

**PENGARUH VARIABEL MAKROEKONOMI TERHADAP EMISI KARBON DI
NEGARA ASEAN 2015-2022**

Maratus Sholikhah¹, Hastarini Dwi Atmanti²

^{1,2}Ekonomi, Universitas Diponegoro

Email Korespondensi: maratussholikhah@students.undip.ac.id

ABSTRACT

This study aims to test the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in ASEAN member countries from 2015 to 2022 and to analyze the effects of GDP per capita, population, energy transition, foreign investment, and trade openness on carbon emissions in ASEAN countries during the same period, both simultaneously and partially. This research employs a quantitative approach using data sourced from the International Energy Agency and the World Bank. The analytical method used is multiple linear regression with panel data covering 10 ASEAN countries from 2015 to 2022. The results show that the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is confirmed in ASEAN member countries for the period 2015–2022, with a turning point in the relationship between GDP per capita and CO₂ emissions at approximately 17.11 trillion USD. Singapore and Brunei Darussalam are among the ASEAN countries that have passed the scale effect and structural effect phases on the EKC, while the remaining countries are still on the left side of the curve. GDP per capita, population, energy transition, foreign investment, and trade openness simultaneously influence carbon emissions in ASEAN during 2015–2022. GDP per capita can either increase or decrease carbon emissions significantly depending on whether a country has reached the EKC turning point. Population, foreign investment, and trade openness significantly increase carbon emissions in ASEAN. Meanwhile, energy transition tends to reduce carbon emissions, although the effect is not statistically significant.

Keywords: Carbon emissions, GDP per capita, Energy transition, Trade openness.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan hipotesis environmental kuznet curve (EKC) di negara anggota ASEAN tahun 2015-2022 dan menganalisis pengaruh PDB perkapita, jumlah penduduk, transisi energi, investasi asing, dan keterbukaan perdagangan terhadap emisi karbon di negara anggota ASEAN tahun 2015-2022 secara simultan dan parsial. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data yang bersumber dari International Energy Agency dan World Bank. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linear berganda dengan data panel 10 negara kawasan ASEAN pada tahun 2015-2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hipotesis environmental kuznet curve (EKC) terbukti di negara anggota ASEAN tahun 2015-2022 dengan titik turning point hubungan PDB perkapita terhadap emisi CO₂ di kawasan ASEAN sebesar 17,11 triliun dollar. Singapura dan Brunei Darussaam merupakan negara diantara 11 negara lain di kawasan ASEAN yang sudah melalui fase efek skala dan efek struktural pada kurva environmental kuznets curve sedangkan lainnya berada pada sisi kiri EKC. GDP perkapita, jumlah penduduk, transisi energi, investasi asing, dan keterbukaan perdagangan secara simultan berpengaruh terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. GDP perkapita dapat meningkatkan atau menurunkan emisi karbon secara signifikan di kawasan ASEAN tergantung apakah negara anggota sudah mengalami fase titik balik kurva EKC. Jumlah penduduk, Invesasi asing, dan keterbukaan perdagangan secara signifikan dapat meningkatkan emisi karbon di kawasan ASEAN. Transisi energi dapat menurunkan emisi karbon di kawasan ASEAN namun tidak signifikan.

Kata Kunci: Emisi Karbon, GDP perkapita, Transisi energi, Keterbukaan perdagangan.

PENDAHULUAN

Pembangunan sebuah negara merupakan hal yang fundamental karena berhubungan dengan kemajuan berkelanjutan dimana salah satunya dapat dilihat melalui pertumbuhan ekonomi (Van, 2016). Publikasi ilmiah Van (2020) yang berjudul “Inclusive Economic Sustainability: SDGs and Global Inequality” menyatakan komitmen pembangunan ekonomi secara global dimanifestasikan dalam agenda sustainable development goals (SDGs) dengan menciptakan pertumbuhan ekonomi yang inklusif untuk menjangkau seluruh lapisan masyarakat. Pertumbuhan ekonomi yang meningkat tidak selalu menjadi tolak ukur yang baik bagi perekonomian karena dalam prosesnya terdapat alternatif yang dikorbankan dimana salah satunya adalah lingkungan (Mohsin dkk., 2022).

Degradasi lingkungan yang cukup besar khususnya di negara berkembang merupakan konsekuensi dari proses pembangunan yang tidak memperhatikan aspek lingkungan. Degradasi lingkungan sebagai akibat dari kegiatan ekonomi yang tidak bertanggung jawab terhadap lingkungan menyebabkan emisi gas rumah kaca. Osobajo., dkk (2020) menyatakan bahwa emisi gas CO₂ menjadi penyebab utama perubahan iklim dan pemanasan global.

Gambar 1: Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂) Tahun 2011-2022 di Dunia (dalam gigaton)



Sumber: International Energy Agency (2026).

Berdasarkan Gambar 1 emisi gas rumah kaca pada kurun tahun 2001-2022 mengalami tren peningkatan dimana pada tahun 2001 tingkat emisinya sebesar 24,7 gigaton kemudian pada tahun 2022 meningkat menjadi 36,9 gigaton. Emisi gas rumah kaca tersebut merupakan gabungan dari emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O), dan gas berfluorinasi (F gases) mencakup emisi dari sektor pembangkit listrik, transportasi, pembakaran energi untuk industri, pertanian, eksploitasi bahan bakar fosil, proses industri, pengolahan logam, produk kimia, dan pembakaran energi (International Energy Agency, 2026).

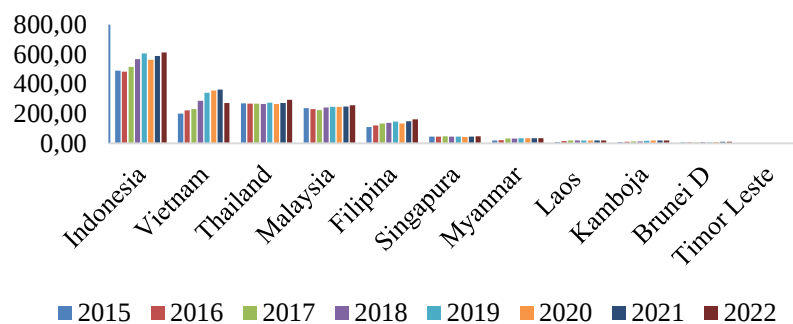
Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) menjelaskan bahwa kenaikan suhu dunia rata-rata telah mencapai 1 °C dimana dengan tren kenaikan emisi saat ini, kenaikan suhu diperkirakan akan mencapai tingkat irreversible losses 2°C. Tingkat irreversible losses adalah batas kenaikan suhu yang apabila terlewati, kerusakan alam menjadi sangat signifikan dan suhu akan cenderung terus meningkat. Negara di dunia telah berkomitmen untuk mereduksi emisi karbon melalui perjanjian-perjanjian internasional seperti Protokol Kyoto tahun 1997 dan Perjanjian Paris tahun 2016 dengan target yang beragam tanpa terkecuali negara Kawasan ASEAN.

ASEAN merupakan salah satu kawasan yang cukup relevan dengan isu pertumbuhan ekonomi dan masalah lingkungan. Negara di Asia Tenggara memerlukan energi fosil yang tergolong murah untuk mengakselerasi pertumbuhan ekonominya namun disisi lain terdapat kekayaan hayati yang perlu ,untuk dipelihara kelestariannya (Widyawati, 2021). International Energy Agency (2026) menyebutkan bahwa permintaan energi di ASEAN dalam dua dekade terakhir meningkat 3 persen pertahun dan diproyeksikan berlanjut hingga 2030. Permintaan energi tersebut tidak lain untuk menopang ekonomi ASEAN yang

tumbuh rata-rata di atas 5 persen per tahun. Namun, hampir 90 persen dari permintaan energi di kawasan ASEAN merupakan energi fosil yang menyebabkan emisi karbon tumbuh 3,8 persen per tahun (Noor dan Saputra, 2020).

ASEAN sebagai organisasi di kawasan Asia Tenggara memberikan sumbangsih yang cukup tinggi terhadap produksi emisi CO₂ dunia mencapai 7,35 persen padahal hanya beranggotakan 11 negara (Arista dan Amar, 2019). Persentase tersebut lebih tinggi dibandingkan emisi gas rumah kaca di kawasan Eropa. Emisi CO₂ di ASEAN akan terus meningkat karena negara-negara bagian sedang melakukan industrialisasi yang membutuhkan banyak energi untuk menunjang proses produksi. Tingginya tingkat emisi di kawasan ASEAN akan meningkatkan risiko perubahan iklim yang berdampak negatif memangkas pertumbuhan ekonomi sebesar 11 persen per tahun dalam jangka Panjang.

Gambar 2: Emisi CO₂ Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022 (dalam mton)



Sumber: World Bank (2026).

Berdasarkan Gambar 2 emisi CO₂ negara anggota ASEAN secara keseluruhan pada tahun 2015-2022 mengalami tren peningkatan. Produksi Emisi CO₂ terbesar adalah negara Indonesia sedangkan yang paling kecil adalah Timor Leste. Mayoritas negara ASEAN (termasuk Indonesia, Vietnam, Thailand, Malaysia, dan Filipina) diidentifikasi sebagai negara berkembang yang berada dalam tahap awal pembangunan menurut hipotesis EKC (Arista dan Amar, 2019). Komitmen pengurangan kerusakan lingkungan pada akhirnya sulit dilaksanakan karena adanya kebutuhan pembangunan ekonomi dan lemahnya kesadaran lingkungan masyarakat padahal ketika terjadi perubahan iklim sebenarnya akan lebih parah ditanggung oleh negara berkembang.

Produk Domestik Bruto (PDB) perkapita seperti diungkap dalam teori environmental kuznet curve (EKC) merupakan faktor yang mempengaruhi emisi karbon (Todaro dan Smith, 2012). PDB perkapita menunjukkan aktivitas ekonomi dan peningkatan pembangunan fisik yang membutuhkan konsumsi energi berlebih (Pratama, 2022). Konsumsi energi yang didominasi oleh energi tak terbarukan menyebabkan kerusakan lingkungan (Hundie, 2018).

PDB perkapita mencerminkan pendapatan negara dibandingkan dengan jumlah penduduknya (Todaro dan Smith, 2012). Aslam dkk. (2022) dalam penelitian dengan judul The Nexus of Industrialization, GDP per capita and CO₂ emission in China mengelaborasi teori Environmental Kuznet Curve (EKC) dan menyatakan pendapatan perkapita dalam jangka pendek meningkatkan emisi CO₂. Namun, dalam jangka panjang pendapatan perkapita yang meningkat diprediksi akan dibarengi dengan penurunan emisi CO₂ dengan syarat adanya transisi energi dalam proses produksi.

Peningkatan emisi CO₂ salah satunya disebabkan karena peningkatan aktivitas penggunaan energi sebagai dampak dari bertambahnya jumlah penduduk. Sarkodie dan Owusu (2016) mengeksplorasi teori Malthusian population trap dan menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali akan menimbulkan masalah karena menyebabkan cepatnya pertumbuhan konsumsi yang tidak dibarengi dengan peningkatan penyediaan kebutuhan bahan baku khususnya energi. Manusia akan menggunakan bahan

bakar (minyak, gas, dan fosil), aktivitas pembakaran, dan penggundulan hutan. Erlangga (2019) menyatakan bahwa kondisi tersebut berdampak pada pemanasan global yang dapat memengaruhi penurunan kualitas lingkungan. Jumlah penduduk terbesar adalah negara Indonesia disusul Filipina, Vietnam, dan Thailand sedangkan yang terkecil adalah Brunei Darussalam. Peningkatan jumlah penduduk di ASEAN dapat meningkatkan emisi CO₂ karena tingkat konsumsi energi yang tinggi. Penggunaan energi yang masih didominasi oleh jenis tak terbarukan sudah pasti berdampak pada degradasi lingkungan sehingga transisi energi diperlukan dalam upaya menghambat kerusakan lingkungan (Dong, 2018).

Konsepsi transisi energi yang mulai dikampanyekan secara global pada dasarnya belum mampu menurunkan emisi CO₂. Transisi energi diukur melalui ETI (energy transition index) yaitu parameter yang menunjukkan aktivitas setiap negara dalam melakukan transformasi energi dari tak terbarukan yang notabennya tidak ramah lingkungan menjadi terbarukan. Laporan World Economic Forum (2023) dengan judul Energy Transition Index Report 2023 pada dasarnya indeks transisi energi di seluruh negara secara global terus mengalami tren peningkatan, artinya konsumsi energi terbarukan dan aktivitas ekonomi ramah lingkungan di setiap negara mengalami peningkatan. Faktanya, disisi lain emisi CO₂ secara global masih mengalami peningkatan. Berdasarkan World Bank (2026) Indeks transisi energi negara anggota ASEAN pada tahun 2015-2022 mayoritas mengalami tren peningkatan. Indeks transisi energi tertinggi adalah negara Malaysia sedangkan yang paling rendah adalah Timor Leste. Fostering Effective Energy Transition (2022) menjelaskan bahwa terdapat korelasi negatif antara ETI dengan Emisi CO₂ dimana semakin tinggi ETI sebuah negara, maka tingkat degradasi lingkungan semakin kecil. Penelitian Sharif dkk (2020) menunjukkan bahwa transisi energi belum mampu menurunkan degradasi lingkungan khususnya negara berkembang.

Faktor lain yang mempengaruhi emisi CO₂ adalah Foreign Direct Investment (FDI) yang dielaborasi melalui dua teori diantaranya Pollution Haven Hypothesis dan Pollution Halo Hypothesis. Pandangan Pollution Haven Hypothesis mengacu pada paradigma bahwa negara asing dapat mengambil keuntungan dari ketatnya peraturan lingkungan di negara tuan rumah dengan memindahkan industri kotor ke negara lain melalui FDI yang mengarah pada peningkatan emisi di negara tersebut (Mehdi dan Taleghani, 2022). Pandangan sebaliknya yaitu Pollution Halo Hypothesis menganggap bahwa tingkat emisi polusi udara seiring meningkatnya FDI karena efek limpahan FDI yang positif seperti praktik teknologi terkini, peningkatan produktivitas, dan perluasan lapangan kerja.

Data Asian Development Bank (2026) menunjukkan bahwa aliran investasi asing di negara anggota ASEAN tahun 2015-2022 mengalami fluktuasi dimana yang tertinggi adalah Singapura diikuti Indonesia, Vietnam, Malaysia, dan Filipina walaupun tertinggal jauh sedangkan yang paling rendah bahkan pada tahun 2014 negatif adalah Brunei Darussalam. Menurut Nasir et al., (2019) FDI dapat berdampak positif atau negatif terhadap kualitas lingkungan tergantung pada metode penelitian, kerangka waktu, dan wilayah. Sun dan He (2018) menemukan bahwa FDI dalam industri yang padat karya dan padat modal berpolusi berat memiliki efek "Haven Pollution" terhadap lingkungan, sedangkan FDI dalam industri padat modal yang minim akan pencemaran lingkungan memiliki efek "Halo Pollution".

Faktor fundamental yang mempengaruhi emisi CO₂ adalah keterbukaan perdagangan. Keterbukaan perdagangan mengacu pada aktivitas perdagangan luar negeri yang mengakibatkan mobilitas barang masuk (impor) maupun keluar (ekspor). Kegiatan perdagangan dan emisi karbon memiliki hubungan yang kompleks sehingga dapat memberikan dampak positif dan negatif tergantung pada kebijakan dan praktik perdagangan spesifik yang diimplementasikan oleh negara-negara dan perusahaan (Rambeli et al., 2021). Keterbukaan perdagangan memberi dampak negatif yaitu mendorong pertumbuhan ekonomi yang dapat meningkatkan permintaan energi dan emisi karbon dioksida. Dampak positif dari keterbukaan perdagangan juga dapat mengurangi emisi karbon apabila kegiatan tersebut dapat memproduksi teknologi dan energi bersih yang lebih efisien (Widyawati et al., 2021). Publikasi World Bank (2026) menunjukkan bahwa keterbukaan perdagangan tiap negara anggota ASEAN pada tahun 2015-2022 mengalami tren peningkatan. Keterbukaan perdagangan tertinggi adalah negara Singapura disusul Vietnam, Malaysia, dan

Kamboja sedangkan yang terendah adalah Indonesia dan Myanmar. Perdagangan internasional di negara berkembang didominasi oleh sektor primer yang membutuhkan aktivitas mobilisasi berlebih sehingga meningkatkan konsumsi energi dan pada akhirnya dapat meningkatkan emisi karbon dioksida karena adanya peningkatan produktivitas nasional yang signifikan (Hertwich dan Peters, 2009).

Emisi CO₂ di kawasan ASEAN merupakan isu krusial yang membutuhkan alternatif solusi untuk dikurangi dengan menganalisis variabel yang mempengaruhinya. Variabel yang diduga mempengaruhi emisi CO₂ di ASEAN yaitu GDP perkapita, jumlah penduduk, transisi energi, investasi asing, dan keterbukaan perdagangan sehingga berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, maka penelitian ini menganalisis Determinan Emisi CO₂ pada Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022.

METODE

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu regresi data panel guna mengestimasi dan memprediksi nilai pengaruh variabel independen (GDP perkapita, jumlah penduduk, transisi energi, investasi asing, dan keterbukaan perdagangan) terhadap variabel dependen (Emisi CO₂). Regresi data panel diperlukan untuk menganalisis gabungan data cross section 10 negara Kawasan ASEAN Tahun 2015-2022 Model fungsi persamaan dasar penelitian adalah sebagai berikut:

Emisi CO₂ = f (GP, GP, JP, TE, IA, KP)

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka model persamaan ekonometrika yang digunakan dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut:

$$ECO_2 = \beta_0 + \beta_1 GP_{it} + \beta_2 GP^2_{it} + \beta_3 JP_{it} + \beta_4 TE_{it} + \beta_5 IA_{it} + \beta_6 KP_{it} + \varepsilon$$

Keterangan:

Emisi CO ₂	: Total Emisi Karbondioksida yang mencemari lingkungan
GP	: GDP Perkapita (jangka pendek)
GP ²	: GDP Perkapita kuadrat (jangka panjang)
JP	: Jumlah Penduduk
TE	: Transisi Energi
IA	: Investasi Asing
KP	: Keterbukaan Perdagangan

Uji Kesesuaian Model

Teknik analisis data panel dapat dilakukan menggunakan metode common effect (perilaku data sama dalam rentan waktu), fixed effect (tiap data antar kabupaten/kota memiliki konstanta yang nilai nya sama tiap waktu), random effect (data saling terhubung antar waktu dan individu). Untuk menguji kesesuaian atau kebaikan dari tiga metode pada teknik estimasi model regresi data panel, maka digunakan Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier (Mahulete, 2016). Uji LM tidak digunakan apabila pada uji Chow dan uji Hausman menunjukkan model yang paling tepat adalah Fixed Effect Model. Uji LM dipakai manakala pada uji Chow menunjukkan model yang dipakai adalah Common Effect Model, sedangkan pada uji Hausman menunjukkan model yang paling tepat adalah Random Effect Model. Maka diperlukan uji LM sebagai tahap akhir untuk menentukan model Common Effect atau Random Effect yang paling tepat (Silalahi, 2014).

Deteksi Asumsi Klasik

Untuk mendeteksi terjadi atau tidak penyimpangan terhadap asumsi klasik dalam model regresi yang dipergunakan, maka dilakukan beberapa cara pengujian terhadap gejala penyimpangan asumsi klasik seperti deteksi normalitas, deteksi multikolinearitas, deteksi heterokedastisitas menggunakan uji glejser, dan deteksi autokorelasi menggunakan uji Durbin Watson.

Uji Parsial (Uji T)

Uji t digunakan untuk menganalisis signifikansi pengaruh variabel independen secara individu (parsial) terhadap variabel dependen dengan menganggap variabel lain bersifat konstan. Dalam uji t digunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{\beta_i}{Se \beta_i}$$

Keterangan:

β_i : Koefisien regresi

$Se \beta_i$: Standart error koefisien regresi

1. Hipotesis yang digunakan dalam Uji-t yaitu :

$H_0 : \beta_i = 0$ Artinya variabel independen secara parsial tidak berpengaruh terhadap variabel dependen.

$H_1 : \beta_i > 0$ artinya variabel independen secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

2. Kriteria pengujiannya yaitu :

Apabila prob signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Apabila prob signifikansi $> 0,05$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

Uji Simultan (Uji F)

Uji simultan digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel independen (GDP perkapita, GDP perkapita kuadrat, jumlah penduduk, transisi energi, investasi asing dan keterbukaan perdagangan) secara simultan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Hasil uji F juga dapat diketahui dengan melihat hasil regresi probabilitas (F-statistic). Variabel independen dapat dikatakan signifikan secara bersama-sama terhadap variabel dependen ketika probabilitas (F-statistic) kurang dari $\alpha=0,05$. Hipotesis yang digunakan dalam Uji F yaitu :

$H_0 : \beta_i = 0$, variabel independen secara simultan tidak berpengaruh terhadap variabel dependen.

$H_1 : \beta_i > 0$, variabel independen secara simultan berpengaruh terhadap variabel dependen.

PEMBAHASAN

ASEAN merupakan salah satu kawasan yang cukup relevan dengan isu degradasi lingkungan. Negara di Asia Tenggara mayoritas adalah negara berkembang yang memerlukan energi fosil yang tergolong murah untuk mengakselerasi pertumbuhan ekonominya namun berdampak pada kerusakan lingkungan secara agregat. Permintaan energi di kawasan ASEAN hampir 90 persen merupakan energi fosil yang menyebabkan emisi karbon tumbuh 3,8 persen per tahun. ASEAN sebagai organisasi di kawasan Asia Tenggara memberikan sumbangsih yang cukup tinggi terhadap produksi emisi CO₂ dunia mencapai 7,35 persen padahal hanya beranggotakan 11 negara Emisi CO₂ tiap negara anggota ASEAN dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1: Emisi CO₂ Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022 (dalam mton)

Negara	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Indonesia	489.05	483.98	515.40	568.01	605.29	563.20	589.33	612.42
Vietnam	201.51	222.03	229.88	286.14	341.72	355.32	362.24	271.99
Thailand	268.85	267.92	267.14	264.48	274.47	265.48	272.84	292.92
Malaysia	236.23	231.67	225.10	241.45	244.88	245.14	248.77	257.28
Filipina	110.99	120.90	133.46	139.12	145.87	133.47	147.89	162.82
Singapura	45.43	44.97	47.32	45.21	45.16	43.71	45.53	47.73
Myanmar	19.03	21.86	32.50	32.79	34.00	33.88	34.23	34.98
Laos	8.88	15.70	19.06	19.66	19.17	19.18	19.19	20.43
Kamboja	8.43	11.07	12.66	13.56	18.09	18.65	18.82	18.94
Brunei D	6.40	6.97	7.29	7.54	7.05	9.59	9.88	10.24

Penerbit:

LKISPOL (Lembaga Kajian Ilmu Sosial dan Politik)

redaksigovernance@gmail.com/admin@lkispol.or.id

Timor L	0.44	0.52	0.56	0.51	0.62	0.45	0.61	0.58
---------	------	------	------	------	------	------	------	------

Sumber: World Bank (2026).

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa Emisi CO₂ negara anggota ASEAN secara keseluruhan pada tahun 2015-2022 mengalami tren peningkatan. Produksi Emisi CO₂ terbesar adalah negara Indonesia sedangkan yang paling kecil adalah Timor Leste. Mayoritas negara ASEAN (termasuk Indonesia, Vietnam, Thailand, Malaysia, dan Filipina) diidentifikasi sebagai negara berkembang yang berada dalam tahap awal pembangunan menurut hipotesis Enviromental Kuznest Curve (EKC).

Uji Kesesuaian Model

Uji Chow dilakukan untuk memilih model yang akan digunakan antara Pooled Least Square/Common Effect Model (H0) atau Fixed Effect Model (H1). Uji ini dilakukan setelah diperoleh hasil estimasi baik CEM maupun FEM. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai probabilitas signifikansi Cross-section Chi-square $0,0000 \leq 0,05$ yang menunjukkan bahwa H₀ di tolak dan H₁ diterima yang artinya berdasarkan Uji Chow Fixed Effect Model (FEM) merupakan model terpilih pada uji ini.

Tabel 2: Hasil Uji Chow

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	25.353553	(4,29)	0.0000
Cross-section Chi-square	60.136792	4	0.0000

Sumber: Eviews 13 (2026)

Uji Hausman dilakukan untuk memilih model yang akan digunakan antara Fixed Effect Model (H0) atau Random Effect Model (H1). Berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai probabilitas Cross-section Random $0,0000 \leq 0,05$ yang menunjukkan bahwa H₀ di tolak dan H₁ diterima yang artinya berdasarkan Uji Hausman Fixed Effect Model (FEM) merupakan model terbaik yang digunakan.

Tabel 3: Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	26.264389	4	0.0000

Sumber: Eviews 13 (2026).

Berdasarkan kedua uji tersebut menunjukkan bahwa Fixed Effect Model merupakan estimasi model terbaik yang dipilih pada penelitian ini sehingga tidak perlu dilakukan Uji Lagrange Multiplier.

Hasil Analisis Regresi

Tabel 4: Hasil Regresi Fixed Effect Model (FEM)

Fixed Effect Model			
Variabel	Koefisien	t-Statistic	P-Value
C	-832.3337	-3.643815	0.0009
X1	9.864816	5.949645	0.0000
X2	-2.882263	-2.191797	0.0356
X3	6.256113	9.005109	0.0000
X4	-2.055680	-0.358508	0.7222
X5	1.820706	0.080926	0.0360
X6	2.011755	3.678883	0.0008
R ²		0.915218	
Prob (F Statistic)			0.0000

Sumber: Eviews 13 (2026).

Berdasarkan hasil regresi tersebut maka didapatkan persamaan model sebagai berikut:

Penerbit:

LKISPOL (Lembaga Kajian Ilmu Sosial dan Politik)

redaksigovernance@gmail.com/admin@lkispol.or.id

$$\begin{aligned} \text{ECO}_2 &= \beta_0 + \beta_1 \text{GP}_{it} + \beta_2 \text{GP}_{it}^2 + \beta_3 \text{JP}_{it} + \beta_4 \text{TE}_{it} + \beta_5 \text{IA}_{it} + \beta_6 \text{KP}_{it} + \varepsilon \\ \text{ECO}_2 &= -832.3337 + 9.864816 \text{GP}_{it} - 2.882263 \text{GP}_{it}^2 + 6.256113 \text{JP}_{it} - 2.055680 \text{TE}_{it} + \\ & 1.820706 \text{IA}_{it} + 2.011755 \text{KP}_{it} + \varepsilon \end{aligned}$$

Interpretasi Hasil

Pengaruh GDP Perkapita terhadap Emisi Karbon di ASEAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa GDP perkapita dan GDP perkapita kuadrat menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 0,05 terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. Hasil regresi menunjukkan bahwa peningkatan PDB perkapita sebesar 1 persen akan meningkatkan emisi karbon sebesar 9.86 Mton sedangkan peningkatan PDB perkapita kuadrat sebesar 1 persen akan menurunkan emisi karbon sebesar -2.88 Mton dengan asumsi ceteris paribus. Temuan tersebut membuktikan bahwa hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) terbukti pada negara kawasan ASEAN.

Hipotesis EKC mengasumsikan kondisi dimana dalam tahap awal pembangunan negara (pre industrial economics), pengaruh PDB perkapita akan berpengaruh positif terhadap degradasi lingkungan, namun setelah masa industrial economics terjadi, kurva EKC mulai mengalami diminishing return sejalan dengan berkembangnya pada masa post industrial economics. PDB perkapita memiliki hubungan erat terhadap konsumsi energi. Negara maju akan memaksimalkan industrialisasi untuk peningkatan perekonomian sehingga pendapatan perkapita semakin meningkat, namun pada negara dengan kesenjangan pendapatan yang besar, terjadi gap dalam penggunaan energi dan kualitas lingkungan dimana pada kelompok masyarakat berpendapatan rendah hanya memanfaatkan sumber daya alam secara berlebihan namun tidak mampu membayar degradasi lingkungan sehingga emisi karbon yang dihasilkan juga semakin besar.

Negara di kawasan ASEAN hampir semuanya adalah negara berkembang dengan status pendapatan middle income kecuali Singapura. Berdasarkan perhitungan hipotesis environmental kuznet curve hanya dua negara yang nilai PDB perkapitanya sudah melewati titik turning point yaitu Singapura dan Brunei Darussalam diantara 9 negara. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Hundie (2018) yang menyatakan GDP perkapita memiliki korelasi terhadap emisi karbon melalui mekanisme teori EKC yaitu berpengaruh positif pada sisi kiri dan berpengaruh negatif pada sisi kanan kurva EKC.

Pengaruh Jumlah Penduduk terhadap Emisi Karbon di ASEAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penduduk menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 0,05 terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. Hasil regresi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah penduduk sebesar 1 persen akan meningkatkan emisi karbon sebesar 6.25 Mton dengan asumsi ceteris paribus. Kepadatan penduduk berpengaruh terhadap beberapa aspek kehidupan manusia salah satunya adalah konsumsi energi karena merupakan faktor yang menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga dan lain sebagainya.

Peningkatan populasi penduduk dalam skala rumah tangga menyebabkan bertambahnya permintaan kendaraan bermotor dikarenakan masyarakat akan menggunakan alat transportasi sebagai kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari. Peningkatan populasi penduduk dalam skala makro mendorong pemerintah untuk membuka sektor industri untuk menyerap lapangan kerja, sehingga industrialisasi dengan teknologi yang tidak ramah lingkungan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan dan meningkatnya emisi CO₂.

Hasil penelitian tersebut sejalan dengan temuan Mahendra et al., (2022) yang menyatakan bahwa berdasarkan Teori Maltus dijelaskan bahwa pertumbuhan penduduk meningkatkan konsumsi semua sektor sehingga dalam konteks ini, konsumsi energi diasumsikan dapat meningkat bersamaan dengan peningkatan jumlah penduduk. Konsumsi energi tak terbarukan yang meningkat berdampak pada emisi karbon yang semakin tinggi. Hasil serupa juga ditemukan oleh Sarkodie dan Owusu (2016) yang

menyatakan bahwa jumlah penduduk yang bertambah tanpa diimbangi dengan transisi energi dapat menyebabkan peningkatan emisi karbon.

Pengaruh Transisi Energi terhadap Emisi Karbon di ASEAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa transisi energi menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan pada taraf signifikansi 0,05 terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. Hasil regresi menunjukkan bahwa peningkatan transisi energi sebesar 1 persen akan menurunkan emisi karbon sebesar 2.05 Mton dengan asumsi ceteris paribus. Transisi energi didefinisikan sebagai sebuah komitmen dan proses perubahan (transformasi) dari energi tak terbarukan menjadi energi terbarukan yang berkelanjutan.

Negara yang melakukan transisi energi logikanya emisi karbon yang dihasilkan rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Hundie (2018) yang menyatakan bahwa negara yang gencar melakukan transisi energi yaitu Inggris, Prancis dan Jerman (mencapai 65- 70persen) menggunakan energi terbarukan untuk proses industrialisasi dan sangat berdampak dengan menurunnya emisi karbon. Transisi energi dalam penelitian ini faktanya tidak berdampak signifikan terhadap penurunan emisi karbon yang artinya penerapannya belum efisien pada sebagian negara anggota ASEAN sehingga perlu dibarengi dengan upaya pelestarian lingkungan seperti deforestasi hutan lindung atau penggunaan energi canggih seperti carbon capture storage technology.

Pengaruh Investasi Asing terhadap Emisi Karbon di ASEAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa investasi asing menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 0,05 terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. Hasil regresi menunjukkan bahwa peningkatan investasi asing sebesar 1 persen akan menurunkan emisi karbon sebesar 1.82 Mton dengan asumsi ceteris paribus. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada negara anggota ASEAN yang mayoritas negara berkembang investasinya didominasi oleh industri polusi menyebabkan polusi tinggi sejalan dengan Pollution Haven Hypothesis.

Pollution Haven Hypothesis menjelaskan secara teoritis bahwa perusahaan yang didanai investasi asing akan digunakan sebagai alat untuk mentransfer teknologi pencemar ke wilayah dengan peraturan lingkungan yang lemah, seperti negara-negara yang lebih maju akan mencoba untuk mentransfer fasilitas produksi mereka yang berpolusi ke negara berkembang untuk mendapatkan keuntungan dari lemahnya peraturan mengenai lingkungan di negara berkembang. Investasi asing di negara kawasan ASEAN akan berdampak negatif terhadap lingkungan terutama di negara berkembang dengan standar lingkungan yang lebih lemah (Kastratovac, 2019).

Peningkatan investasi di Indonesia justru meningkatkan polusi udara karena adanya investasi di bidang industri dengan teknologi yang tidak ramah lingkungan. Penelitian Hundie (2018) juga menyatakan bahwa keterbukaan perdagangan yang menyangkut investasi pembangunan konstruksi dan tambang di Ethiopia justru meningkatkan emisi karbon dan degradasi lingkungan.

Pengaruh Keterbukaan Perdagangan terhadap Emisi Karbon di ASEAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbukaan perdagangan menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf signifikansi 0,05 terhadap emisi karbon di kawasan ASEAN tahun 2015-2022. Hasil regresi menunjukkan bahwa peningkatan keterbukaan perdagangan sebesar 1 persen akan meningkatkan emisi karbon sebesar 2.01 Mton dengan asumsi ceteris paribus. Keterbukaan Perdagangan (Trade Openness) adalah suatu proses untuk melancarkan kegiatan ekonomi perdagangan dengan cara mengurangi atau menghapus hambatan perdagangan.

Kegiatan perdagangan dan emisi karbon memiliki hubungan yang kompleks sehingga dapat memberikan dampak positif dan negatif tergantung pada kebijakan dan praktik perdagangan spesifik yang diimplementasikan oleh negara-negara dan perusahaan. Keterbukaan perdagangan di Kawasan ASEAN

praktiknya memberikan dampak negatif yaitu mendorong pertumbuhan ekonomi dan konsumsi, yang dapat meningkatkan permintaan energi dan emisi karbon dioksida. Kegiatan perdagangan juga secara tidak langsung dapat menyebabkan permintaan terhadap komoditas terkait, termasuk bahan bakar. Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan emisi karbon dioksida karena adanya peningkatan produktivitas nasional yang signifikan (Hertwich dan Peter, 2009)). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Hundie (2018) bahwa keterbukaan perdagangan khususnya pada sektor energi tak terbarukan dapat secara signifikan meningkatkan emisi CO₂ di sektor energi.

Hasil Perhitungan Hipotesis Enviromental Kuznet Curve (EKC)

Menurut Nikensari et al. (2019) untuk mengestimasi berlakunya hipotesis Kuznets Curve, berdasarkan pada kondisi-kondisi, yaitu:

1. Jika $\beta^2 < 0$, terjadi hubungan berbentuk U terbalik
2. Jika $\beta^2 \geq 0$, terjadi hubungan berbentuk U
3. Turning point = $-\beta^1/2\beta^2$

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Santika (2020) yang meneliti terbukti atau tidaknya hipotesis environmental kuznet curve (EKC) di suatu negara, maka dalam pengujiannya digunakan variabel X1 (PDB perkapita) dan X2 (PDB perkapita kuadrat), variabel X1 digunakan untuk mengetahui apakah selama rentang waktu penelitian atau dapat dikatakan dalam jangka pendek environmental kuznet curve (EKC) terbukti dengan menunjukkan hasil yang positif mempengaruhi kerusakan lingkungan. Sedangkan X2 digunakan untuk mengetahui apakah dalam jangka panjang PDB perkapita akan menurunkan ketimpangan pendapatan dibuktikan dengan hasil yang negatif. Hasil perhitungan berdasarkan syarat tersebut yaitu:

Tabel 5: Perhitungan Pembuktian Kuznets Curve

Keterangan	Hasil
Koefisien pendapatan pariwisata	9.864816
Koefisien pendapatan pariwisata kuadrat	-2.882263
Pembuktian	Memenuhi syarat 1 yaitu: -2.882263 (β^2) < 0 sehingga hipotesis <i>kuznet curve</i> terbukti.
Turning point	$-\beta^1/2\beta^2$ (Formula) - 9.864816/2. -2.882263 = 17,1129 triliun dollar

Sumber: Exel (2026).

Berdasarkan hasil perhitungan titik balik pada Tabel 5 diperoleh hasil titik balik hubungan PDB perkapita terhadap emisi CO₂ di kawasan ASEAN sebesar 17,11 triliun dollar sehingga dapat disimpulkan bahwa negara yang berada pada sisi kiri kurva environmental kuznets curve memiliki pengaruh positif antara PDB perkapita dengan emisi karbon hingga turning point. Selanjutnya setelah melalui turning point, negara yang berada pada sisi kanan environmental kuznets curve ketika terjadi kenaikan PDB perkapita akan berkorelasi negatif dengan emisi karbon. Klasifikasi fase pada kurva environmental kuznets curve dari tiap negara anggota ASEAN berdasarkan data GDP perkapita yang diperoleh oleh setiap negara pada tahun 2015 – 2022.

Tabel 6: Klasifikasi Negara Anggota ASEAN Berdasarkan GDP Perkapita (dalam triliun dollar)

Negara	Sisi Kiri EKC	Negara	Sisi Kanan EKC
Malaysia	11,99	Singapura	82,81
Thailand	6,91	Brunei	37,15
Indonesia	4,79	Darussalam	
Vietnam	4,16		
Filipina	3,50		
Laos	2,05		
Timor Leste	1,61		
Kamboja	1,76		
Myanmar	1,15		
Turning point			17,11

Sumber: Exel (2026).

Tabel 6 menunjukkan klasifikasi EKC negara anggota ASEAN dimana mayoritas masih berada pada sisi kiri EKC sehingga justifikasinya setiap terjadi kenaikan GDP perkapita pasti akan diikuti dengan meningkatnya emisi karbon. Singapura dan Brunei Darussalam merupakan negara diantara 11 negara lain di kawasan ASEAN yang sudah melalui fase efek skala dan efek struktural pada kurva environmental kuznets curve karena GDP perkapita melebihi titik turning point (US\$ 17,11 triliun). GDP perkapita akan berkorelasi negatif dengan degradasi lingkungan khususnya emisi karbon dioksida di dua negara tersebut.

Singapura saat ini telah mengembangkan teknologi yang dapat meminimalisir atau mengurangi emisi karbon melalui mekanisme carbon capture storage yaitu teknologi penangkapan karbon di udara akibat adanya pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas industri manufaktur, pembakaran, dan penggunaan kendaraan tidak ramah lingkungan. Teknologi tersebut memungkinkan pertumbuhan ekonomi tetap terjaga dan meningkat disertai dengan menurunnya efek degradasi lingkungan. Brunei Darussalam juga sudah berada sisi kanan EKC dikarenakan sektor basis PDB nya merupakan produk primer berupa minyak yang dimana dalam proses produksi tidak menghasilkan emisi karbon tinggi.

Negara middle income diantaranya Malaysia, Thailand, Indonesia, Vietnam, Filipina, Laos, Timor Leste, dan Kamboja berada pada sisi kiri EKC sehingga setiap penambahan GDP pada negara tersebut akan meningkatkan emisi karbon dioksida. Negara tersebut masih berada pada efek skala di mana mereka menggunakan bahan bakar fosil sebagai poros utama untuk meningkatkan perekonomiannya serta belum memiliki teknologi modern yang dapat mengurangi emisi karbon dioksida secara masif, sehingga ketika negara tersebut melakukan kegiatan ekonomi, akan meningkatkan emisi karbon dioksida.

REFERENSI

- Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., Javed, M. S., Aslam, M. K., Hussain, S., & Hassan, M. (2021). The nexus of industrialization, GDP per capita and CO₂ emission in China. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101674. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101674>
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2016). Carbon dioxide emissions, GDP, energy use, and population growth: A multivariate and causality analysis for Ghana, 1971–2013. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 13508–13520. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6511-x>
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., dan Liao, H. 2018. "CO₂ Emissions, Economic and Population Growth, and Renewable Energy: Empirical Evidence Across Regions." *Energy Economics*, Vol. 75, hlm. 180–192. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.08.017>
- Doytch, N., & Uctum, M. (2016). Globalization and the environmental impact of sectoral FDI. *Economic Systems*, 40(4), 582–594. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2016.02.005>
- Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental Science & Technology*, 43(16), 6414–6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>

Penerbit:

LKISPOL (Lembaga Kajian Ilmu Sosial dan Politik)
redaksigovernance@gmail.com/admin@lkispol.or.id

378

Indexed

SINTA 4



PKPINDEX



- Hundie, S. K. (2018). Modelling energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth nexus in Ethiopia: Evidence from cointegration and causality analysis. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 6(6), 699–709. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i6.699-709.1915>
- International Energy Agency (IEA). 2026. Greenhouse Gas Emissions from Energy. Paris: International Energy Agency. Tersedia pada: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy>.
- Mahendra, Y. I., Marselina, Wahyudi, H., dan Ciptawati, U. 2022. “Pengaruh Populasi Penduduk, FDI dan Control of Corruption terhadap Emisi CO₂ di 9 Negara ASEAN.” *Jurnal Multidisiplin Madani*, Vol. 2, No. 10, hlm. 3741–3753. <https://doi.org/10.55927/mudima.v2i10.1462>
- Mohsin, S., Ali, M., Hashmi, S. H., & Bakhsh, S. (2022). Heterogeneous effects of economic policy uncertainty and foreign direct investment on environmental quality: Cross-country evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2737–2752. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15715-3>
- Nasir, M. A., Huynh, T. L. D., & Tram, H. T. X. (2019). Role of financial development, economic growth and foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging ASEAN. *Journal of Environmental Management*, 242, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.112>
- Nejati, M., & Taleghani, F. (2022). Pollution halo or pollution haven? A CGE appraisal for Iran. *Journal of Cleaner Production*, 344, 131092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131092>
- Nikensari, S. I., Destilawati, S., & Nurjanah, S. (2019). Studi Environmental Kuznets Curve di Asia: Sebelum dan Setelah Millennium Development Goals. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 27(2), 11–25. <https://doi.org/10.14203/JEP.27.2.2019.11-25>.
- Noor, M. A., & Saputra, P. M. A. (2020). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 8(3), 230–246. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.230-246>
- Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability*, 12(19), 7965. <https://doi.org/10.3390/su12197965>
- Santika, W. G. (2020). A New Insight of the Existence of the Environmental Kuznets Curve in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 202, 03023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020203023>
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2012). *Economic development* (11th ed.). Pearson Education Limited.
- Widyawati, R. F., Hariani, E., Ginting, A. L., & Nainggolan, E. (2021). Pengaruh pertumbuhan ekonomi, populasi penduduk kota, keterbukaan perdagangan internasional terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂) di negara ASEAN. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 11–24. <https://doi.org/10.37046/jaj.v3i1.11193>
- World Economic Forum. (2023). Fostering effective energy transition 2023. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/>