
**PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, KONSUMSI ENERGI TERBARUKAN,
DAN POPULASI PENDUDUK TERHADAP EMISI CO₂ DI EMPAT NEGARA
ASEAN PERIODE 2014–2023**

Andi Rafi Gusfi Pratama¹, Diah Retno Dwi Hastuti², Sri Astuty³, Abd. Rahim⁴, Basri Bado⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Negeri Makassar

E-mail : andiraffi07@gmail.com

ABSTRACT

The enhancement of economic activity within the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) has been identified as a catalyst for economic growth. However, this phenomenon is concomitant with an escalation in carbon dioxide (CO₂) emissions. The objective of this study is to analyze the effect of economic growth, renewable energy consumption, and population on CO₂ emissions in ASEAN countries for the period 2014–2023. The present study employs panel data from four ASEAN countries: Indonesia, Vietnam, the Philippines, and Singapore. The analysis method employed is panel data regression with the Fixed Effect Model (FEM) approach, a decision that is guided by the results of the Chow and Hausman test. The findings of the study indicate that economic growth and population exhibit a substantial impact on rising CO₂ emissions, while renewable energy consumption demonstrates a negative yet but have significant effect. This study offers policy implications that underscore the necessity of accelerating the energy transition and concomitantly fortifying environmental regulations to achieve sustainable development.

Keywords: ASEAN, CO₂ Emissions, Economic Growth, Renewable Energy, Population.

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas ekonomi di Association South East Asia Nation (ASEAN) telah diidentifikasi sebagai katalis pertumbuhan ekonomi. Namun, fenomena ini sejalan dengan peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂). Tujuan studi ini adalah menganalisis pengaruh pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi terbarukan, dan populasi penduduk terhadap emisi CO₂ di negara-negara ASEAN periode 2014–2023. Studi ini menggunakan data panel dari empat negara ASEAN: Indonesia, Vietnam, Filipina, dan Singapura. Metode analisis yang digunakan adalah regresi data panel dengan pendekatan Model Efek Tetap (FEM), sebuah keputusan yang dipandu oleh hasil uji Chow dan Hausman. Temuan studi menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan populasi penduduk menunjukkan dampak substansial terhadap peningkatan emisi CO₂, sementara konsumsi energi terbarukan menunjukkan dampak negatif namun memiliki dampak signifikan. Studi ini menawarkan implikasi kebijakan yang menggarisbawahi perlunya percepatan transisi energi dan sekaligus memperkuat regulasi lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.

Kata Kunci: ASEAN, Emisi CO₂, Pertumbuhan Ekonomi, Energi Terbarukan, Populasi.

Penduduk.

PENDAHULUAN

Peningkatan emisi karbon di kawasan *Association of Southeast Asian Nations* (ASEAN) menjadi isu strategis karena kontribusinya terhadap emisi global terus meningkat, terutama dari negara-negara dengan pertumbuhan ekonomi pesat seperti Indonesia, Thailand, dan Vietnam berdasarkan data Global Carbon Atlas. Fenomena ini menunjukkan bahwa proses industrialisasi dan ekspansi ekonomi di kawasan masih sangat bergantung pada energi fosil, sehingga menimbulkan tekanan terhadap kualitas lingkungan. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, kondisi tersebut memunculkan kebutuhan untuk memahami determinan utama emisi karbon secara lebih komprehensif dan kontekstual di tingkat regional.

Secara teoretis, hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan dijelaskan melalui hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC), yang menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan akan mendorong kenaikan emisi hingga mencapai titik balik sebelum akhirnya menurun akibat kemajuan teknologi dan transformasi struktur ekonomi. Shahbaz et al., (2015) serta Danish et al., (2017) menemukan bukti empiris yang mendukung keberadaan EKC di sejumlah negara berkembang, meskipun Paramati et al., (2017) dalam konteks ASEAN menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan globalisasi justru masih meningkatkan emisi karbon. Perbedaan temuan ini mengindikasikan bahwa validitas EKC sangat dipengaruhi oleh karakteristik struktural masing-masing negara, terutama

bauran energi dan tingkat industrialisasi.

Selain pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi terbarukan menjadi faktor penting dalam literatur lingkungan. Evitasari et al., (2023) menunjukkan bahwa peningkatan energi terbarukan berkontribusi signifikan dalam menurunkan emisi CO₂ dalam jangka panjang. Namun, efektivitasnya di negara berkembang sering kali belum optimal karena pangsa energi terbarukan masih relatif kecil dibandingkan energi fosil. Dalam konteks ASEAN, Nguyen et al., (2024) menemukan bahwa transisi energi bersih memang berpengaruh terhadap perbaikan kualitas lingkungan, tetapi dampaknya belum cukup kuat untuk sepenuhnya mengimbangi pertumbuhan konsumsi energi akibat ekspansi ekonomi.

Faktor demografis juga berperan signifikan dalam menentukan tingkat emisi karbon. Owusu & Asumadu-Sarkodie, (2016) serta Maji et al., (2019) membuktikan bahwa pertumbuhan populasi meningkatkan konsumsi energi, kebutuhan transportasi, dan aktivitas produksi, yang pada akhirnya memperbesar tekanan terhadap lingkungan. Lebih lanjut, dinamika global seperti pandemi COVID-19 turut memengaruhi pola emisi, di mana Le Quéré et al., (2020) mencatat adanya penurunan sementara emisi akibat pembatasan aktivitas ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan struktur aktivitas ekonomi memiliki dampak langsung terhadap tingkat emisi.

Meskipun literatur terkait determinan emisi karbon cukup luas, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian. Sebagian besar studi menggunakan pendekatan

global atau lintas kawasan tanpa fokus khusus pada heterogenitas struktur ekonomi negara-negara ASEAN. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung menganalisis variabel ekonomi, energi, dan populasi secara terpisah, sehingga belum banyak yang menguji ketiganya secara simultan dalam satu model panel regional. Keterbatasan lainnya adalah minimnya studi yang menggunakan data terbaru pasca-2014 yang mampu menangkap dinamika transisi energi dan pemulihan ekonomi pasca-pandemi. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dengan menganalisis secara simultan pengaruh pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi terbarukan, dan populasi terhadap emisi CO₂ pada empat negara ASEAN, Indonesia, Vietnam, Filipina, dan Singapura periode 2014 – 2023, sehingga memberikan bukti empiris yang lebih kontekstual dan relevan bagi perumusan kebijakan pembangunan rendah karbon di kawasan Asia Tenggara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi terbarukan, dan populasi penduduk terhadap pelepasan emisi karbon dioksida (CO₂) di negara-negara kawasan ASEAN. Data yang digunakan merupakan data sekunder berbentuk data panel, yang mencakup empat negara ASEAN, yaitu Indonesia, Vietnam, Filipina, dan Singapura, dalam kurun waktu sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2014 hingga 2023. Sumber data diperoleh dari beberapa institusi terpercaya seperti World Bank, Our World in Data, dan Global Carbon Atlas. Variabel dalam penelitian ini

terdiri atas satu variabel dependen, yaitu emisi CO₂ (dalam metrik ton), dan tiga variabel independen, yaitu pertumbuhan ekonomi (dalam persen), konsumsi energi terbarukan (dalam persen dari total energi), dan populasi penduduk (dalam satuan jiwa).

Analisis data dilakukan dengan menggunakan regresi data panel untuk menggabungkan dimensi cross-section dan time-series. Tiga pendekatan digunakan dalam estimasi model, yaitu Common Effect Model (CEM), Fixed Effect Model (FEM), dan Random Effect Model (REM). Pemilihan model terbaik ditentukan melalui uji Chow untuk membandingkan CEM dan FEM, serta uji Hausman untuk membandingkan FEM dan REM. Model regresi yang digunakan dirumuskan dalam bentuk persamaan linier, yaitu:

$$\text{LnECoit} = \beta_0 + \beta_1\text{PEit} + \beta_2\text{KEit} + \beta_3\text{LnPPit} + \epsilon_{it}$$

Keterangan:

- LnEco = Emisi CO₂
- β_0 = Konstanta
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = Koefisien Regresi
- PE = Pertumbuhan Ekonomi
- KE = Konsumsi Energi
- LnPP = Populasi Penduduk
- ϵ = Error term
- i = Negara ASEAN
- t = waktu (tahun)

Untuk memastikan validitas model regresi, dilakukan uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, uji multikolinearitas, dan uji heteroskedastisitas. Selanjutnya, pengujian hipotesis dilakukan dengan uji t untuk melihat pengaruh parsial masing-masing variabel, uji F untuk melihat pengaruh

secara simultan, dan uji koefisien determinasi (*Adjusted R²*) untuk mengukur sejauh mana variabel independen mampu menjelaskan variasi variabel dependen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Chow

Uji Chow dilakukan dengan membandingkan antara common effect model dan fixed effect model. Hipotesis dalam uji Chow adalah:

H0: Model Common Effect

H1: Model Fixed Effect

Apabila nilai probabilitas $F \geq 0,05$ artinya H_0 diterima, yang berarti model yang paling tepat digunakan adalah common effect model. Namun jika nilai probabilitasnya $< 0,05$ artinya H_0 ditolak, yang berarti model yang paling tepat digunakan adalah fixed effect model. Uji Chow dilakukan dengan membandingkan antara *common effect model* dan *fixed effect model*. Hipotesis dalam uji Chow adalah:

H0: Model Common Effect

H1: Model Fixed Effect

Apabila nilai probabilitas $F \geq 0,05$ artinya H_0 diterima, yang berarti model yang paling tepat digunakan adalah common effect model. Namun jika nilai probabilitasnya $< 0,05$ artinya H_0 ditolak, yang berarti model yang paling tepat digunakan adalah fixed effect model.

Tabel 1. Hasil Uji Chow

Efek Uji	Statistic	d.f	Probabilitas
<i>Cross-Section F</i>	272.573403	(3,33)	0.0000
<i>Cross-Section Chi-Square</i>	129.983029	3	0.0000

Sumber: E-Views, 2025 (Data Diolah)

Hasil uji Chow yang ditampilkan pada tabel menunjukkan nilai probabilitas yang

sangat kecil (lebih kecil dari 0,05) menandakan bahwa hasil uji ini signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model efek tetap (*fixed effect model*) lebih tepat digunakan dibandingkan dengan model *common effect*.

2. Uji Hausman

Apabila nilai probabilitas Chi-Square $\geq 0,05$ artinya H_0 diterima, yang berarti model regresi yang paling tepat digunakan adalah *random effect model*. Namun jika probabilitas *Chi-Square* $< 0,05$ artinya H_0 ditolak, yang berarti model regresi yang paling tepat digunakan adalah *fixed effect model*.

Tabel 2. Uji Hausman

Hasil Uji	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f	Probabilitas
<i>Cross-Section Random</i>	817.720209	3	0.0000

Sumber: E-Views, 2025 (Data Diolah)

Hasil uji Hausman pada model panel data menunjukkan nilai probabilitas (p-value) sebesar 0.0000. Karena nilai probabilitas ini jauh lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% (0.05), maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak. Dengan demikian, model *Fixed Effect* lebih tepat digunakan dibandingkan model *Random Effect*.

3. Interpretasi Model Regresi Fixed Effect Model

Tabel 3. Rata Rata Pelepasan Emisi CO₂, Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi Terbarukan, Populasi Penduduk Masing Masing Negara

Nama Negara	Emisi CO ₂	Pertumbuhan Ekonomi	Konsumsi Energi Terbarukan	Populasi Penduduk
Indonesia	655,915,928	4.77	7.70	270,668,546.6
Vietnam	274,513,220	6.04	21.32	96,413,815.7
Filipina	132,526,266.8	4.85	12.52	109,824,325.5
Singapura	48,942,551.4	3.06	18.95	5,626,055

Sumber: Our World in Data dan World Bank, 2025 (Data Diolah)

Berdasarkan data dari empat negara ASEAN, yaitu Indonesia, Vietnam, Filipina, dan Singapura, terlihat adanya hubungan antara konsumsi energi terbarukan, populasi penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan tingkat emisi CO₂. Indonesia mencatat emisi CO₂ tertinggi, yaitu sebesar 655,9 juta ton, yang sejalan dengan populasi penduduk terbesar di antara negara-negara tersebut, yaitu sekitar 270 juta jiwa. Di sisi lain, konsumsi energi terbarukan di Indonesia masih rendah, hanya sebesar 7,70% dari total konsumsi energi, yang menunjukkan ketergantungan tinggi terhadap energi fosil sebagai sumber utama energi. Hal ini berkontribusi signifikan terhadap tingginya tingkat emisi karbon.

Vietnam menunjukkan karakteristik yang berbeda, dengan konsumsi energi terbarukan tertinggi sebesar 21,32% dan pertumbuhan ekonomi tertinggi mencapai 6,04%. Meski memiliki populasi penduduk yang cukup besar (sekitar 96 juta), emisi CO₂ Vietnam tercatat sebesar 274,5 juta ton, jauh lebih rendah dari Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya porsi energi terbarukan dapat membantu menekan emisi CO₂ meskipun pertumbuhan ekonomi tetap tinggi. Filipina, dengan konsumsi energi terbarukan sebesar 12,52% dan populasi penduduk lebih dari 109 juta jiwa, mencatat emisi CO₂ sebesar 132,5 juta ton. Ini menunjukkan bahwa kontribusi energi terbarukan yang lebih tinggi dari Indonesia turut menurunkan tingkat emisi karbon.

Sementara itu, Singapura menjadi negara dengan emisi CO₂ terendah, yaitu sebesar 48,9 juta ton, dengan konsumsi

energi terbarukan sebesar 18,95%. Rendahnya populasi penduduk (sekitar 5,6 juta jiwa) dan efisiensi penggunaan energi turut menjadi faktor utama rendahnya emisi. Meskipun pertumbuhan ekonominya hanya sebesar 3,06%, Singapura berhasil mengelola energi dan emisinya dengan baik melalui kebijakan energi bersih yang kuat. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa negara-negara dengan konsumsi energi terbarukan yang tinggi cenderung memiliki emisi CO₂ yang lebih rendah, meskipun faktor lain seperti populasi penduduk dan pertumbuhan ekonomi tetap menjadi variabel penting yang mempengaruhi tingkat emisi secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil regresi data panel yang telah dilakukan, berikut merupakan model estimasi:

$$\ln ECo_{it} = \beta_0 + \beta_1 PE_{it} + \beta_2 KE_{it} + \beta_3 \ln PP_{it} + \epsilon_{it}$$

$$\ln ECo_{it} = A^{4.66 \times 10^{-30}} + 0.008023 PE_{it} - 0.013179 KE_{it} + PP^{4.77}_{it} + \epsilon_{it}$$

ECo = Emisi CO₂

A = Kostanta

PP = Populasi Penduduk

KE = Konsumsi Energi Terbarukan

PE = Pertumbuhan Ekonomi

Persamaan ini menunjukkan bahwa variabel Populasi Penduduk (PP) berpengaruh positif terhadap pelepasan emisi CO₂. Setiap peningkatan 1 jiwa populasi penduduk akan meningkatkan emisi CO₂ sebesar 4.700 MtCO₂, dengan asumsi variabel lain tetap. Sebaliknya, konsumsi energi terbarukan (KE) memiliki hubungan negatif dengan emisi CO₂, di

mana setiap peningkatan 1% konsumsi energi terbarukan akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 13.179 MKgCO₂. Hal ini mencerminkan peran energi terbarukan dalam menekan emisi karbon. Selanjutnya, pertumbuhan ekonomi (PE) menunjukkan pengaruh positif terhadap emisi CO₂, di mana setiap peningkatan 1% pertumbuhan ekonomi berpotensi meningkatkan emisi CO₂ sebesar 8.023 MKgCO₂. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa peningkatan aktivitas ekonomi dan populasi penduduk cenderung meningkatkan emisi CO₂, sedangkan penggunaan energi terbarukan berkontribusi dalam mengurangi emisi.

4. Hasil Analisis Data Panel *Fixed Effect Model*

Tabel 4. Hasil Uji t

Variabel	Koefisien	t-Statistik	Probabilitas
Kostanta	-66.64953	-6.872319	0.0000
PE	+ 0.008024	1.800986	0.0809
KE	- 0.013177	-2.306579	0.0275
PP	+ 4.777195	8.830494	0.0000
<i>F- statistic</i>			0.0000
<i>Adjusted R-Squared</i>			0,9929

Sumber: E-Views, 2025 (Data Diolah)

Variabel pertumbuhan ekonomi (PE) memiliki koefisien sebesar 0.008023 dan probabilitas 0,0809. Nilai ini menunjukkan bahwa PE berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ akan tetapi tidak signifikan. Sementara itu, konsumsi energi terbarukan (KE) memiliki koefisien negatif sebesar -0,013179 dan probabilitas 0,0275. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun KE berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂ namun memiliki pengaruh signifikan secara statistik. Variabel Populasi Penduduk (PP) memiliki koefisien sebesar 4.777161 nilai probabilitas 0,0000, ini mengindikasikan

bahwa populasi penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap pelepasan emisi CO₂.

5. Uji F Statistik

Dari hasil analisis dengan menggunakan E-Views diketahui nilai Prob (*F-statistic*) 0.000000 lebih kecil dari 0,05 yang berarti Pertumbuhan ekonomi, Konsumsi Energi Terbarukan, dan Populasi penduduk secara bersama-sama mempengaruhi pelepasan emisi CO₂ di keempat negara di kawasan ASEAN tersebut.

6. Uji Koefisien Determinasi (R²)

Berdasarkan hasil analisis regresi, nilai *Adjusted R-squared* sebesar 0,992185 menunjukkan bahwa sebesar 99,29 % variasi dalam emisi CO₂ dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen yang digunakan dalam model, yaitu populasi penduduk, konsumsi energi terbarukan, dan pertumbuhan ekonomi. Ini berarti bahwa model memiliki kemampuan penjelasan yang sangat tinggi terhadap perubahan emisi CO₂. Dengan demikian, model regresi ini dapat dianggap sangat kuat dan layak digunakan untuk memahami serta merumuskan kebijakan yang berkaitan dengan pengendalian emisi karbon.

7. Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi CO₂

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif namun tidak signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini perlu dianalisis dengan membandingkannya dengan fenomena empiris dan hasil penelitian dalam lima tahun terakhir di kawasan Association of Southeast Asian Nations, yang pada

umumnya masih menunjukkan adanya keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi dan peningkatan emisi karbon, meskipun hubungan tersebut mulai melemah akibat perubahan struktur energi dan kebijakan lingkungan. Secara teoritis, peningkatan produk domestik bruto (PDB) mencerminkan meningkatnya aktivitas produksi, konsumsi energi, dan mobilitas transportasi yang pada negara berkembang masih didominasi oleh energi fosil, sehingga berpotensi meningkatkan emisi CO₂. Hubungan ini sejalan dengan teori Environmental Kuznets Curve yang menjelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, pertumbuhan ekonomi cenderung diikuti oleh peningkatan degradasi lingkungan sebelum mencapai titik balik pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi.

Penelitian dalam lima tahun terakhir masih menemukan adanya hubungan positif antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon di negara berkembang Asia, termasuk ASEAN. Penelitian oleh Shahbaz et al., (2021) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di negara-negara Asia tetap menjadi faktor utama peningkatan emisi CO₂ karena tingginya ketergantungan pada energi fosil. Selanjutnya, penelitian oleh Usman et al., (2021) menemukan bahwa peningkatan PDB di negara berkembang berhubungan erat dengan konsumsi energi dan emisi karbon, terutama pada negara dengan tingkat industrialisasi yang masih berkembang. Studi terbaru oleh Anton et al., (2023) juga menunjukkan bahwa di kawasan Asia Tenggara, pertumbuhan ekonomi masih berkontribusi terhadap peningkatan emisi, tetapi pengaruhnya

mulai berkurang karena adanya kebijakan efisiensi energi dan pengembangan energi terbarukan.

Secara empiris dalam lima tahun terakhir, hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ di negara ASEAN mengalami dinamika yang berbeda dibanding periode sebelumnya. Pada tahun 2020 terjadi kontraksi ekonomi akibat pandemi COVID-19 yang menurunkan aktivitas industri, transportasi, dan konsumsi energi di hampir seluruh negara ASEAN, termasuk Indonesia, Vietnam, dan Filipina, sehingga emisi CO₂ juga menurun. Namun pada periode pemulihan 2021–2024, pertumbuhan ekonomi kembali meningkat, tetapi tidak selalu diikuti oleh peningkatan emisi secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh mulai diterapkannya kebijakan transisi energi, peningkatan efisiensi energi, serta perubahan struktur ekonomi menuju sektor jasa dan teknologi.

Sebagai contoh, Singapura mampu mempertahankan stabilitas emisi meskipun pertumbuhan ekonominya pulih dengan cepat karena didukung oleh kebijakan pajak karbon dan penggunaan energi yang lebih efisien. Sementara itu, Indonesia dan Vietnam masih mengalami peningkatan emisi, tetapi laju kenaikannya lebih rendah dibandingkan periode sebelum 2020 karena mulai adanya investasi pada energi terbarukan dan komitmen pengurangan emisi. Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam lima tahun terakhir, pertumbuhan ekonomi di kawasan ASEAN tetap memiliki arah hubungan positif terhadap emisi CO₂, tetapi pengaruhnya menjadi tidak signifikan secara statistik karena adanya fase transisi menuju pertumbuhan ekonomi yang lebih rendah karbon.

Dengan demikian, hasil penelitian ini berbeda dengan sebagian besar penelitian sebelumnya yang menemukan pengaruh signifikan, karena periode pengamatan dalam lima tahun terakhir mencerminkan perubahan struktural di kawasan ASEAN. Pertumbuhan ekonomi tidak lagi sepenuhnya diikuti oleh peningkatan emisi secara proporsional, melainkan mulai dipengaruhi oleh kebijakan dekarbonisasi, efisiensi energi, dan pergeseran struktur ekonomi, sehingga hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ menjadi lebih lemah secara statistik.

8. Pengaruh Konsumsi Energi Terbarukan Terhadap Emisi CO₂

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa konsumsi energi terbarukan berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂ perlu dibandingkan secara lebih kuat dengan literatur sebelumnya di kawasan Association of Southeast Asian Nations. Sejumlah studi seperti Bakhri (2017), Arista & Amar (2019) menemukan bahwa konsumsi energi di ASEAN masih didominasi energi fosil sehingga berdampak signifikan terhadap peningkatan emisi. Sandu et al., (2019) juga menegaskan bahwa pertumbuhan emisi di ASEAN-5 sangat dipengaruhi oleh ketergantungan pada batu bara dan minyak. Namun, Danish et al., (2017) menunjukkan bahwa peningkatan energi terbarukan di negara emerging economies mampu menurunkan emisi dalam jangka panjang. Dengan demikian, temuan penelitian ini yang menunjukkan pengaruh negatif signifikan sejalan dengan literatur internasional, tetapi memberikan pembaruan empiris dalam konteks ASEAN periode terbaru,

khususnya pasca-2014 ketika agenda transisi energi mulai diperkuat.

Perbedaan struktur energi antarnegara ASEAN menjadi faktor penting dalam menjelaskan variasi dampak tersebut. Indonesia dan Vietnam masih memiliki bauran energi yang sangat bergantung pada batu bara untuk pembangkit listrik, sehingga tambahan energi terbarukan belum sepenuhnya menggantikan energi fosil (substitusi belum optimal). Filipina relatif lebih maju dalam pemanfaatan panas bumi dan hidro, tetapi kapasitasnya belum berkembang secara agresif untuk mengimbangi pertumbuhan permintaan energi. Sementara itu, Singapura memiliki keterbatasan sumber daya alam, namun mengandalkan gas alam, efisiensi energi, dan inovasi teknologi rendah karbon sehingga intensitas emisinya lebih terkendali. Heterogenitas struktur energi ini menjelaskan mengapa secara agregat energi terbarukan signifikan menekan emisi, tetapi besarnya dampak berbeda di masing-masing negara.

9. Pengaruh Populasi Penduduk Terhadap Emisi CO₂

Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap pelepasan emisi CO₂. Koefisien sebesar 4,7077 MtCO₂ mengindikasikan bahwa setiap kenaikan 1 jiwa penduduk berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sari & Karimi, (2023) yang menyatakan bahwa pertumbuhan populasi mendorong peningkatan degradasi lingkungan akibat meningkatnya konsumsi energi, kebutuhan transportasi, serta aktivitas produksi yang menghasilkan emisi.

Secara empiris, perbandingan data periode 2014–2023 menunjukkan bahwa negara dengan populasi lebih besar cenderung memiliki tingkat emisi CO₂ yang lebih tinggi. Indonesia, dengan jumlah penduduk terbesar di kawasan, juga mencatat tingkat emisi tertinggi. Pola serupa terlihat di Filipina dan Vietnam, di mana peningkatan jumlah penduduk diikuti oleh peningkatan kebutuhan energi dan aktivitas ekonomi yang berdampak pada kenaikan emisi. Sebaliknya, Singapura yang memiliki populasi relatif kecil menunjukkan tingkat emisi yang lebih rendah, meskipun aktivitas ekonominya maju dan intensif.

Temuan ini mendukung pandangan Thomas Robert Malthus yang menekankan bahwa pertumbuhan penduduk yang lebih cepat dibandingkan kapasitas sumber daya akan meningkatkan tekanan terhadap lingkungan. Dalam konteks modern, peningkatan populasi memperluas permintaan energi dan barang konsumsi yang sebagian besar masih dipenuhi oleh energi fosil, sehingga memperbesar emisi karbon. Oleh karena itu, kebijakan pengendalian emisi perlu mempertimbangkan dinamika demografis, peningkatan efisiensi energi, serta percepatan transisi menuju energi terbarukan guna mengimbangi kebutuhan populasi yang terus bertambah dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan bahwa populasi penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂, kebijakan pengendalian emisi perlu disesuaikan dengan karakteristik masing-masing negara. Sejalan dengan pandangan

Thomas Robert Malthus mengenai keterbatasan daya dukung lingkungan, Indonesia sebagai negara dengan populasi terbesar menghadapi tantangan tingginya kebutuhan energi dan transportasi yang masih didominasi batu bara, sehingga percepatan transisi energi terbarukan, pengembangan transportasi massal, dan penguatan program keluarga berencana menjadi krusial. Vietnam yang mengalami pertumbuhan industri pesat perlu menyeimbangkan ekspansi manufaktur dengan peningkatan efisiensi energi dan investasi pada pembangkit energi bersih agar lonjakan kebutuhan energi akibat pertumbuhan penduduk tidak sepenuhnya berbasis fosil. Filipina dengan karakteristik kepulauan dan pertumbuhan penduduk yang stabil perlu mendorong pengembangan energi terbarukan berbasis surya dan panas bumi yang potensial secara geografis, sekaligus memperkuat ketahanan energi domestik. Sementara itu, Singapura meskipun berpenduduk relatif kecil, memiliki kepadatan tinggi dan aktivitas ekonomi intensif, sehingga kebijakan efisiensi energi, pajak karbon, serta inovasi teknologi rendah karbon perlu terus diperkuat untuk menjaga stabilitas emisi. Dengan pendekatan kebijakan yang kontekstual di setiap negara, pertumbuhan populasi dapat dikelola tanpa memperburuk tekanan terhadap lingkungan dan tetap mendukung pembangunan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Anton, S. G., Onofrei, M., Shahzad, S. J. H., & Falk, M. T. (2023). Editorial: Climate risk, ESG integration and economic growth. *Frontiers in Environmental Science*, 11(March), 1–2.

- <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1167894>
- Arista, T. R., & Amar, S. (2019). Analisis Kausalitas Emisi Co₂, Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Dan Modal Manusia Di Asean. *Jurnal Kajian Ekonomi Dan Pembangunan*, 1(2), 519. <https://doi.org/10.24036/jkep.v1i2.62>
- Bakhri, M. S. (2017). *KONSUMSI ENERGI , PERTUMBUHAN EKONOMI , GLOBALISASI DAN EMISI CO₂ : STUDI KASUS ASEAN-5*.
- Danish, 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*, 156, 855–864. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.203>
- Evitasari, N., & Komarulzaman, A. (2023). Pengaruh Pendanaan Iklim terhadap Penurunan Emisi Karbon melalui Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 23(2), 183–194. <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.12>
- Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., De-Gol, A. J., Willis, D. R., Shan, Y., Canadell, J. G., Friedlingstein, P., Creutzig, F., & Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*, 10(7), 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- Maji, I. K., Sulaiman, C., & Abdul-Rahim, A. S. (2019). Renewable energy consumption and economic growth nexus: A fresh evidence from West Africa. *Energy Reports*, 5, 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.005>
- Nguyen, M. P., Ponomarenko, T., & Nguyen, N. (2024). Energy Transition in Vietnam: A Strategic Analysis and Forecast. *Sustainability (Switzerland)*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/su16051969>
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Paramati, S. R., Alam, M. S., & Chen, C. F. (2017). The Effects of Tourism on Economic Growth and CO₂ Emissions: A Comparison between Developed and Developing Economies. *Journal of Travel Research*, 56(6), 712–724. <https://doi.org/10.1177/0047287516667848>
- Sandu, S., Yang, M., Mahlia, T. M. I., Wongsapai, W., Ong, H. C., Putra, N., & Rahman, S. M. A. (2019). Energy-Related CO₂ Emissions Growth in ASEAN Countries: Trends, Drivers and Policy Implications. *MDPI Journal*, 12, 1–15.
- Sari, I., & Karimi, K. (2023). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk Dan Konsumsi Energi Terhadap Degradasi Lingkungan Di Indonesia. *Jurnal Economic*

- Development*, 5(2), 146–156.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., & Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576–585. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.017>
- Shahbaz, M., Sharma, R., Sinha, A., & Jiao, Z. (2021). Analyzing nonlinear impact of economic growth drivers on CO2 emissions: Designing an SDG framework for India. *Energy Policy*, 148(103428). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111965>
- Usman, A., Ozturk, I., Hassan, A., Maria Zafar, S., & Ullah, S. (2021). The effect of ICT on energy consumption and economic growth in South Asian economies: An empirical analysis. *Telematics and Informatics*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101537>