekankan modal manusia dan penelitian dan pengembangan (R & D) sebagai pendorong utama pertumbuhan ekonomi.

Model pertumbuhan endogen menganggap bahwa perdagangan internasional penting sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Model perdagangan internasional diukur melalui aktifitas ekspor dan impor.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel dependen dan variabel independent. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah emisi karbon dioksida (CO₂), menggunakan data emisi karbon (CO₂) dari bahan bakar fosil dan industri, tidak termasuk perubahan penggunaan lahan dan diukur dalam ton per kapita. Variabel independent dalam penelitian ini terdiri dari konsumsi listrik yang diukur menggunakan data konsumsi listrik per kapita (Kwh/Kapita), pertumbuhan ekonomi diukur menggunakan data Produk Domestik Bruto (PDB) riil/konstan per kapita, industrialisasi diukur dengan nilai tambah industri (termasuk konstruksi) terhadap PDB (%) dan keterbukaan ekonomi diukur dengan total rasio ekspor impor terhadap PDB (%).

Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan pendekatan kuantitatif yaitu data deret waktu (time series) tahun 1983-2019 (36 tahun) di Indonesia. Sumber data penelitian ini berasal dari sumber eksternal, yaitu *Our World in Data* dan *World Bank*.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ECM (*Error Correcton Model*) dengan menggunakan software Eviews 10. Terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan dalam proses analisis ECM yaitu uji stasioneritas, uji akar Unit, uji derajat integrasi, uji kointegrasi, uji ECM, dan deteksi asumsi Gauss Markov. ECM yang digunakan pada penelitian ini adalah ECM-Engle Granger untuk menjelaskan hubungan jangka pendek. Maka diperoleh persamaan regresi:

$$DLn(CO_2) = \beta_0 + \beta_1 DLn(EG) - \beta_2 DLn(TRD) + \beta_3 DLn(IND) + \beta_4 DLn(ELC) - (ECT(-1)) \quad (1)$$

di mana

DLn(CO ₂)	= Emisi CO ₂
DLn(EG)	= Pertumbuhan Ekonomi
DLn(TRD)	= Keterbukaan Perdagangan
DLn(IND)	= Industrialisasi
DLn(ELC)	= Konsumsi Listrik
β ₀	= Konstanta
β ₁	= Koefisien jangka pendek PDB
β ₂	= Koefisien jangka pendek perdagangan
β ₃	= Koefisien jangka pendek nilai tambah industri
β ₄	= Koefisien jangka pendek konsumsi listrik
ECT(-1)	= EG _{t-1} + TRD _{t-1} + IND _{t-1} + ELC _{t-1} - Ln(CO ₂) _{t-1}

HASIL DAN PEMBAHSAN

Hasil Uji Stasioneritas

Uji akar unit (*unit root test*) yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dua metode yaitu *Dickey-Fuller* (DF) dan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Uji ini digunakan untuk melihat tingkat stasioneritas dari masing – masing variabel. Pada tabel 1, pada metode *Dickey-Fuller* (DF) semua variabel telah stasioner pada tingkat signifikansi 5%, hal ini menunjukkan bahwa semua variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini telah stasioner pada tingkat satu atau ordo 1.

Tabel 1. Hasil Uji Akar Unit Pada Ordo 0

Variabel	Nilai Hitung Mutlak		Nilai Kritis Mutlak	
	DF	ADF	DF	ADF
CO2	-0.783130	-3.314387	-2.945842	-3.544284
EG	0.114560	-2.080521	-2.945842	-3.544284
TRD	-2.230041	-2.376715	-2.945842	-3.544284
IND	-1.520473	-0.563860	-2.945842	-3.544284
ELC	-5.099354*	-1.879939	-2.945842	-3.544284

Keterangan: Signifikan pada Nilai kritis mutlak tingkat 5% ditandai dengan*

Hasil Uji Derajat Integrasi

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa semua nilai hitung mutlak baik menggunakan metode *Dickey-Fuller* (DF) ataupun *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) diketahui lebih besar dari nilai kritis mutlak. Pada metode *Dickey-Fuller* (DF) semua variabel telah stasioner pada tingkat signifikansi 5%, hal ini menunjukkan bahwa semua variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini telah stasioner pada tingkat satu atau ordo 1.

Tabel 2. Hasil Uji Derajat Integrasi Pada Ordo 1

Variabel	Nilai Hitung Mutlak		Nilai Kritis Mutlak	
	DF	ADF	DF	ADF
CO2	-5.603272*	-5.515886*	-2.951125	-3.548490
EG	-4.366734*	-4.328129*	-2.951125	-3.548490
TRD	-8.055936*	-8.048690*	-2.951125	-3.548490
IND	-5.842935*	-6.126666*	-2.951125	-3.548490
ELC	-3.008599*	-4.669597*	-2.951125	-3.548490

Keterangan: Signifikan pada Nilai kritis mutlak tingkat 5% ditandai dengan*

Hasil Uji Kointegrasi

Persamaan kointegrasi dari variabel-variabel dalam penelitian ini ialah:

$$\ln(CO_2)_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(EG)_t + \beta_2 \ln(TRD)_t + \beta_3 \ln(IND)_t + \beta_4 \ln(ELC)_t \quad (2)$$

Hasil kointegrasi dari persamaan di atas ialah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Kointegrasi

Variabel	Koefisien	t-statistik	Prob.
EG	0.342760	1.746103	0.0904
TRD	-0.247346	-2.274469	0.0298
IND	0.546813	2.721637	0.0104
ELC	0.291543	3.552839	0.0012

Dapat dijelaskan bahwa pada pengujian dengan taraf signifikansi 5% (0,05), variabel pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, industrialisasi dan konsumsi listrik terkointegrasi dalam jangka panjang. Kemudian dari hasil kointegrasi tersebut dapat ditemukan nilai residual regresi kointegrasi yang selanjutnya diuji menggunakan metode *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) untuk melihat stasioner atau tidaknya nilai residual tersebut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai hitung mutlak residual lebih besar dari nilai kritis residual, yakni $-4.777279 > -3.544284$.

Tabel 4. Hasil Estimasi ECM-EG

Variabel	Koefisien	t-statistik	Prob.
D(EG)	0.918480	2.983279	0.0056
D(TRD)	-0.159321	-2.183062	0.0370
D(IND)	0.014316	0.070934	0.9439
D(ELC)	0.143789	0.597753	0.5545
ECT(-1)	-0.528833	-3.605305	0.0011

Dari hasil yang telah diperoleh pada estimasi jangka pendek pada table 4.5 maka diperoleh model persamaan regresi *Error Correction Model* (ECM) pada penelitian ini adalah:

$$DLn(CO_2) = -0.008375 + 0.918480 DLn(EG) - 0.159321 DLn(TRD) + 0.014316 DLn(IND) + 0.143789 DLn(ELC) - 0.528833 (ECT(-1)) \quad (3)$$

Persamaan di atas menggambarkan hubungan yang terjadi pada variabel variabel independen terhadap variabel dependen dalam jangka pendek. Dalam jangka pendek variabel industrialisasi (IND) dan konsumsi listrik (ELC) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia pada tingkat signifikansi (α) 5%, sedangkan variabel lainnya Pertumbuhan Ekonomi (EG) dan Keterbukaan Perdagangan (TRD) berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia.

Kemudian untuk variabel *Error Correction Model* (ECT(-1)) yang memiliki nilai koefisien sebesar -0.528833 dengan probabilita sebesar 0.0011 menunjukkan bahwa ECT signifikan pada tingkat signifikansi 5% dan juga dapat menjelaskan bahwa spesifikasi model ECM-EG yang digunakan dalam tepat untuk menjelaskan variasi model dalam penelitian ini. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang digunakan dalam penelitian ini sudah benar dan selaras dengan hasil yang diperoleh melalui regresi kointegrasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsumsi listrik, pertumbuhan ekonomi, industrialisasi dan keterbukaan perdagangan terhadap emisi CO₂ di Indonesia dalam jangka Panjang dan jangka pendek. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Error Correction Model-Engle Granger* untuk pengujian jangka pendek dan uji kointegrasi yang sebelumnya telah dilakukan, untuk melihat hasil jangka panjang. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, maka hasil uji empirik dalam jangka panjang menunjukkan bahwa variabel konsumsi listrik, industrialisasi dan keterbukaan perdagangan berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). Dalam jangka panjang variabel konsumsi listrik dan industrialisasi berpengaruh positif secara signifikan. Hasil estimasi tersebut sesuai dengan teori dan hipotesis yang digunakan. Sedangkan variabel keterbukaan perdagangan memiliki hubungan negatif terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). hasil uji empirik dalam jangka pendek menunjukkan bahwa hanya variabel pertumbuhan ekonomi yang berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida (CO₂). Sedangkan variabel keterbukaan perdagangan memiliki hubungan negatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abokyi, E., Appiah-Konadu, P., Tangato, K. F., & Abokyi, F. (2021). Electricity consumption and carbon dioxide emissions: The role of trade openness and

- manufacturing sub-sector output in Ghana. *Journal of Energy and Climate Change*, 2, 100026.
- Aslam, B., Hu, J., Hafeez, M., et al. (2021). Applying the Environmental Kuznets Curve framework to assess the nexus of industry, globalization, and CO2 emission. *Environmental Technology and Innovation*, 21, 101377.
- Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., et al. (2021). The nexus of industrialization, GDP per capita, and CO2 emission in China. *Environmental Technology and Innovation*, 23, 101674.
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2016). Carbon dioxide emission, electricity consumption, industrialization, and economic growth nexus: The Beninese case. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 11(11), 1089–1096.
- Belloumi, M., & Alshehry, A. (2020). The impact of international trade on sustainable development in Saudi Arabia. *Sustainability*, 12(13), 5421.
- BPPT. (2019). *Indonesia energy outlook 2019: The impact of increased utilization of new and renewable energy on the national economy*.
- Danish, B., Zhang, B., Wang, B., & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*.
- Dong, F., et al. (2019). The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 61–75.
- Gyamerah, S. A., & Gil-Alana, L. A. (2023). A multivariate causality analysis of CO2 emission, electricity consumption, and economic growth: Evidence from Western and Central Africa. *Heliyon*, 9(1), e12858.
- Heidari, H., Katircioglu, S. T., & Saeidpour, L. (2013). Natural gas consumption and economic growth: Are we ready for natural gas price liberalization in Iran? *Energy Policy*, 63, 638–645.
- Rahman, M. M. (2020). Environmental degradation: The role of electricity consumption, economic growth, and globalization. *Journal of Environmental Management*, 253(October 2019), 109742.
- Saudi, M. H. M., Sinaga, O., Roespinoedji, D., & Razimi, M. S. A. (2019). The role of renewable, non-renewable electricity consumption, and carbon emission in development in Indonesia: Evidence from distributed lag tests. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 46–52.
- Shahbaz, M., Uddin, G. S., Rehman, I. U., & Imran, K. (2014). Industrialization, electricity consumption, and CO2 emissions in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 575–586.
- Shahidan Shaari, M., Razak, A. A., & Basri, B. H. (2017). The effects of electricity consumption and economic growth on carbon dioxide emission. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(4), 287–290.
- Wang, H., & Wei, W. (2020). Coordinating technological progress and environmental regulation in CO2 mitigation: The optimal levels for OECD countries & emerging economies. *Energy Economics*, 87, 104510.
- Yoo, S. H., & Lee, J. S. (2010). Electricity consumption and economic growth: A cross-country analysis. *Energy Policy*, 38(1), 622–625.