Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

Analisis Pengaruh GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan Foreign Direct Investment Terhadap Emisi CO_2 di ASEAN

Ismet Adam*, Amin Pujiati

Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Ekonomi Pembangunan, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran, Kec. Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229
Email: [1,*]ismetadam10@students.unnes.ac.id, [2]amin.pujiati@mail.unnes.ac.id
Email Penulis Korespondensi: ismetadam10@students.unnes.ac.id
Submitted: **03/06/2025**; Accepted: **14/06/2025**; Published: **15/06/2025**

Abstrak−Peningkatan emisi CO_2 adalah penyebab peningkatan suhu dan perubahan iklim di seluruh dunia dalam satu dekade terakhir. Penelitian ini menggunakan analisis data panel untuk menganalisis hubungan antara GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment* terhadap peningkatan emisi CO_2 di lima negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, dan Filipina) pada tahun 2013–2023. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dari sumber data World Bank. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan metode estimasi yang digunakan adalah regresi data panel dengan metode analisis Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel PDB, Urbanisasi, dan Industrialisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO_2 dalam jangka panjang. Sedangkan, variabel *Foreign Direct Investment* berpengaruh negatif dan signifikan terhadap CO_2 dalam jangka panjang. Nilai koefisien determinan terkoreksi (Adjusted R2) dalam metode penelitian ini sebesar 0.871265 atau setara dengan 87,12% variabel Independen yang terdiri dari GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment* mampu menjelaskan variabel Emisi CO_2 di lima negara ASEAN. Sedangkan, sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dijelaskan dalam penelitian ini.

Kata Kunci: Emisi CO_2; GDP; Urbanisasi; Industrialisasi; *Foreign Direct Investment*

Abstract−Increased CO_2 emissions are the cause of rising temperatures and climate change around the world in the last decade. This study uses panel data analysis to examine the relationship between GDP, urbanization, industrialization, and foreign direct investment on CO_2 emissions in five ASEAN countries (Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, and the Philippines) from 2013 to 2023. The data collection technique in this study uses secondary data from the World Bank. This study employs quantitative methods, with the estimation method being panel data regression using the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) analysis method. The results indicate that the variables GDP, urbanization, and industrialization have a positive and significant impact on CO_2 emissions in the long term. Meanwhile, the variable foreign direct investment has a negative and significant impact on CO_2 emissions in the long term. The adjusted coefficient of determination (Adjusted R2) in this research method is 0.871265, equivalent to 87.12% of the independent variables consisting of GDP, Urbanization, Industrialization, and Foreign Direct Investment, which can explain CO_2 emissions in the five ASEAN countries. The remaining portion is explained by other variables not addressed in this study.

Keywords: CO2 Emission; GDP; Urbanization; Industrialization; Foreign Direct Investment

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan isu lingkungan utama yang berhubungan dengan peningkatan suhu ratarata bumi akibat emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (Magazzino et al., 2022). Efek dari pemanasan global meliputi degradasi lingkungan, kekeringan, kenaikan permukaan air laut, kebakaran hutan, dan perubahan iklim. Proses pembangunan yang mengabaikan aspek lingkungan menyebabkan degradasi lingkungan yang signifikan, terutama di negara berkembang (Saliminezhad et al., 2022). Kegiatan ekonomi yang tidak bertanggung jawab merusak lingkungan dan menghasilkan emisi gas rumah kaca. Osobajo et al. (2020) menyatakan bahwa emisi gas karbon dioksida merupakan faktor utama yang menyebabkan perubahan iklim. Perubahan iklim menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Secara keseluruhan, perubahan iklim akan memengaruhi aktivitas ekonomi, terutama bagi sektor-sektor yang bergantung pada iklim. Ini mendukung pernyataan Bhattacharya et al. (2021), perubahan iklim berdampak secara luas terhadap stabilitas ekonomi jangka panjang.

Tabel 1. Total Emisi CO*2* di 7 Kawasan Dunia Tahun 2011-2021 (Juta Ton)

Kawasan	2011	2021
Africa	1468.7	1705.1
Asia Pasific	16663.6	19978.7
Middle East	2298.2	2737.5
CIS	2713.9	2912.2
Europe	4800.6	3990.2
S. & Cent. America	1532.8	1445.6
North America	6825.2	6207.2

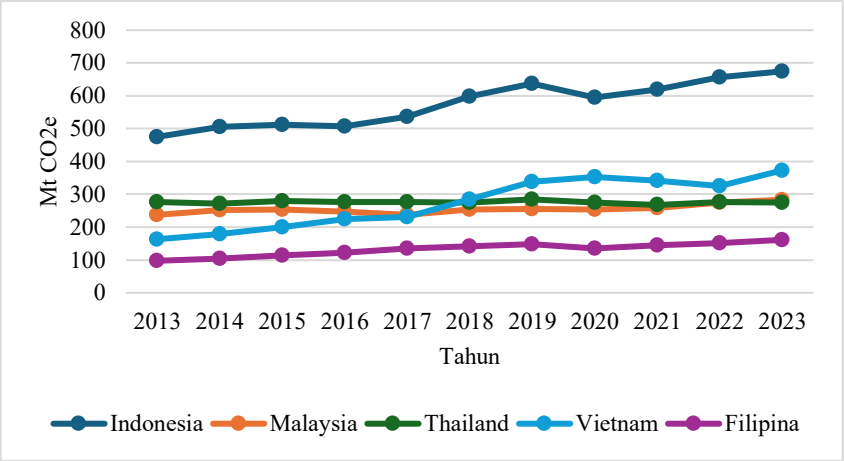
Sumber : BP Statistical Review of World Energy, 2022

Berdasarkan Tabel 1 yang menunjukkan total emisi karbon yang dihasilkan oleh 7 kawasan di dunia tahun 2011 dan 2021. Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa kawasan Asia Pasifik menjadi penyumbang emisi karbon terbesar di dunia. Pada tahun 2011, Asia Pasifik menghasilkan 16.663,6 juta ton CO_2, dan meningkat menjadi 19.978,7 juta ton CO_2

Copyright © 2025 the author, Page 557
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

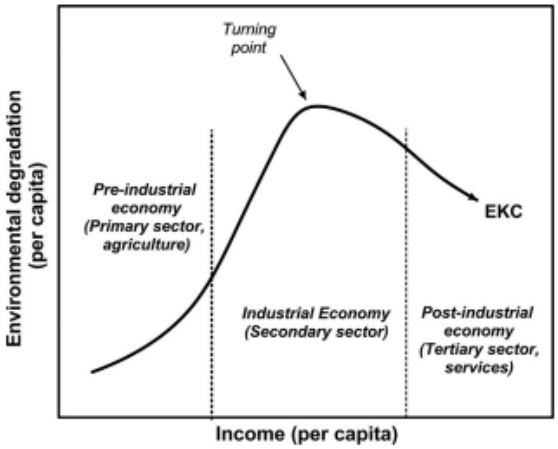
Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

pada 2021, yang berarti terjadi kenaikan sebesar 3.315,1 juta ton atau sekitar 19,9%. Kenaikan ini mencerminkan pertumbuhan pesat ekonomi dan industrialisasi di negara-negara Asia, salah satunya di ASEAN. Ini perlu dikaji lebih lanjut karena dampak dari emisi CO_2 sangat besar.



Gambar 1. Emisi CO_2 di Negara ASEAN pada tahun 2013-2023
Sumber: World Bank, 2025

Berdasarkan grafik data pada Gambar 1, Indonesia memiliki rata-rata emisi CO_2 tertinggi yaitu sekitar 596,6 juta ton per tahun. Ini menegaskan posisi Indonesia sebagai penyumbang utama emisi gas rumah kaca di kawasan ASEAN, didorong oleh sektor energi, transportasi, industri, dan penggunaan lahan. Thailand dan Malaysia menempati posisi kedua dan ketiga, dengan rata-rata emisi masing-masing sekitar 271,2 Mt CO_2e dan 263,3 Mt CO_2e. Meskipun Thailand menunjukkan tren yang stabil, rata-rata tahunannya tetap tinggi karena level awalnya sudah besar. Malaysia sedikit lebih rendah dan menunjukkan peningkatan moderat dalam dekade tersebut. Vietnam memiliki rata-rata 260,4 Mt CO_2e, hampir setara dengan Malaysia dan Thailand, namun dengan tren kenaikan tajam dalam beberapa tahun terakhir yang berkontribusi semakin besar terhadap total regional seiring waktu. Filipina mencatat rata-rata emisi paling rendah, yaitu 127,6 Mt CO_2e per tahun. Meskipun mengalami kenaikan signifikan secara persentase, angka absolutnya tetap jauh di bawah negara-negara lainnya dalam grafik.



Gambar 2. *Envoronmental Kuznets Curve* (EKC)

Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) membagi hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan menjadi tiga tahap utama: pra-industri, industri, dan pasca-industri. Pada tahap pra-industri, perekonomian negara-negara didominasi oleh sektor agraris dengan teknologi sederhana dan pendapatan per kapita yang rendah. Pada fase ini, aktivitas industri dan urbanisasi masih terbatas sehingga konsumsi energi dan emisi polusi relatif rendah, serta lingkungan cenderung masih alami dan minim pencemaran. Memasuki tahap industri, ekonomi mulai beralih ke sektor manufaktur dan industri. Pendapatan per kapita meningkat signifikan, diiringi urbanisasi dan pembangunan infrastruktur yang masif. Konsumsi energi fosil seperti batu bara, minyak, dan gas melonjak untuk mendukung pertumbuhan industri. Akibatnya, emisi polutan seperti CO_2 dan SO_2 meningkat tajam, menyebabkan puncak kerusakan lingkungan. Pada fase ini, pertumbuhan ekonomi sering kali menjadi prioritas utama, sementara regulasi lingkungan masih lemah sehingga degradasi lingkungan mencapai titik tertinggi. Contoh nyata dapat dilihat pada Indonesia dan Vietnam, di mana industrialisasi yang pesat selama dua dekade terakhir menyebabkan lonjakan emisi karbon dioksida. Pada tahap pasca-industri, ekonomi bertransformasi ke sektor jasa dan teknologi tinggi. Pendapatan per kapita sangat tinggi, dan kesadaran

Copyright © 2025 the author, Page 558
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

lingkungan di masyarakat serta pemerintah meningkat. Investasi dalam teknologi bersih dan energi terbarukan mulai mendominasi, dan kebijakan lingkungan menjadi lebih ketat. Pada fase ini, kualitas lingkungan mulai membaik karena pertumbuhan ekonomi didukung oleh inovasi teknologi, efisiensi energi, dan penerapan regulasi lingkungan yang efektif. Negara seperti Malaysia dan Thailand mulai menunjukkan pola ini, di mana pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan mulai diiringi stabilisasi atau bahkan penurunan emisi karbon.

Grafik EKC berbentuk kurva "U" terbalik, yang menunjukkan bahwa pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, emisi CO_2 meningkat seiring dengan peningkatan PDB per kapita. Namun, setelah mencapai titik balik tertentu, emisi CO_2 mulai menurun meskipun PDB terus meningkat. Penelitian Musyarof & Qomari (2023) menggunakan data panel dari sepuluh negara ASEAN antara tahun 2000 hingga 2019 menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi masih sejalan dengan peningkatan emisi CO_2. Analisis regresi menghasilkan koefisien regresi positif, menunjukkan bahwa negara-negara ASEAN belum mencapai titik balik dalam hipotesis EKC. Studi ini menyimpulkan bahwa upaya transformasi menuju ekonomi hijau belum memberikan hasil yang nyata, dan diperlukan komitmen yang lebih kuat yang mencakup semua sektor ekonomi. Studi oleh Ponce & Manlangit (2023) menganalisis data panel negara-negara ASEAN dari 1960–2021 dan menemukan bukti kuat mendukung hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Titik balik emisi CO_2 terjadi pada PDB per kapita sekitar USD 4.808,85, setelah itu emisi mulai menurun seiring pertumbuhan ekonomi. Studi ini menekankan pentingnya pengurangan bahan bakar fosil dan koordinasi strategis antar negara ASEAN untuk mitigasi emisi.

Pertumbuhan ekonomi yang diukur melalui Produk Domestik Bruto (PDB) merupakan indikator utama dalam menilai kemajuan suatu negara. Di kawasan ASEAN, pertumbuhan ekonomi yang pesat terutama setelah pandemi COVID-19 turut mendorong peningkatan emisi karbon dioksida (CO_2). Hal ini terjadi karena aktivitas ekonomi yang berkembang mendorong peningkatan konsumsi energi, khususnya energi berbasis fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam. Dalam konteks ini, teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menjelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan, pertumbuhan ekonomi cenderung meningkatkan emisi CO_2. Namun, setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu (*turning point*), emisi akan mulai menurun seiring dengan meningkatnya kesadaran lingkungan dan penerapan teknologi bersih. Peningkatan aktivitas ekonomi, perdagangan internasional, dan penggunaan bahan bakar fosil merupakan penyebab utama dari pemanasan global dan perubahan iklim (Pujiati, Nihayah, et al., 2023).

Urbanisasi berperan signifikan dalam peningkatan emisi CO_2 di negara-negara ASEAN. Proses urbanisasi yang masif menyebabkan pertumbuhan populasi di wilayah perkotaan yang disertai dengan peningkatan kebutuhan transportasi, infrastruktur, dan konsumsi energi, sehingga berdampak langsung pada naiknya emisi karbon. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi dapat meningkatkan emisi CO_2 di negara-negara berkembang karena semakin banyak orang tertarik pindah ke daerah perkotaan akibat pembangunan (Pujiati, Nihayah, et al., 2023). Teori modernisasi ekologi dan fungsi Cobb-Douglas digunakan untuk menjelaskan hubungan ini. Teori tersebut menyatakan bahwa urbanisasi pada tahap awal meningkatkan emisi, namun pada tingkat urbanisasi yang lebih tinggi, penerapan teknologi efisien dan kebijakan lingkungan yang lebih ketat dapat mengurangi emisi, membentuk pola hubungan U terbalik serupa dengan EKC.

Industrialisasi merupakan faktor kunci lainnya yang mendorong emisi CO_2, terutama di negara-negara seperti Vietnam dan Indonesia yang sektor industrinya menyumbang porsi besar terhadap PDB. Aktivitas industri, seperti manufaktur dan energi, sangat bergantung pada pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi dalam jumlah besar. Dalam hal ini, teori eksternalitas menjelaskan bahwa dampak negatif dari aktivitas industri terhadap lingkungan seperti pencemaran udara dan perubahan iklim tidak tercermin dalam biaya produksi. Akibatnya, pasar gagal menginternalisasi biaya sosial dari polusi, sehingga muncul inefisiensi. Oleh karena itu, dibutuhkan kebijakan seperti pajak karbon atau insentif bagi teknologi ramah lingkungan untuk mengoreksi eksternalitas tersebut.

Sementara itu, *Foreign Direct Investment* (FDI) memiliki pengaruh yang kompleks terhadap emisi CO_2. Di satu sisi, sesuai dengan *Pollution Haven Hypothesis*, FDI dapat meningkatkan emisi karena perusahaan asing memindahkan industri berpolusi tinggi ke negara dengan regulasi lingkungan yang longgar. Ini terlihat di beberapa negara ASEAN yang menerima arus FDI besar untuk sektor industri intensif energi. Namun, di sisi lain, *Pollution Halo Hypothesis* menyatakan bahwa FDI justru dapat menurunkan emisi apabila membawa teknologi bersih dan praktik manajemen lingkungan yang baik. Oleh karena itu, dampak FDI terhadap emisi sangat bergantung pada sektor yang dimasuki, regulasi lingkungan yang berlaku, serta tingkat adopsi teknologi hijau di negara penerima investasi. Dengan demikian, keempat variabel tersebut yaitu PDB, urbanisasi, industrialisasi, dan FDI memiliki hubungan erat dengan emisi karbon di ASEAN, dan masing-masing dipengaruhi oleh tahapan pembangunan serta kebijakan lingkungan yang diterapkan di negara-negara tersebut.

Keterbatasan dalam penelitian sebelumnya terlihat pada studi Subekti (2024) yang meneliti pengaruh pertumbuhan ekonomi, *foreign direct investment* (FDI), dan luas kawasan hutan terhadap emisi gas rumah kaca CO_2 di lima negara ASEAN selama periode 1990–2020. Studi tersebut menggunakan variabel seperti GDP per kapita, FDI, dan luas kawasan hutan sebagai representasi pembangunan dan lingkungan. Penelitian ini mengisi keterbatasan tersebut dengan mengganti variabel lingkungan menjadi urbanisasi dan industrialisasi yang dinilai lebih relevan dalam mencerminkan dinamika pembangunan modern. Dari sisi metodologi, penelitian ini menerapkan pendekatan FMOLS untuk estimasi hubungan jangka panjang lintas negara, yang berbeda dari pendekatan PVECM yang digunakan oleh Subekti. Selain itu, periode analisis yang digunakan lebih terbaru mencakup tahun 2013–2023. Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti efek jangka panjang dari pengaruh antara GDP, urbanisasi, industrialisasi, dan FDI terhadap emisi CO_2.

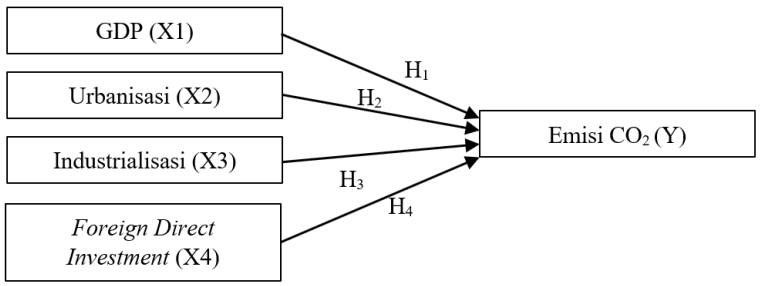
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

2.METODE PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment* terhadap Emisi CO_2 di lima negara ASEAN. Data yang digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari World Bank Data. Data yang digunakan yaitu data panel. Data yang digunakan yaitu tahun 2013-2023 untuk data Emisi CO_2 sebagai variabel dependen dan data GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment* sebagai variabel independen. Lokasi penelitian yaitu 5 negara dengan emisi CO2 tertinggi di ASEAN menurut data European Commissions, antara lain Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, dan Filipina. Alat analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Eviews 12. Metode analisis regresi yang digunakan dalam analisis ini yaitu *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS*). Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) dikembangkan oleh Phillips dan Moon tahun 1999 serta Pedroni tahun 2000 merupakan estimator yang dirancang untuk panel kointegrasi heterogen. FMOLS mengoreksi bias akibat endogenitas dan autokorelasi menggunakan koreksi *non*-parametrik guna menghasilkan estimasi koefisien yang tak bias dan dapat dilakukan inferensi statistik dengan distribusi normal. Perumusan model yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sachan et al. (2024) menganalisis pengaruh g*overnance indicators, trade openness*, industrialisasi, pertumbuhan penduduk terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara BRICS.



Gambar 3. Kerangka Penelitian

Berdasarkan model penelitian, dapat disusun hipotesis sebagai berikut:
H_1: Pengaruh antara GDP terhadap Emisi CO_2
H_2: Pengaruh antara Urbanisasi terhadap Emisi CO_2
H_3: Pengaruh antara Industrialisasi terhadap Emisi CO_2
H_4: Pengaruh antara *Foreign Direct Investment* terhadap Emisi CO_2

Tabel 2. Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional
Emisi CO_2 (EMISI)	Jumlah total emisi CO_2 (metric tons of CO_2 equivalent) per tahun yang diambil dari data World Bank.
Produk Domestik Bruto (GDP)	GDP dalam satuan *constant local currency units*, diperoleh dari World Bank.
Urbanisasi (URB)	Persentase atau jumlah penduduk yang tinggal di kawasan urban tiap tahun. Data dari World Bank.
Industrialisasi (IND)	Diukur dari kontribusi sektor industri terhadap PDB (% of GDP), diambil dari World Bank.
Foreign Direct Investment (FDI)	FDI *net inflows* sebagai persentase dari GDP (% of GDP), berdasarkan data World Bank.

Berikut persamaan regresi dalam penelitian ini:

$$EMISI_{it}=\beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 URB_{it} + \beta_3 IND_{it} + \beta_4 FDI_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Penelitian ini memanfaatkan variabel EMISI sebagai variabel dependen yang merepresentasikan total emisi karbon dioksida (CO_2), diukur dalam satuan Mt CO_2e. Variabel independen yang digunakan mencakup beberapa indikator utama yang relevan dengan dinamika emisi karbon. Pertama, GDP (*Gross Domestic Product*) atau Produk Domestik Bruto dalam satuan konstan *Local Currency Unit* (LCU) digunakan untuk mengukur tingkat pertumbuhan ekonomi suatu negara. Kedua, URB yang menunjukkan tingkat urbanisasi, dihitung berdasarkan jumlah penduduk perkotaan dalam ribuan jiwa, yang mencerminkan tekanan urbanisasi terhadap lingkungan. Ketiga, IND atau industrialisasi diukur melalui kontribusi sektor industri terhadap produk domestik bruto (% of GDP), sebagai indikator intensitas kegiatan industri yang berpotensi meningkatkan emisi. Keempat, FDI (*Foreign Direct Investment*), yang diukur berdasarkan arus masuk

Copyright © 2025 the author, Page 560
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

investasi asing langsung bersih (*net inflows*) sebagai persentase dari PDB (% of GDP), mencerminkan keterbukaan ekonomi terhadap investasi luar negeri yang dapat berpengaruh terhadap tingkat emisi baik secara positif maupun negatif. Model empiris dalam penelitian ini diformulasikan dalam bentuk regresi yang mencakup konstanta (β_0), koefisien regresi masing-masing variabel independen (β_1, β_2, β_3, β_4), serta komponen error term (u_{it}) yang memperhitungkan pengaruh heterogenitas individu (negara ke-i) dan dimensi temporal (tahun ke-t) yang tidak dapat diamati secara langsung. Persamaan tersebut ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma untuk memperoleh persamaan yang linier. Setelah diubah dalam bentuk log maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\log EMISI_{it} = \beta_0 + \beta_1 \log GDP_{it} + \beta_2 \log URB_{it} + \beta_3 IND_{it} + \beta_4 FDI_{it} + u_{it} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Teknik Analisis

3.1.1 Uji Pemilihan Model

Pengujian model estimasi pada data panel dilakukan untuk memilih model estimasi yang paling sesuai dan efisien dari tiga opsi yang ada. Uji model estimasi dapat dilakukan dengan berbagai metode untuk menemukan model yang paling tepat. Terdapat dua uji yangdapat dilakukan untuk pemilihan model estimasi, yaitu uji Chowdan uji Hausman.

a. Uji Chow

Uji Chow merupakan uji yang digunakan dalam menentukan model terbaik yang digunakan antara model Common Effect atau Model Fixed Effect. Hipotesis yang digunakan pada uji ini yaitu:
H0 : Model Common Effect
H1 : Model Fixed Effect
Ketentuan dalam pengambilan keputusan terhadap hipotesis sebagai berikut:
1.Jika nilai probabilitas cross-section F < 0,05, maka H0 ditolak dan H1 diterima.
2.Jika nilai probabilitas cross-section F > 0,05, maka H0 diterima dan H1 ditolak.

Tabel 3. Hasil Uji Chow

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	120.083338	(4,46)	0.0000
Cross-section Chi-square	134.051135	4	0.0000

Pada Tabel 3 pengujian dengan menggunakan uji Chow, maka diketahui nilai probabilitas Cross-section F sebesar 0,0000 lebih kecil dari α < (0,05) sehingga H1 diterima. Maka metode estimasi terbaik untuk melakukan uji regresi adalah model Fixed Effect.

b. Uji Hausman

Uji hausman merupakan uji yang digunakan dalam menentukan model terbaik yang digunakan antara model Fixed Effect atau model Random Effect. Hipotesis yang digunakan pada uji ini yaitu:
H0 : Model Random Effect
H1 : Model Fixed Effect
Ketentuan dalam pengambilan keputusan terhadap hipotesis sebagai berikut:
1.Jika nilai probabilitas chi square p-value < 0,05, maka H0 ditolak dan H1 diterima.
2.Jika nilai probabilitas chi square p-value > 0,05, maka H0 diterima dan H1 ditolak

Tabel 4. Hasil Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	480.333353	4	0.0000

Pada Tabel 4 hasil uji hausman, menunjukkan bahwa probabilitas Cross-section random sebesar 0,0000 lebih kecil dari α < (0,05) sehingga H1 diterima.
Kesimpulan pemilihan model dari uji Chow dan uji Hausman yaitu terpilih model Fixed Effect (FEM) untuk uji Asumsi Klasik.

3.1.2 Uji Asumsi Klasik

Dalam penelitian ini, dilakukan uji asumsi klasik untuk memastikan bahwa model regresi yang digunakan memenuhi kriteria estimator linear terbaik dan tidak bias. Tahapan pertama adalah uji normalitas, yang bertujuan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, hal ini penting untuk validitas uji statistik. Kedua, dilakukan uji multikolinearitas untuk mendeteksi adanya hubungan linear tinggi antar variabel independen, yang dapat menyebabkan distorsi dalam estimasi parameter. Selanjutnya, uji heteroskedastisitas digunakan untuk menguji apakah varians residual. Sedangkan, Menurut Basuki (2015), uji autokorelasi tidak diwajibkan pada data panel karena data panel memiliki karakteristik gabungan antara cross section dan time series. Autokorelasi pada umumnya terjadi pada data time series, di mana error

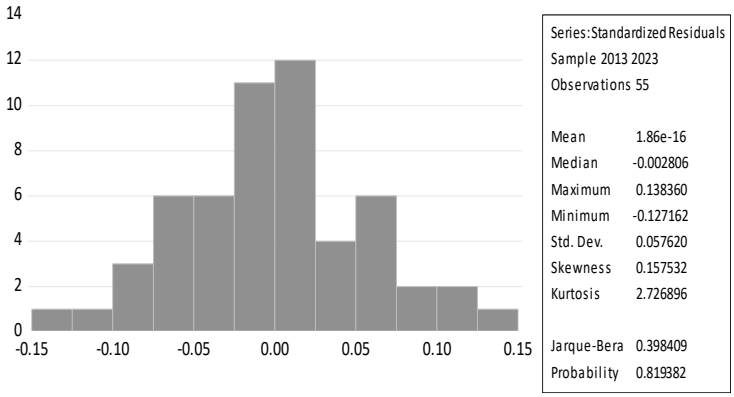
Copyright © 2025 the author, Page 561
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

pada suatu periode berkorelasi dengan error periode lain. Sedangkan pada data panel, meskipun ada unsur waktu, urutan data tidak bersifat tunggal dan tetap, sehingga uji autokorelasi tidak relevan.

3.1.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan salah satu tahapan dalam uji asumsi klasik yang memiliki fungsi untuk melihat atau mengkaji data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan normal ketika probabilitas Jarque-Bera lebih besar dari tingkat signifikan, signifikan yang digunakan dalam penelitian ini sebesar α=5%.



Gambar 4. Hasil Uji Normalitas

Pada Gambar 4 terdapat nilai probabilitas Jarque-bera sebesar 0,819328. Hasil tersebut menunjukan bahwa nilai probabilitas lebih dari 0,05 yang artinya data yang digunakan dalam peneltian ini berdistribusi normal.

3.1.2.2 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas digunakan untuk mengetahui adanya hubungan linear yang kuat antar variabel independen dalam model regresi, Penelitian ini menggunakan metode nilai korelasi antar variabel independen ≤ 0,85 sebagai indikator bebas multikolinearitas.

Tabel 5. Uji Multikolinearitas

	GDP (X1)	URB (X2)	IND (X3)	FDI (X4)
GDP (X1)	1.000	0.6723	0.3544	0.1911
URB (X2)	0.6723	1.000	0.2618	-0.3759
IND (X3)	0.3544	0.2618	1.000	0.1162
FDI (X4)	0.1911	-0.3759	0.1162	1.000

Koefisien korelasi X1 dan X2 sebesar 0,6723 < 0,85, X1 dan X3 sebesar 0,3544 < 0,85, X1 dan X4 sebesar 0,1911 <0,85, X2 dan X3 sebesar 0,2618 < 0,85, X2 dan X4 sebesar -0,3759 < 0,85, dan X3 dan X4 sebesar 0,1162. Maka, dapat disimpulkan bahwa nilai korelasi antar masing-masing variabel < 0,85 yang berarti terbebas dari multikolinearitas.

3.1.2.3 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas merupakan uji yang digunakan untuk mendeteksi adanya ketidaksamaan varians residual dari setiap pengamatan. Pada penelitian ini menggunakan uji Glejser untuk mendeteksi heteroskedastisitas. . Syarat agar uji heteroskedastisitas terpenuhi apabila nilai probabilitas lebih dari 0,05.

Tabel 6. Uji heteroskedastisitas

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	0.073187	0.100478	0.728389	0.4701
URB	-0.119577	0.191197	-0.625415	0.5348
IND	0.003473	0.003531	0.983753	0.3304
FDI	-0.006335	0.004863	-1.302681	0.1992

Hasil uji heteroskedastisitas pada Tabel 6 menunjukkan bahwa probabilitas seluruh variabel lebih dari 0,05 yang artinya uji heteroskedastisitas terpenuhi dan dapat dilakukan uji selanjutnya karena tidak ada masalah heteroskedastisitas.

3.1.3 Uji *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS)

Metode regresi *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) adalah metode estimasi yang dikembangkan oleh Phillips dan Hansen pada tahun 1990 untuk mengatasi masalah bias dan ketidakkonsistenan yang sering muncul pada estimasi regresi kointegrasi, terutama dalam data panel. FMOLS digunakan untuk memperkirakan hubungan jangka

Copyright © 2025 the author, Page 562
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

panjang antar variabel dengan mengoreksi efek endogenitas dan korelasi serial pada residual, sehingga menghasilkan estimator yang tidak bias dan efisien.

3.1.3.1 Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas menggunakan metode Levin-Lin-Chu (LLC) dilakukan untuk memastikan bahwa memastikan hasil regresi valid. Stasioneritas pada tingkat level sangat penting karena FMOLS data tersebut konstan sepanjang waktu, sehingga model regresi dapat langsung menggunakan data level tanpa risiko regresi palsu. Data dapat stasioner jika probabilitas lebih kecil dari nilai signifikansi α = 0,05. Berikut hasil uji stasioneritas pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 7. Uji Stasioneritas

Method Levin, Lin & Chu	Statistic	Prob.
GDP	-1.92452	0.0271
URB	-5.59414	0,0000
IND	-3.57188	0,0002
FDI	-3.97594	0,0000

Hasil uji stasioneritas menggunakan metode Levin, Lin & Chu menunjukkan bahwa variabel dalam penelitian ini stasioner karena nilai probabilitas seluruh variabel lebih kecil nilai signifikansi α = 0,05 dan stasioner pada tingkat level. Dengan demikian, data memenuhi syarat dasar untuk digunakan dalam analisis regresi jangka panjang metode FMOLS. Data stasioner pada tingkat level dengan risiko regresi palsu rendah dan hubungan jangka panjang terjamin, maka tidak perlu dilakukan uji kointegrasi.

3.1.3.2 Hasil Uji FMOLS

Analisis regresi pada penelitian ini digunakan untuk melihat pengaruh dari GDP, Urbanisasi, Industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment* terhadap Emisi CO2 di lima negara dengan emisi CO_2 tertinggi di ASEAN menurut data European Commissions, antara lain Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, dan Filipina dalam kurun waktu 2013-2023. Penelitian ini menggunakan analisis regresi *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS). Hasil estimasi metode *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS) pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Uji FMOLS

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	0.046205	0.010925	4.229500	0.0001
URB	0.058377	0.023684	2.464798	0.0175
IND	0.094058	0.008697	10.81476	0.0000
FDI	-0.108024	0.023089	-4.678668	0.0000
R-squared	0.879147			
Adjusted R-squared	0.871265			

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan hasil estimasi dari hasil regresi Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS), selain itu diperoleh juga nilai koefisien regresi setiap variabel penelitian yaitu sebagai berikut:
Penjelasan hasil estimasi persamaan pada tabel 6 sebagai berikut:

a. Variabel GDP memiliki nilai koefisien sebesar 0,046205 dengan nilai probabilitas 0,0001. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi α = 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan GDP sebesar 1% akan meningkatkan emisi CO_2 sebesar 0,046205% dengan asumsi *ceteris paribus*.
b. Variabel urbanisasi memiliki nilai koefisien sebesar 0,058377 dengan nilai probabilitas 0,0175. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari α = 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan urbanisasi sebesar 1% akan mendorong kenaikan emisi CO_2 sebesar 0,058377% dengan asumsi *ceteris paribus*.
c. Variabel industrialisasi menunjukkan nilai koefisien sebesar 0,094058 dengan probabilitas 0,0000. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi α = 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan aktivitas industri sebesar 1% akan meningkatkan emisi CO_2 sebesar 0,094058% dengan asumsi *ceteris paribus*.
d. Variabel *Foreign Direct Investment* (FDI) memiliki koefisien sebesar -0,108024 dengan nilai probabilitas 0,0000. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari α = 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan FDI sebesar 1% justru akan menurunkan emisi CO_2 sebesar 0,108024% dengan asumsi *ceteris paribus*.
e. Berdasarkan hasil estimasi metode *Fully Modified Ordinary Least Squares* (FMOLS), diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8791. Hal ini menunjukkan bahwa 87,91% variasi emisi CO_2 dapat dijelaskan oleh variabel GDP, urbanisasi, industrialisasi, dan *Foreign Direct Investment*. Dengan demikian, model ini memiliki daya jelas yang sangat baik. Sementara itu, sisanya dijelaskan oleh variabel lain di luar model.

3.1.3.3 Uji Wald

Uji Wald adalah alat uji statistik yang digunakan untuk menguji bahwa satu atau beberapa koefisien dalam model regresi sama dengan nol, dengan kata lain, untuk menguji apakah suatu variabel atau kombinasi variabel berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen.

Copyright © 2025 the author, Page 563
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

Tabel 9. Uji Wald

Test Statistic	Value	df	Probability
F-statistic	9051.5	(4, 46)	0.0000
Chi-square	36206.0	4	0.0000

Berdasarkan hasil uji Wald, diperoleh bahwa probabilitas F-statistic dan Chi-square bernilai 0.0000, dimana nilai ini lebih kecil dari tingkat signifikansi α = 0,05. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh signifikan secara simultan dari variabel independen terhadap variabel dependen.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pengaruh GDP Terhadap Emisi CO_2

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa variabel GDP memiliki nilai koefisien sebesar 0,046205 dengan nilai probabilitas 0,0001, yang berarti berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO_2 di lima negara ASEAN. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi α = 0,05, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan GDP sebesar 1% akan meningkatkan emisi CO_2 sebesar 0,046205%, dengan asumsi *ceteris paribus*.

Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di kawasan ASEAN cenderung disertai dengan peningkatan emisi karbon. Hasil penelitian ini sesuai dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang dicetuskan oleh Gene M. Grossman dan Alan B. Krueger tahun 1995 yang menyatakan bahwa pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, peningkatan GDP cenderung diikuti oleh peningkatan emisi lingkungan, termasuk Emisi CO_2. Dalam konteks ASEAN pada periode 2013-2023, temuan menunjukkan bahwa GDP berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO_2, yang berarti bahwa pertumbuhan ekonomi pada tahap ini masih bergantung pada aktivitas yang menghasilkan polusi, seperti penggunaan energi fosil dan ekspansi sektor industri. Hal ini mencerminkan fase awal dari kurva EKC, di mana peningkatan kesejahteraan ekonomi belum diimbangi dengan kesadaran dan investasi yang cukup dalam teknologi ramah lingkungan maupun kebijakan pengendalian emisi CO_2. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Hariani et al., (2022) dan studi lain yang mengkaji pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO_2 di negara-negara ASEAN juga menunjukkan hasil yang sejalan, yakni pertumbuhan ekonomi yang diukur dengan GDP cenderung meningkatkan emisi karbon, terutama pada negara-negara yang masih dalam tahap industrialisasi dan urbanisasi. Variabel pendapatan nasional (GDP) memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap karbon dioksida. Koefisien regresi untuk variabel ini sebesar 0,004359, yang berarti setiap peningkatan US$ 1 miliar akan meningkatkan karbon dioksida sebesar 0,004359 juta kiloton (Pujiati et al., 2024). Yudatama & Fafurida (2022) menemukan bahwa GDP berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan (emisi CO_2) lima negara di kawasan Asia Pasifik.

3.2.2 Pengaruh Urbanisasi Terhadap Emisi CO_2

Variabel urbanisasi memiliki nilai koefisien sebesar 0,058377 dengan nilai probabilitas 0,0175, yang berarti berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO_2. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari α = 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan urbanisasi sebesar 1% akan mendorong kenaikan emisi CO_2 sebesar 0,058377%, dengan asumsi *ceteris paribus*. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi penduduk di wilayah perkotaan dapat memperbesar konsumsi energi dan aktivitas ekonomi, yang berdampak pada peningkatan emisi karbon.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori modernisasi ekologi pertama kali dikemukakan oleh Joseph Huber dan dikembangkan oleh para sosiolog dan ilmuwan politik seperti Martin Janicke dan Arthur Mol pada awal 1980-an Teori modernisasi ekologi menekankan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, seperti yang dialami oleh banyak negara ASEAN selama periode 2013-2023, pertumbuhan ekonomi masih sangat bergantung pada penggunaan sumber daya alam yang intensif dan teknologi yang belum ramah lingkungan. Hal ini menyebabkan peningkatan emisi karbon, khususnya CO_2, seiring dengan ekspansi sektor industri dan konsumsi energi fosil. Menurut teori ini, modernisasi bukan hanya proses ekonomi, tetapi juga transformasi sosial dan teknologi yang secara bertahap dapat mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi dengan kelestarian lingkungan melalui inovasi teknologi hijau, regulasi lingkungan yang lebih ketat, dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Namun, dalam konteks ASEAN saat ini, sebagian besar negara masih berada pada fase awal modernisasi ekologi, di mana teknologi ramah lingkungan dan kebijakan pengendalian emisi belum diterapkan secara luas dan efektif, sehingga peningkatan GDP masih berkontribusi pada peningkatan emisi CO_2. Sejalan dengan itu, urbanisasi juga berpengaruh positif terhadap emisi CO_2 di kawasan ASEAN. Studi oleh Vo et al. (2019) terhadap negara-negara ASEAN menemukan bahwa urbanisasi memiliki dampak positif dan signifikan terhadap emisi CO_2, menunjukkan bahwa meningkatnya tingkat urbanisasi dan penggunaan energi terutama dari sumber fosil menjadi hambatan utama dalam meningkatkan kualitas lingkungan dalam jangka panjang. Urbanisasi yang cepat di negara-negara ASEAN, terutama di kota-kota besar, mendorong peningkatan penggunaan kendaraan bermotor, listrik, dan bahan bakar fosil lainnya, sehingga meningkatkan emisi CO_2 secara signifikan. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi dapat meningkatkan emisi CO_2 di negara-negara berkembang karena semakin banyak orang tertarik pindah ke daerah perkotaan akibat Pembangunan (Pujiati, et al., 2023)

Copyright © 2025 the author, Page 564
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

3.2.3 Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO_2

Variabel industrialisasi menunjukkan nilai koefisien sebesar 0,094058 dengan probabilitas 0,0000 yang berarti berpengaruh positif dan signifikan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, maka terdapat pengaruh positif dan signifikan antara industrialisasi dan emisi CO_2. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan aktivitas industri sebesar 1% akan meningkatkan emisi CO_2 sebesar 0,094058%, dengan asumsi *ceteris paribus*. Hasil ini memperkuat temuan bahwa sektor industri merupakan salah satu penyumbang utama emisi karbon, terutama di negara-negara berkembang.

Temuan ini dapat dijelaskan melalui teori eksternalitas, yang menjelaskan dampak negatif dari aktivitas ekonomi terhadap lingkungan yang tidak tercermin dalam biaya produksi. Eksternalitas negatif terjadi ketika aktivitas industrialisasi menghasilkan polusi, seperti emisi CO_2, yang merugikan masyarakat dan lingkungan, tetapi biaya sosial tersebut tidak diperhitungkan oleh pelaku industri dalam proses produksi mereka. Hal ini menyebabkan tingkat produksi dan emisi polusi melebihi tingkat yang dianggap efisien secara sosial. Dalam konteks ASEAN, industrialisasi yang pesat mendorong peningkatan emisi karbon sebagai limbah dari produksi dan konsumsi masal, terutama karena ketergantungan pada energi fosil dan teknologi yang kurang ramah lingkungan . Penelitian oleh (Mahesa, 2025) menggunakan data panel lima negara ASEAN periode 2008-2022 menunjukkan bahwa industrialisasi memberikan kontribusi positif dan signifikan terhadap emisi CO_2. Selain itu, penelitian oleh Claire & Widyawati (2023) menegaskan bahwa urbanisasi di ASEAN berkontribusi pada peningkatan emisi karbon, namun adopsi energi terbarukan dapat memediasi dan mengurangi dampak tersebut, sehingga mempercepat pergeseran titik balik EKC ke tingkat yang lebih rendah.

3.2.4 Pengaruh *Foreign Direct Investment* Terhadap Emisi CO_2

Variabel *Foreign Direct Investment* (FDI) memiliki koefisien sebesar -0,108024 dengan nilai probabilitas 0,0000, menunjukkan bahwa variabel ini berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO_2. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak, dan H_1 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap peningkatan FDI sebesar 1% justru akan menurunkan emisi CO_2 sebesar 0,108024%, dengan asumsi *ceteris paribus*.

Temuan ini mendukung hipotesis "*pollution halo hypothesis*" yang menyatakan bahwa FDI membawa teknologi hijau dan praktik manajemen yang lebih baik dari perusahaan multinasional (MNEs) ke negara penerima, sehingga mengurangi emisi karbon dan meningkatkan standar lingkungan (Apergis et al., 2023; Zugravu, 2015). Zugravu (2015) menganalisis dampak FDI terhadap polusi industri (CO_2, SO_2, NOx, dan BOD) di berbagai negara. Studi ini menemukan bahwa FDI dari negara-negara seperti Prancis, Jerman, dan Swedia dapat mengurangi emisi industri di negara penerima, terutama jika negara tersebut memiliki rasio modal-tenaga kerja yang rendah hingga sedang serta regulasi lingkungan yang tidak terlalu longgar. Hal ini mendukung *pollution halo hypothesis*, yang menyatakan bahwa FDI dapat membawa teknologi bersih dan praktik manajemen yang lebih baik ke negara penerima. Penelitian lain oleh Zhang et al., (2024) juga mengonfirmasi bahwa FDI dapat berperan dalam transfer teknologi hijau yang mengurangi emisi CO_2, terutama di negara-negara dengan kapasitas teknologi dan regulasi lingkungan yang memadai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan industrialisasi secara signifikan memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan emisi CO_2 di lima negara emisi tertinggi ASEAN, yaitu Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, dan Filipina selama periode 2013-2023. Setiap kenaikan GDP, tingkat urbanisasi, dan aktivitas industri terbukti meningkatkan emisi CO_2, yang menandakan bahwa proses pembangunan di kawasan ini masih sangat bergantung pada energi fosil dan teknologi yang kurang ramah lingkungan. Namun, temuan menarik dari penelitian ini adalah *Foreign Direct Investment* (FDI) justru berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO_2. Hal ini menunjukkan bahwa masuknya investasi asing langsung ke negara-negara ASEAN berpotensi membawa teknologi yang lebih bersih dan efisien, serta praktik manajemen lingkungan yang lebih baik, sehingga mampu menekan laju pertumbuhan emisi karbon. Dengan demikian, FDI dapat berperan sebagai pendorong dalam upaya pengurangan emisi karbon di kawasan ASEAN. Berdasarkan temuan tersebut, pemerintah di negara-negara ASEAN disarankan untuk terus mendorong pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi yang berwawasan lingkungan melalui penerapan teknologi ramah lingkungan dan peningkatan efisiensi energi. Selain itu, upaya pengelolaan urbanisasi yang berkelanjutan juga perlu diperkuat agar pertumbuhan kota tidak semakin memperburuk polusi udara. Pemerintah juga perlu memperkuat regulasi dan insentif bagi perusahaan asing agar transfer teknologi bersih dan praktik produksi hijau dapat diadopsi secara luas di sektor industri domestik. Kolaborasi antara pemerintah, pelaku industri, dan investor asing sangat penting untuk memastikan bahwa investasi yang masuk benar-benar memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Dengan strategi tersebut, diharapkan pertumbuhan ekonomi dan pembangunan industri di ASEAN dapat berjalan seiring dengan upaya penurunan emisi CO_2 dan pencapaian target pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini masih terbatas pada variabel GDP, urbanisasi, industrialisasi, dan FDI, serta periode data 2013–2023. Selain itu, penggunaan data sekunder dan metode FMOLS belum mampu mencakup sepenuhnya faktor-faktor lain yang memengaruhi emisi CO_2. Penelitian lanjutan diharapkan dapat memperluas variabel, periode, dan metode analisis.

This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Journal of Business and Economics Research (JBE)
Vol 6, No 2, June 2025, pp. 557-566
ISSN 2716-4128 (media online)
DOI 10.47065/jbe.v6i2.7502
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/jbe

REFERENCES

Apergis, N., Pinar, M., & Unlu, E. (2023). How do foreign direct investment flows affect carbon emissions in BRICS countries? Revisiting the pollution haven hypothesis using bilateral FDI flows from OECD to BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(6), 14680–14692. https://doi.org/10.1007/s11356-022-23185-4

Bhattacharya, A., Ivanyna, M., Oman, W., Stern, N., Acevedo, S., Buckley, E., Cerra, V., Chateau, J., Eichengreen, B., Fournier, J.-M., Han, X., Hasanov, F., Jobst, A., Masetti, E., Mitchell, W., Pani, M., Panton, A., Perry, I., Rybachuk, K., … Weber, S. (2021). *We thank Fatma Bahr Ibrahim and Jaime Sarmiento Monroy for research assistance. We also thank*.

Claire, B., & Widyawati, D. (2023). Impact of industrialization and renewable energy on carbon dioxide emission in 9 ASEAN countries. *Economic Journal of Emerging Markets*, *15*(2), 183–198. https://doi.org/10.20885/ejem.vol15.iss2.art6

Hariani, E. T., Widyawati, R. F., & Ginting, A. L. (2022). Determinants of Carbon Emissions in 10 ASEAN Countries. *Economics Development Analysis Journal*, *11*(3), 313–320. https://doi.org/10.15294/edaj.v11i3.55632

Magazzino, C., Toma, P., Fusco, G., Valente, D., & Petrosillo, I. (2022). Renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth: the greener the richer? *Ecological Indicators*, *139*(March), 108912. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108912

Mahesa, H. I. (2025). PENGARUH KONTRIBUSI SEKTOR PERTANIAN, URBANISASI DAN INDUSTRIALISASI TERHADAP EMISI KARBON DI ASEAN. http://repository.unsri.ac.id/

Musyarof, Z., & Qomari, I. N. (2023). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Gas Karbon Dioksida (CO2): Data Panel Negara ASEAN Tahun 2000-2019. *Ecoplan*, *6*(2), 87–99. https://doi.org/10.20527/ecoplan.v6i2.624

Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(19), 1–16. https://doi.org/10.3390/SU12197965

Ponce, B. J. H., & Manlangit, A. T. (2023). Carbon dioxide emissions and the Environmental Kuznets Curve: evidence from the Association of Southeast Asian Nations. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(44), 100037–100045. https://doi.org/10.1007/s11356-023-29370-3

Pujiati, A., Nihayah, D. M., Rahman, Y. A., Rosalia, A. C. T., Saputra, A. M., & Damayanti, N. (2023). The Causality between CO2 Emissions and Electricity Generations: Evidence from Environmental Quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1248*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1248/1/012016

Pujiati, A., Rahman, Y. A., Kistanti, N. R., Nihayah, A. N., & Nabila, N. A. (2024). Interconnected Forces: Analyzing Urbanization, Economic Growth, Energy Consumption, and Forest Area in the Top 10 Populous Nations' CO2 Emissions. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *14*(2), 669–675. https://doi.org/10.32479/ijeep.15545

Pujiati, A., Yanto, H., Dwi Handayani, B., Ridzuan, A. R., Borhan, H., & Shaari, M. S. (2023). The detrimental effects of dirty energy, foreign investment, and corruption on environmental quality: New evidence from Indonesia. *Frontiers in Environmental Science*, *10*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1074172

Sachan, A., Pradhan, A. K., & Mohindra, V. (2024). How do governance indicators, trade openness, industrialization, and population growth affect environmental degradation in BRICS Nations? *Discover Sustainability*, *5*(1). https://doi.org/10.1007/s43621-024-00406-z

Saliminezhad, A., Ozdeser, H., & Birnintsaba, D. A. B. (2022). Environmental degradation and economic growth: time-varying and nonlinear evidence from Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*, *24*(5), 6288–6301. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01702-8

Vo, A. T., Vo, D. H., & Le, Q. T. T. (2019). CO2 Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth: New Evidence in the ASEAN Countries. *Journal of Risk and Financial Management*, *12*(3). https://doi.org/10.3390/jrfm12030145

Yudatama, D. S., & Fafurida, F. (2022). The Determinants of Carbon Dioxide Emissions in the five Asia Pacific Countries. *Efficient: Indonesian Journal of Development Economics*, *5*(3), 242–253. https://doi.org/10.15294/efficient.v5i3.54738

Zhang, W., Xu, M., Feng, Y., Mao, Z., & Yan, Z. (2024). The Effect of Procrastination on Physical Exercise among College Students—The Chain Effect of Exercise Commitment and Action Control. *International Journal of Mental Health Promotion*, *26*(8), 611–622. https://doi.org/10.32604/ijmhp.2024.052730

Zugravu, N. (2015). How does Foreign Direct Investment Affect Pollution? Toward a Better Understanding of the Direct and Conditional Effects. *Environmental and Resource Economics*. https://doi.org/10.1007/s10640-015-9950-9

Copyright © 2025 the author, Page 566
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License