

Determinan Kerusakan Lingkungan di Provinsi Indonesia dengan Tingkat Tercemar Paling Tinggi

Wahyu Aji Wijaya^{1*}, Khoirul An'am², Romualdus T.P Maro Djanggo³

Jurusan Ekonomi Pembangunan, Universitas Musamus, Merauke, Indonesia^{1,3}

Jurusan Manajemen, Universitas Musamus, Merauke, Indonesia²

*Email: wahyuajiwjy27@unmus.ac.id; khoirulanam@unmus.ac.id; marodjanggo@unmus.ac.id

Diterima: 10-07-2025 | Disetujui: 17-07-2025 | Diterbitkan: 19-07-2025

ABSTRACT

In this era, environmental degradation can no longer be ignored. Concerns about extreme climate change and global warming caused by greenhouse gas emissions are growing. The primary drivers of climate change are increased human activity driven by increased industrialization, rising global population growth, and the need to adapt to these changes. Human activity that causes carbon dioxide emissions comes from fossil fuels and deforestation. The data analysis technique used in this study is panel data regression estimation with a cross-section of 22 provinces in Indonesia for the period 2018-2023. The findings of this study conclude that economic growth, energy consumption, and forest area significantly influence carbon dioxide emissions in Singapore, Japan, Israel, South Korea, the United Arab Emirates, and Saudi Arabia from 2001-2020. The results show that forest area and economic growth have a positive and significant relationship with CO2 emissions across all provinces in Indonesia. This means that increasing forest area and economic growth actually contribute to increased emissions, due to increased exploitation of natural resources and industrialization. On the other hand, electricity consumption has a negative and significant relationship with CO2 emissions, indicating that increasing the use of electricity from renewable energy sources actually helps reduce emissions. Meanwhile, urban population growth has no significant effect on CO2 emissions, indicating that urbanization does not directly increase carbon pollution. These findings emphasize the importance of sustainable development policies that prioritize clean energy and responsible forest management across all provinces in Indonesia to balance economic growth with efforts to control climate change.

Keywords: *Economic Growth, Energy Consumption, Urban Population, Forest Area, CO2 Emissions*

ABSTRAK

Di era ini, masalah kerusakan lingkungan tidak dapat lagi dikesampingkan. Kekhawatiran tentang perubahan iklim ekstrem dan pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca semakin meningkat. Pendorong utama perubahan iklim adalah aktivitas manusia yang lebih besar yang disebabkan oleh meningkatnya industrialisasi, meningkatnya pertumbuhan populasi global, dan kebutuhan untuk beradaptasi dengan perubahan ini. Aktivitas manusia yang menyebabkan emisi karbon dioksida berasal dari bahan bakar fosil dan deforestasi. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan estimasi regresi data panel dengan cross-section 22 provinsi yang di Indonesia dengan periode 2018-2023. Temuan penelitian ini menyimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan luas hutan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Singapura, Jepang, Israel, Korea Selatan, Uni Emirat Arab dan Arab Saudi pada tahun 2001-2020. Hasil menunjukkan bahwa

luas kawasan hutan dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di seluruh provinsi di Indonesia, artinya peningkatan luas hutan dan pertumbuhan ekonomi justru berkontribusi pada kenaikan emisi, hal tersebut dikarenakan eksploitasi sumber daya alam dan industrialisasi yang semakin banyak. Di sisi lain, konsumsi energi listrik memiliki hubungan negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂, menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan listrik yang berasal dari energi terbarukan justru membantu mengurangi emisi. Sementara itu, populasi penduduk kota tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂, mengindikasikan bahwa urbanisasi tidak secara langsung meningkatkan polusi karbon. Temuan ini menekankan pentingnya kebijakan pembangunan berkelanjutan yang memprioritaskan energi bersih dan pengelolaan hutan yang bertanggung jawab di seluruh provinsi di Indonesia untuk menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan upaya pengendalian perubahan iklim.

Keyword: Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi, Populasi Penduduk Kota, Luas Kawasan Hutan, CO₂ Emisi

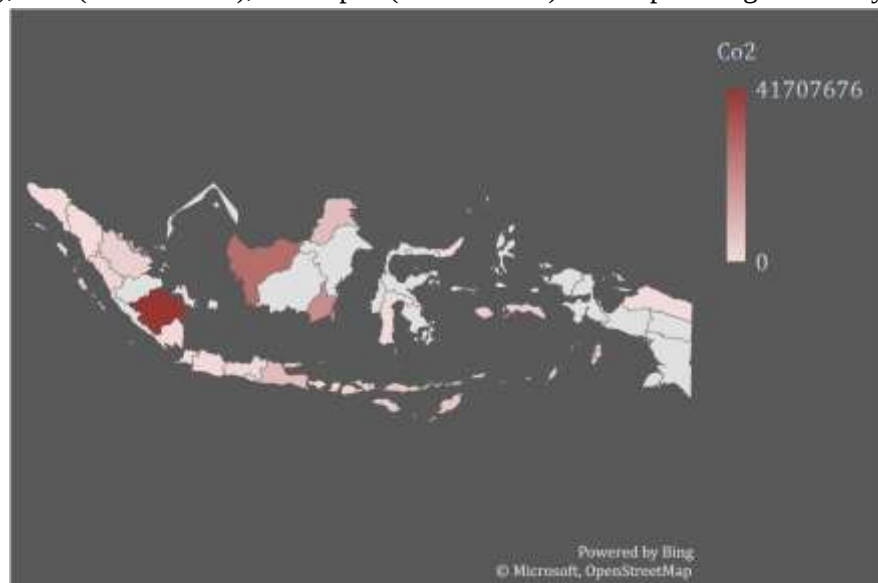
Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Wahyu Aji Wijaya, Khoirul An'am, & Romualdus T.P Maro Djanggo. (2025). Determinan Kerusakan Lingkungan di Provinsi Indonesia dengan Tingkat Tercemar Paling Tinggi. Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora, 1(3), 711-723. <https://doi.org/10.63822/6xqzch61>

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, menjaga kualitas lingkungan yang berkelanjutan telah menjadi isu penting di seluruh dunia. Upaya untuk melestarikan keanekaragaman hayati, sangat penting untuk mengurangi emisi karbon dioksida (CO_2) dan gas rumah kaca (GHG), yang merupakan kontributor utama terhadap peningkatan jejak ekologi dan polusi lingkungan global (Hardi, Idroes, Zulham, Suriani, & Saputra, 2023; Idroes et al., 2024; Usman, Khalid, & Mehdi, 2021; Wahab, Imran, Ahmed, Rahim, & Hassan, 2024; J. Wang & Dong, 2019). Masalah kerusakan lingkungan sudah tidak bisa dikesampingkan lagi. Kekhawatiran terhadap perubahan iklim ekstrem dan pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca semakin meningkat. Perubahan ini sering dikaitkan dengan aktivitas manusia baik langsung maupun tidak langsung yang memengaruhi komposisi udara global dan variabilitas iklim alami, seperti pergeseran benua, aktivitas vulkanik, radiasi matahari, dan arus laut (Osobajo, 2020). Para peneliti berpendapat bahwa pendorong utama perubahan iklim adalah aktivitas manusia yang lebih besar yang disebabkan oleh munculnya industrialisasi, peningkatan pertumbuhan populasi global, dan kebutuhan untuk beradaptasi dengan perubahan ini (Fouquet, 2016). Menurut Raihan (2021), aktivitas manusia yang mengakibatkan emisi karbondioksida adalah dari bahan bakar fosil dan gundulnya hutan.

Pada grafik dibawah dapat dilihat bahwa sebaran emisi CO_2 dari kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Indonesia menunjukkan variasi yang signifikan antarprovinsi. Provinsi Sumatera Selatan menjadi penyumbang emisi tertinggi dengan 41.7 Juta ton CO_2 , jauh melampaui provinsi lainnya. Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan juga mencatat angka yang sangat tinggi, masing-masing sebesar 27.6 Juta ton dan 19.3 Juta ton, hal ini mencerminkan bahwa tingginya intensitas karhutla di wilayah tersebut. Beberapa provinsi lain seperti Kalimantan Utara (7.6 Juta ton), Jawa Timur (7.4 Juta ton), dan Nusa Tenggara Timur (5.1 Juta ton) juga berkontribusi besar terhadap total emisi. Di sisi lain, provinsi seperti Banten (228 ton) dan Jakarta (0 ton) mencatat emisi yang sangat rendah, sementara Sulawesi Utara (89.8 Ribu ton), Bali (95.2 ribu ton), dan Papua (40.7 ribu ton) berada pada tingkat emisi yang relatif kecil.



Gambar 1. Sebaran CO_2 akibat Karhutla di Indonesia

Sumber: Data diolah, 2025

Pola geografis menunjukkan bahwa pulau Sumatera dan Kalimantan menjadi wilayah dengan emisi CO₂ tertinggi, yang mengindikasikan kerentanan kedua wilayah tersebut terhadap kebakaran hutan dan lahan. Sementara itu, sebagian besar wilayah di Sulawesi dan Papua memiliki emisi yang lebih terkendali, meskipun Maluku mencatat angka yang cukup tinggi, yaitu 3.1 Juta ton. Walaupun begitu tingginya emisi di wilayah-wilayah ini tidak hanya berdampak pada lingkungan dan kesehatan, tetapi juga berpotensi memengaruhi sektor energi, khususnya konsumsi energi listrik.

Konsumsi energi khususnya listrik memiliki hubungan yang erat dengan emisi CO₂, terutama ketika sumber listrik masih bergantung pada bahan bakar fosil. Studi oleh Mirza et al., (2022) dalam *Energy Reports* menunjukkan bahwa setiap 1 persen peningkatan konsumsi listrik di negara berkembang meningkatkan emisi CO₂ sebesar 0,45 persen, kecuali jika energi terbarukan menyumbang lebih dari 30 persen dalam bauran energi. Hal ini sejalan dengan temuan Hasanov et al., (2024) dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* yang menyatakan bahwa listrik berbasis batubara menghasilkan 0,8–1,2 kg CO₂ per kWh, jauh lebih tinggi dibandingkan energi terbarukan yang hanya 0,01–0,05 kg CO₂ per kWh. Di negara-negara OECD, Chen et al., (2018) dalam *Applied Energy* menemukan bahwa dekarbonisasi sektor listrik—melalui energi nuklir, hidro, dan terbarukan—berhasil memutus hubungan (*decoupling*) antara pertumbuhan konsumsi listrik dan emisi CO₂. Sementara itu, Al Nuaimi et al., (2025) dalam *Energy* menggunakan pendekatan machine learning untuk memprediksi bahwa peningkatan porsi energi surya dan angin hingga 50% dapat menurunkan emisi sektor listrik China sebesar 40% pada 2030. Di kawasan ASEAN, Kim et al., (2025) dalam *Sustainable Cities and Society* mengungkapkan bahwa setiap 10% kenaikan konsumsi listrik meningkatkan emisi CO₂ sebesar 6,2%, sehingga solusi seperti smart grid dan efisiensi energi menjadi penting untuk mengurangi dampak tersebut. Dengan demikian, transisi ke energi bersih dan peningkatan efisiensi merupakan strategi kunci untuk memitigasi emisi CO₂ dari sektor kelistrikan.

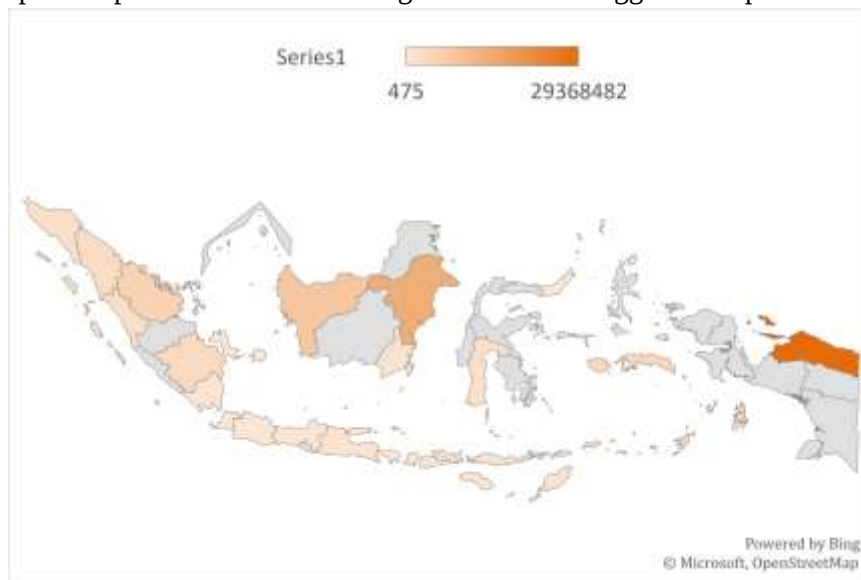
Energi memiliki peran penting dalam kehidupan manusia serta pertumbuhan sosial, ekonomi, dan lingkungan ekonomi global. Namun, ekologi global semakin terancam karena meningkatnya permintaan energi. Konsumsi energi yang meningkat demi perkembangan ekonomi diseluruh belahan dunia menjadi pemicu utama meningkatnya suhu bumi akibat emisi gas rumah kaca. Menurut Hossain (2011), emisi karbondioksida memainkan faktor penting dalam pola cuaca buruk dan pemanasan global. Kemudian menurut Osobajo (2020), adanya peningkatan kebutuhan energi di masyarakat saat ini akibat dari urbanisasi dan populasi yang kian berkembang. Hal ini menyebabkan kekeringan yang lebih lama, peningkatan permukaan air laut, dan peningkatan gelombang panas yang semuanya berdampak buruk pada ekosistem.

Pertumbuhan ekonomi Asia tumbuh pesat dalam tiga dekade terakhir dan tidak terlepas dari peran serta negara-negara maju (Lee, 2010). Negara-negara di Asia perlu memperhitungkan eksternalitas negatif akibat dari aktivitas ekonominya. Pembangunan ekonomi suatu negara dipengaruhi oleh berbagai variabel yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan seperti eksploitasi atau penggunaan sumber daya alam yang berkelanjutan, polusi, dan perubahan iklim. Selain itu pertumbuhan urbanisasi yang menyebabkan meningkatnya populasi penduduk kota di banyak negara telah mempercepat pertumbuhan ekonomi dengan konsekuensi berupa peningkatan konsumsi energi (A. dan A. T. Raihan, 2022).

Hutan memainkan peran penting dalam mitigasi perubahan iklim dengan menyerap CO₂ di atmosfer dan menyimpannya dalam biomassa pohon atau penyerapan karbon. Ekosistem hutan di seluruh dunia setiap tahunnya menyerap sekitar 300 miliar ton emisi CO₂ dari atmosfer, dan sekitar tiga miliar ton darinya diprediksi merembes ke lingkungan setiap tahun karena deforestasi. Benua Asia menempati posisi

ketiga dalam kepadatan karbon hutan dunia (Raihan, 2021). Artinya Asia turut mengandalkan kekuatan hutan dalam mengurangi emisi GRK. Sayangnya, luas kawasan hutan di beberapa negara Asia terus mengalami penurunan setiap tahunnya yang mengurangi kemampuan hutan sebagai salah satu pengatur emisi karbon. Jika terlalu bergantung pada kemampuan hutan yang terus menurun tiap tahunnya terutama di negara maju yang mendahulukan kegiatan industrinya, perlu ada kebijakan lain dari pemerintah yang mendukung serta kesadaran tinggi dari masyarakat suatu negara untuk menjaga lingkungan.

Berdasarkan hasil gambar di bawah ini menunjukkan bahwa sebaran luas hutan di berbagai provinsi di Indonesia, dengan provinsi Papua mencatat luas hutan terbesar (29 Juta Ha), diikuti oleh Kalimantan Timur sebanyak 13,8 Juta Ha dan Kalimantan Barat sebesar 8.1 Juta Ha. Sebaliknya, provinsi seperti Jakarta dan Bali memiliki luas hutan yang sangat kecil, masing-masing hanya 475,4 Ha dan 127.2 Hektar. Perbedaan ini mencerminkan variasi tutupan hutan yang signifikan antarwilayah, di mana pulau-pulau besar seperti Papua dan Kalimantan masih memiliki Cadangan hutan yang luas, sementara wilayah dengan populasi padat seperti Jawa dan Bali mengalami tekanan tinggi terhadap konversi lahan.



Gambar 2. Luas Daratan Kawasan Hutan Provinsi di Indonesia
Sumber: Data diolah, 2025

Studi yang dilakukan oleh Harris et al., (2021) dalam *Natural Climate Change* menunjukkan bahwa deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia berkontribusi besar terhadap emisi CO₂, karena hilangnya kemampuan hutan untuk menyerap karbon dan lepasnya karbon yang tersimpan di biomassa. Provinsi dengan luas hutan besar seperti Papua dan Kalimantan Timur memiliki potensi penyerapan karbon yang tinggi, tetapi juga rentan terhadap emisi jika terjadi deforestasi. Sebaliknya, wilayah dengan tutupan hutan kecil seperti Jakarta dan Bali sudah kehilangan Sebagian besar fungsi ekosistem hutannya, sehingga kontribusinya terhadap mitigasi perubahan iklim sangat terbatas. Murdiyarso et al., (2011) menegaskan bahwa perlindungan dan restorasi hutan di Indonesia, terutama di wilayah dengan luas hutan besar, sangat penting untuk memenuhi target penurunan emisi nasional. Data ini memperkuat urgensi kebijakan yang berfokus pada pelestarian hutan di provinsi-provinsi kunci untuk mengurangi emisi CO₂ dan memitigasi dampak perubahan iklim. Berdasarkan penjelasan dan urian diatas, kajian ini bertujuan untuk meneliti

pengaruh pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, populasi penduduk kota dan luas kawasan hutan terhadap emisi karbondioksida di Provinsi Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Environment Kuznet Curves (EKC)

Hipotesis kurva U terbalik Kuznet dari tahun 1991 berfungsi sebagai dasar untuk penciptaan hipotesis EKC tahun 1995 oleh Grossman dan Kreuger. Teori ini berpandangan bahwa pada tahap awal pembangunan, ketika suatu negara mulai membangun perekonomiannya atau pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, kerusakan lingkungan akan berada pada tingkat yang tinggi akibat eksploitasi sumber daya yang berat untuk mendukung tingkat faktor produksi untuk output yang signifikan. Namun karena tingkat ekonomi yang rendah, sedikit yang diketahui oleh masyarakat dan pemerintah tentang pentingnya kualitas lingkungan hidup bagi kehidupan manusia (Abdulah, 2019).

Pada tahap awal pembangunan, suatu negara akan sangat memanfaatkan sumber dayanya untuk mendorong pertumbuhan ekonomi. Kuznets menyebut periode ini sebagai tahap ekonomi pra-industri karena datang sebelum fase industrialisasi suatu negara. Pada fase ini, pertanian seringkali dijadikan sebagai tumpuan suatu bangsa. Setelah tahap ini, laju kerusakan lingkungan akan meningkat secara signifikan dan nyata sebagai akibat dari eksploitasi sumber daya yang meluas untuk mendanai pembangunan ekonomi. Negara ini akan segera mencapai titik kritis ketika pertumbuhan ekonomi melebihi ekstraksi sumber daya secara besar-besaran yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Dalam teori EKC biasa disebut sebagai titik balik atau dikenal sebagai tahap ekonomi industri. Kemudian dilanjutkan dengan fase setelah titik balik dimana degradasi lingkungan telah berkurang. Tingkat kesadaran akan nilai lingkungan sudah tercipta. Maka pada fase ini pertumbuhan ekonomi berbanding terbalik dengan kerusakan lingkungan dan disebut sebagai fase *post industrial* (industri berbasis jasa).

METODE

Penelitian ini mencakup 6 negara maju di Benua Asia yang diukur berdasarkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yakni Singapura, Jepang, Israel, Korea Selatan, Uni Emirat Arab dan Arab Saudi. Data yang digunakan dalam penelitian ini dari tahun 2001-2020. Variabel independen penelitian ini adalah Pertumbuhan Ekonomi (GDP), Konsumsi Energi (EC), Populasi Penduduk Kota (CP), Luas Kawasan Hutan (FOREST). Kemudian variabel dependennya adalah Emisi Karbondioksida (CO₂).

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari *World Bank* dan *Our World In Data* yang diperoleh melalui studi kepustakaan (*library reseach*). Analisis regresi data panel adalah metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini maka persamaan model penelitian dapat dituliskan sebagai berikut.

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TEC_{it} + \beta_2 \ln Forest_{it} + \beta_3 Urban_{it} + \beta_4 \ln PE_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

CO₂ = Emisi karbondioksida (Ton Co₂e/ha)

lnTEC = Konsumsi energi fosil berupa listrik (Gwh)

lnForest = Luas kawasan hutan (ha)

Determinan Kerusakan Lingkungan di Provinsi Indonesia dengan Tingkat Tercemar Paling Tinggi

(Aji Wijaya, et al.)

Urban	= Populasi Penduduk Kota (jiwa)
LnPE	= Pertumbuhan Ekonomi yang dihitung dari PDRB
β_0	= Konstanta
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$	= Kofisien Regresi
i	= 22 Provinsi di Indonesia
t	= <i>Time series</i> , periode 20018-2023
ε	= Error term

Pengujian pada penelitian ini menggunakan bantuan software *Eviews-9*. Maka dilakukan tiga metode terlebih dahulu yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (FEM). Untuk menentukan model yang terbaik maka dilakukan uji chow, uji hausmann dan Uji LM.

1. Hipotesis Uji Chow:
Ho: CEM sebagai model terpilih jika Cross-Section $F > \alpha$ (0,05)
Ha: FEM sebagai model terpilih jika Cross-Section $F < \alpha$ (0,05)
2. Hipotesis Uji Hausman:
Ho: REM sebagai model terpilih jika Cross-Section Random $> \alpha$ (0,05)
Ha: FEM sebagai model terpilih jika Cross-Section Random $< \alpha$ (0,05)
3. Hipotesis Uji Lagrange Multiplier:
Ho: CEM sebagai model terpilih jika Cross-Section Breusch Pagan $> \alpha$ (0,05)
Ha: REM sebagai model terpilih jika Cross-Section Breusch Pagan $< \alpha$ (0,05)

Kemudian dilanjutkan dengan uji statistik F dan uji t. Uji F dilakukan untuk membuktikan secara statistik pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama. Hipotesis uji F adalah:

Ho: Tidak terdapat pengaruh signifikan secara bersama-sama antara variabel bebas terhadap variabel terikat jika prob. F-statistik $> \alpha$ (0,05)

Ha: Terdapat pengaruh signifikan secara bersama-sama antara variabel bebas terhadap variabel terikat jika prob. F-statistik $< \alpha$ (0,05)

Uji t dilakukan untuk membuktikan apakah variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat secara individu. Hipotesis uji t adalah:

Ho: Tidak terdapat pengaruh signifikan secara individu antara variabel bebas terhadap variabel terikat jika probabilitas $> \alpha$ (0,05)

Ha: Terdapat pengaruh signifikan secara individu antara variabel bebas terhadap variabel terikat jika probabilitas $< \alpha$ (0,05)

HASIL KAJIAN

Pemilihan Model Estimasi Data Panel

Dalam pemilihan model terbaik dalam penelitian, pertama dilakukan uji chow untuk menentukan model yang lebih baik antara *Common Effect* dan *Fixed Effect*. Selanjutnya dilakukan uji hausman untuk menentukan model yang lebih baik antara *Random Effect* dan *Fixed Effect*. Terakhir dilakukan uji *Lagrange*

Multiplier untuk menentukan model yang lebih baik antara *Common Effect* dan *Random Effect*. Hasil pemilihan model estimasi data panel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pemilihan Model Estimasi Data Panel

Jenis Uji	Prob. Chi-Square	Tingkat Signifikansi	Keterangan
Uji Chow	0,0000	0,05	Model FEM
Uji Hausman	0,2475	0,05	Model REM
Uji LM	0,0000	0,05	Model REM

Sumber: Data diolah dengan *Eviews 9*

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa berdasarkan uji chow model FEM adalah yang terbaik. Namun berdasarkan uji hausmann dan uji LM model REM adalah yang terbaik. Maka model yang paling akurat untuk penelitian ini adalah model REM dengan nilai prob. < 0,05.

Interpretasi Hasil Estimasi *Random Effect Model*

Tabel 3. Hasil Estimasi REM

Variable	Coefficient	Prob.
C	20.4542	0.0428
lnTEC	-1.8943	0.0020
lnForest	0.6716	0.0371
Urban	-0.2786	0.1260
lnPE	2.1399	0.0010
R-squared	0.8102	

Sumber: Data diolah dengan *Eviews 9*

Berdasarkan hasil estimasi model REM yang ditunjukkan oleh tabel 3, maka persamaan regresi didapat sebagai berikut:

$$CO_{2it} = 20.4532 - 1.894lnTEC_{it} + 0.6716lnForest_{it} - 0.2786Urban_{it} + 2.1399lnPE_{it} + \varepsilon_{it}$$

Persamaan diatas menjelaskan bahwa jika nilai konstanta bernilai positif sebesar 746,5511 artinya apabila variabel konsumsi energi listrik, luas kawasan hutan, populasi penduduk kota, dan pertumbuhan ekonomi bernilai konstan maka akan mempengaruhi emisi karbondioksida sebesar 20.45 persen. Hasil variabel konsumsi energi dapat mempengaruhi emisi CO₂ sebesar -1.89. Hasil variabel luas kawasan hutan dapat mempengaruhi emisi CO₂ sebesar 0.67. Hasil variabel populasi penduduk kota dapat mempengaruhi emisi CO₂ sebesar -0.27. Hasil pertumbuhan ekonomi dapat mempengaruhi emisi CO₂ sebesar 2.13.

Nilai *R-squared* diperoleh sebesar 0.81 artinya bahwa variabel emisi karbondioksida di Provinsi Indonesia selama periode pengamatan dapat dijelaskan oleh variabel konsumsi energi, luas kawasan hutan, populasi penduduk kota, dan pertumbuhan ekonomi sebesar 81% dan sisanya 19% dijelaskan oleh variabel lain diluar penelitian.

Uji Hipotesis

• Uji F

Tabel 4. Hasil Uji F

F-statistic	Prob (F-statistic)
9.7268	0.0000

Sumber: Data diolah dengan *Eviews 9*

Tabel 4 menunjukkan hasil uji F-statistik sebesar 9.7268 dan nilai probabilitas sebesar $0.0000 < 0.05$. Dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi Listrik, luas Kawasan hutan, populasi penduduk kota, dan pertumbuhan ekonomi berpengaruh secara bersama sama atau simultan dan signifikan terhadap emisi karbondioksida di Provinsi Indonesia, sehingga H_a diterima dan H_o ditolak.

• Uji t

**Tabel
5. Hasil Uji t**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
lnTEC	-1.8943	0.5999	-3.1575	0.0020
lnForest	0.6716	0.3185	2.1084	0.0371
Urban	-0.0278	0.0180	-1.5411	0.1260
lnPE	2.1399	0.6355	3.3671	0.0010

Sumber: Data diolah dengan *Eviews 9*

Hasil uji t dapat dilihat pada tabel 5. Maka penjelasannya adalah sebagai berikut.

- 1) Nilai koefisien konsumsi energi listrik (TEC) bernilai negatif sebesar -1.8943 dan signifikan ($0.0020 < 0.05$) terhadap emisi CO_2 . Artinya jika terjadi peningkatan TEC sebesar 1 satuan di Provinsi Indonesia akan menurunkan emisi karbondioksida sebesar 1.89 satuan dengan asumsi *ceteris paribus*. Kemudian $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ ($3.1575 > 1.6582$) maka H_a diterima.
- 2) Nilai koefisien luas kawasan hutan (Forest) bernilai positif sebesar 0.6716 dan signifikan sebesar ($0.0371 < 0.05$) terhadap emisi CO_2 . Artinya jika terjadi peningkatan luas Kawasan hutan sebesar 1 satuan di Provinsi Indonesia akan meningkatkan emisi CO_2 sebesar 0.67 satuan dengan asumsi *ceteris paribus*. Kemudian $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ ($2.1084 > 1.6582$) sehingga H_a diterima.
- 3) Nilai koefisien variabel populasi penduduk kota (Urban) memperoleh nilai negatif sebesar -0.0278 dan tidak signifikan ($0.1260 > 0.05$) terhadap emisi CO_2 . Artinya jika terjadi peningkatan populasi penduduk kota sebesar 1 satuan di Provinsi Indonesia akan menurunkan emisi CO_2 sebesar 0.02 satuan dengan asumsi *ceteris paribus*. Kemudian $t\text{-hitung} < t\text{-tabel}$ ($1.5411 < 1.6582$) maka H_o ditolak.
- 4) Nilai koefisien variabel pertumbuhan ekonomi (PE) bernilai positif sebesar 2.1399 dan signifikan ($0.0010 < 0.05$) terhadap emisi CO_2 . Artinya jika terjadi kenaikan perekonomian yang diukur melalui PDRB sebesar 1 satuan di Provinsi Indonesia akan menambah emisi CO_2 sebesar 2.13 Satuan dengan asumsi *Ceteris Paribus*. Kemudian $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ ($3.3671 > 1.6582$) maka H_a diterima.

Pembahasan

Peningkatan penggunaan listrik bisa menekan emisi CO₂ asalkan sumber energinya berasal dari pembangkit ramah lingkungan atau digunakan untuk menggeser pemakaian bahan bakar fosil konvensional, misalnya dengan mengalihkan kendaraan berbahan bakar minyak ke motor listrik atau mengganti kompor gas dengan perangkat listrik. Contoh di Indonesia terlihat di Bali, di mana pertumbuhan pemakaian listrik dari pembangkit surya dan biomassa justru membantu mengurangi penggunaan generator diesel, sehingga menurunkan polusi karbon. Sementara itu, di Jakarta, penerapan transportasi listrik yang menggunakan pasokan listrik dari PLTA dan panel surya turut berkontribusi menekan emisi dari sektor transportasi. Sebaliknya, di wilayah seperti Jawa Barat yang masih mengandalkan PLTU batubara, lonjakan konsumsi listrik malah berdampak pada peningkatan emisi. Artinya, efek pemakaian listrik terhadap lingkungan sangat ditentukan oleh jenis pembangkit yang mendominasi pasokan energi di suatu daerah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Usman, 2023), (Santi, 2021) dan (Ansari, 2022) yang menyatakan hubungan negatif dan signifikan antara konsumsi energi dengan emisi CO₂. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa pemanfaatan energi yang sebagian terbarukan atau konsumsi energi bertanggung jawab atas peningkatan kualitas lingkungan di Indonesia.

Luas kawasan hutan memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida. Hubungan yang positif antara variabel FOREST dengan emisi karbondioksida didukung dengan penelitian oleh (Q. at al Wang, 2023) yang meneliti ulang keberadaan kurva EKC di 208 negara dari tahun 1990-2018. Hasilnya sumber daya alam dapat meningkatkan emisi karbondioksida disebagian besar negara yang diteliti. Pada negara maju luas hutan tidak lagi mampu untuk mengurangi emisi karbondioksida. Pergeseran perekonomian berbasis industri menjadi industri berbasis jasa menjadi salah satu penyebabnya. Luas hutan yang relatif sempit di negara maju mendorong negara tersebut untuk membuat alternatif lain seperti kesadaran lingkungan, penggunaan teknologi dan energi ramah lingkungan serta kebijakan mengenai lingkungan (Sarkodie, 2018). Namun menurut penelitian (A. Raihan, 2023) peningkatan 1% luas hutan dapat menurunkan emisi karbondioksida sebesar 3,46% di Filipina.

Populasi penduduk kota memiliki pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap emisi karbondioksida. Hubungan yang negatif antara variabel Forest dengan emisi CO₂ didukung dengan penelitian oleh (Raggad, 2018) yaitu urbanisasi yang dapat meningkatkan populasi penduduk kota bernilai negatif terhadap emisi CO₂. Berarti pembangunan di wilayah perkotaan tidak menurunkan kualitas lingkungan. Hal ini dapat dikaitkan dengan GDP di beberapa provinsi Indonesia yang sudah tinggi sehingga pendapatan daerah sudah cukup untuk menggunakan energi yang terbarukan dan ramah lingkungan. Serta beberapa provinsi di Indonesia tersebut dikategorikan tinggi karena diukur melalui indeks pembangunan manusia. Kesadaran akan menjaga lingkungan yang tinggi serta didukung dengan kebijakan pemerintah sangat diperhitungkan dalam mengurangi emisi CO₂.

Pertumbuhan ekonomi memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi di beberapa provinsi Indonesia maka akan semakin meningkatkan emisi CO₂. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Cao, 2022) dimana kenaikan pertumbuhan ekonomi menyebabkan peningkatan emisi karbondioksida di negara-negara OECD. Hubungan yang positif antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ di negara-negara OECD jika dikaitkan dengan teori EKC artinya negara OECD tersebut belum melewati titik kritis dimana degradasi lingkungan masih mengikuti pertumbuhan ekonomi. Namun penelitian yang dilakukan oleh (Raihan, 2022) menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi jangka panjang bernilai negatif dan signifikan terhadap emisi

karbondioksida. Dimana kenaikan 1% pertumbuhan ekonomi akan menurunkan emisi CO₂ di Singapura sebesar 0,99%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas kawasan hutan dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di seluruh provinsi di Indonesia, artinya peningkatan luas hutan dan pertumbuhan ekonomi justru berkontribusi pada kenaikan emisi, hal tersebut dikarenakan eksploitasi sumber daya alam dan industrialisasi yang semakin banyak. Di sisi lain, konsumsi energi listrik memiliki hubungan negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂, menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan listrik yang berasal dari energi terbarukan justru membantu mengurangi emisi. Sementara itu, populasi penduduk kota tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂, mengindikasikan bahwa urbanisasi tidak secara langsung meningkatkan polusi karbon. Temuan ini menekankan pentingnya kebijakan pembangunan berkelanjutan yang memprioritaskan energi bersih dan pengelolaan hutan yang bertanggung jawab di seluruh provinsi di Indonesia untuk menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan upaya pengendalian perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, M. H. (2019). *Relevansi Teori Environmental Kuznets Curve Terhadap Degradasi Lingkungan Di Tiga Klasifikasi Negara Tahun 1985-2014*. UIN Syarif Hidayatullah.
- Al Nuaimi, H. S., Acquaye, A., & Mayyas, A. (2025). Machine learning applications for carbon emission estimation. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 27, 200263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2025.200263>
- Ansari, M. A. (2022). Re-Visiting The Environmental Kuznets Curve For ASEAN: A Comparison Between Ecological Footprint and Carbon Dioxide Emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112867>
- Cao, H. et al. (2022). Impact Of Globalization, Institutional Quality, Economic Growth, Electricity And Renewable Energy Consumption On Carbon Dioxide Emission In OECD Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-021-17076-3>
- Chen, J., Wang, P., Cui, L., Huang, S., & Song, M. (2018). Decomposition and decoupling analysis of CO2 emissions in OECD. *Applied Energy*, 231, 937–950. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.179>
- Fouquet, R. (2016). Lessons From Energy History For Climate Policy: Technological Change, Demand and Economic Development. *Energy Research & Social Science*, 22, 79–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.09.001>
- Hardi, I., Idroes, G. M., Zulham, T., Suriani, S., & Saputra, J. (2023). *Economic Growth , Agriculture , Capital Formation and Greenhouse Gas Emissions in Indonesia : FMOLS , DOLS and CCR Applications*. <https://doi.org/10.60084/eje.v1i2.109>
- Harris, N. L., Gibbs, D. A., Baccini, A., Birdsey, R. A., de Bruin, S., Farina, M., ... Tyukavina, A. (2021). Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*, 11(3), 234–240. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00976-6>

- Hasanov, F. J., Sbia, R., Papadas, D., & Kostakis, I. (2024). The consumption-based carbon emissions effects of renewable energy and total factor productivity : The evidence from natural gas exporters. *Energy Reports*, 12(November), 5974–5989. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.11.054>
- Hossain, M. S. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991–6999. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.042>
- Idroes, G. M., Hardi, I., Hilal, I. S., Utami, R. T., Noviandy, T. R., & Idroes, R. (2024). Economic growth and environmental impact: Assessing the role of geothermal energy in developing and developed countries. *Innovation and Green Development*, 3(3), 100144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100144>
- Kim, H., Lee, Y., Koo, J.-H., & Yeo, M. J. (2025). Changes in future carbon dioxide emissions and contributing factors in Southeast Asia under the shared socioeconomic pathways. *Energy for Sustainable Development*, 86, 101721. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esd.2025.101721>
- Lee, J. W. dan K. H. (2010). Economic Growth in Asia: Determinants and Prospects. *Asian Development Bank*, 20. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1688733>
- Mirza, F. M., Sinha, A., Khan, J. R., Kalugina, O. A., & Zafar, M. W. (2022). Impact of energy efficiency on CO2 Emissions: Empirical evidence from developing countries. *Gondwana Research*, 106, 64–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.11.017>
- Murdiyarso, D., Dewi, S., Lawrence, D., & Seymour, F. (2011). Front Matter. In Indonesia's forest moratorium: A stepping stone to better forest governance? In *Center for International Forestry Research*. Center for International Forestry Research. Retrieved from Center for International Forestry Research website: <http://www.jstor.org/stable/resrep02310.1>
- Osobajo, O. A. dkk. (2020). The Impact of Energy Consumption and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions. *Sustainability*, 12(19), 7965. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12197965>
- Raggad, B. (2018). Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth, Energy Use, And Urbanization in Saudi Arabia: Evidence From the ARDL Approach and Impulse Saturation Break Tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 14882–14898. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-018-1698-7>
- Raihan, A. (2023). The Dynamic Nexus Between Economic Growth, Renewable Energy Use, Urbanization, Industrialization, Tourism, Agricultural Productivity, Forest Area, and Carbon Dioxide Emissions in The Philippines. *Energy Nexus*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100180>
- Raihan, A. dan A. T. (2022a). Dynamic Impacts Of Economic Growth, Energy Use, Urbanization, Agricultural Productivity, And Forested Area On Carbon Emissions: New Insights From Kazakhstan. *World Development Sustainability*, 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100019>
- Raihan, A. dan A. T. (2022b). The Nexus Between Economic Growth, Energy Use, Urbanization, Tourism, and Carbon Dioxide Emissions: New Insights From Singapore. *Sustainability Analytics and Modeling*, 2(100009).
- Raihan, A. et al. (2021). A Meta-Analysis Of The Economic Value Of Forest Carbon Stock. *Malaysian Journal of Society and Space* 1, 17, 321–338. <https://doi.org/10.17576/geo-2021-1704-22>
- Santi, R. dan H. S. (2021). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk, Foreign Direct Investment (FDI), Energy Use/Consumption dan Krisis Ekonomi Terhadap Kualitas Lingkungan Ditinjau Dari Tingkat Carbon Footprint di Asean 8. *Diponegoro Journal Of Economics*, 10(2).

- Sarkodie, S. A. dan V. S. (2018). Empirical Study of The Environmental Kuznets Curve And Environmental Sustainability Curve Hypothesis For Australia, China, Ghana and USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.039>
- Usman, M. et al. (2023). Do Financial Development, Economic Growth, Energy Consumption, And Trade Openness Contribute To Increase Carbon Emission In Pakistan? An Insight Based On ARDL Bound Testing Approach. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 444–473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10668-021-02062-z>
- Usman, M., Khalid, K., & Mehdi, M. A. (2021). What determines environmental deficit in Asia? Embossing the role of renewable and non-renewable energy utilization. *Renewable Energy*, 168, 1165–1176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.012>
- Wahab, S., Imran, M., Ahmed, B., Rahim, S., & Hassan, T. (2024). Navigating environmental concerns: Unveiling the role of economic growth, trade, resources and institutional quality on greenhouse gas emissions in OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139851. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139851>
- Wang, Q. at al. (2023). Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in 208 Counties: The Roles of Trade Openness, Human Capital, Renewable Energy and Natural Resource Rent. *Environmental Research*, 216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114637>
- Wang, J., & Dong, K. (2019). What drives environmental degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *Science of The Total Environment*, 656, 165–173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.354>