

Eksplorasi Kurva Kuznets: Determinan Emisi CO₂ dalam Pembangunan Ekonomi Kawasan ASEAN Periode 2014-2023

Rochmat Bagus Antari^{1*}, Emma Dwi Ratnasari², Fitrah Sari Islami³
^{1,2,3}Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi, Universitas Tidar

Abstrak

Pemanasan global menjadi itu yang sangat serius karena untuk pertama kalinya suhu tahunan rata-rata melewati ambang batas 1,5°C. Salah satu penyebab kenaikan suhu tersebut karena adanya gas rumah kaca (GRK) dan karbondioksida (CO₂) adalah satu dari gas tersebut. ASEAN merupakan organisasi regional yang sebagian besar negara anggotanya adalah negara berpendapatan menengah dan juga memiliki pertumbuhan ekonomi yang tinggi karena sedang dalam tahap pembangunan ekonomi yang dimana jika menurut hipotesis environmental kuznet curve (EKC) hal ini akan meningkatkan degradasi lingkungan. Selain itu, ASEAN memiliki tingkat emisi CO₂ yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi emisi karbondioksida di ASEAN selama tahun 2014 sampai dengan tahun 2023. Variabel yang digunakan adalah Emisi CO₂ sebagai variabel dependen, lalu PDB, FDI, Jumlah Penduduk, dan Laju Industri sebagai variabel dependen, kemudian dianalisis menggunakan metode regresi data panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PDB dan Jumlah penduduk berpengaruh positif signifikan terhadap Emisi CO₂ sedangkan FDI dan Laju Industri menghasilkan koefisien negatif tetapi tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi CO₂.

Kata Kunci: ASEAN, EKC, Emisi CO₂, Pembangunan Ekonomi

Abstract

Global warming is very serious because for the first time the average annual temperature has crossed the threshold of 1.5 °C. One of the causes of the increase in temperature is the presence of greenhouse gases (GHG) and carbon dioxide (CO₂) is one of these gases. ASEAN is a regional organization whose member countries are mostly middle income countries and also has high economic growth because they are in the stage of economic development where according to the environmental kuznet curve (EKC) hypothesis this will increase environmental degradation. In addition, ASEAN has a high level of CO₂ emissions. This study aims to analyze the factors that influence carbon dioxide emissions in ASEAN from 2014 to 2023. The variables used are CO₂ emissions as the dependent variable, then GDP, FDI, Population, and Industrial Rate as the dependent variables, then analyzed using the panel data regression method. The results of the study showed that GDP and Population have a significant positive effect on CO₂ emissions while FDI and Industrial Rate produce negative coefficients but do not have a significant effect on CO₂ emissions.

Keywords: ASEAN, EKC, CO₂ Emissions, Economic Development

Pendahuluan

Kurva Kuznet Lingkungan atau yang sering disebut sebagai *Environmental Kuznets Curve* (EKC) merupakan pendekatan yang menjelaskan bahwa kualitas lingkungan cenderung mengalami penurunan pada tahap awal proses pertumbuhan ekonomi, kemudian akan membaik setelah melewati suatu titik balik (*turning point*) tertentu (Huang et al., 2021). Pendekatan ini pertama kali

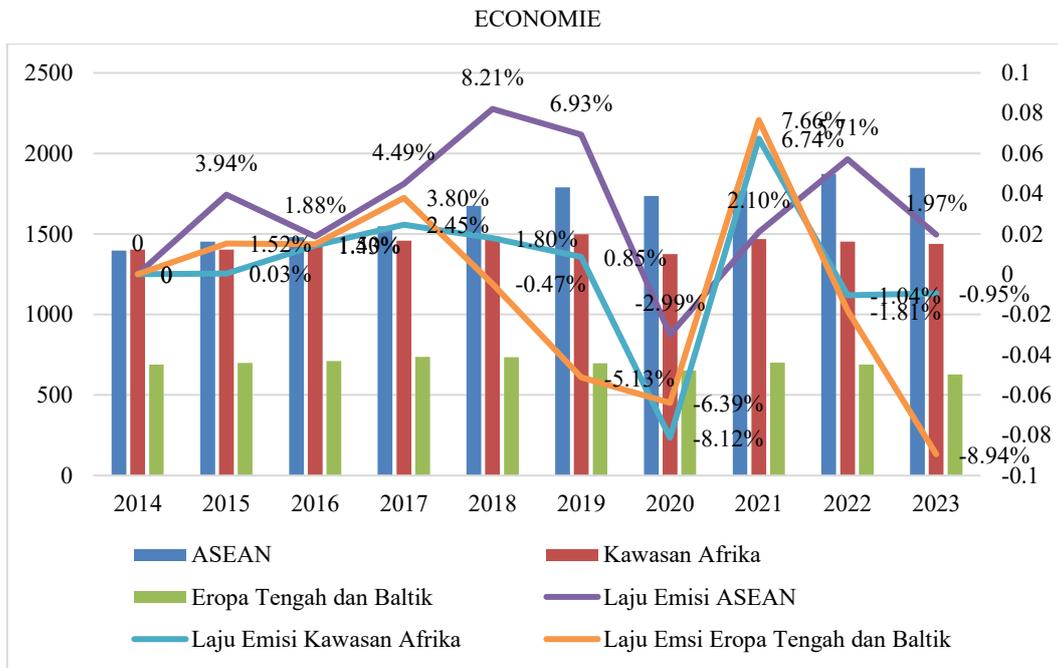
ECONOMIE

dikemukakan oleh Kuznet, (1955) yang menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dengan ketimpangan pendapatan yang membentuk seperti U terbalik, dimana pada tahap awal pembangunan, pendapatan per kapita mengalami peningkatan yang diikuti oleh ketimpangan pendapatan yang meningkat namun menurun setelah mengalami *turning point* atau titik balik. Hipotesis ini kemudian pertama kali dikembangkan menjadi hubungan antara pertumbuhan ekonomi dengan kualitas lingkungan oleh Grossman & Krueger, (1991) yang meneliti hubungan antara kualitas udara dan pertumbuhan ekonomi dalam konteks liberalisasi perdagangan NAFTA (*North American Free Trade Agreement*) antara Amerika Serikat dan Meksiko.

Pemanasan global menjadi isu yang sangat serius di era globalisasi dan selalu diberitakan saat ini di seluruh dunia. Hampir setiap saat, berita mengenai pemanasan global muncul di berbagai media. Bahkan, dampak dari pemanasan global juga sering dirasakan oleh umat manusia (Fougères et al., 2022). Peringatan keras telah diberikan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) melalui hasil laporan kelompok kerja ilmuwan IPCC berjudul “*Special Report Global Warming of 1.5°C*”. Laporan penting itu memberikan fakta bahwa pemanasan global telah mencapai ambang batas 1.5°C. Ambang batas 1,5°C adalah suatu komitmen global untuk mencegah bencana iklim besar yang termuat dalam perjanjian paris pada tahun 2015 dan itu merupakan batas aman kenaikan suhu rata-rata global dibandingkan masa pra-industri (sekitar tahun 1850-an) (IPCC, 2022). Selain itu, pemanasan global juga menyebabkan kualitas suhu udara di bumi semakin memburuk akibat adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Hal tersebut semakin lama terjadi akan berdampak buruk terhadap kondisi lingkungan di muka bumi.

Isu mengenai kualitas lingkungan menjadi sangat penting dalam ekonomi publik untuk diteliti karena lingkungan sebagai salah satu konsep yang penting dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs merupakan komitmen global dan nasional dalam upaya untuk menyejahterakan masyarakat mencakup 17 tujuan dan sasaran global tahun 2030 yang dideklarasikan baik oleh negara maju maupun negara berkembang di Sidang Umum PBB pada September 2015 (BAPPENAS, 2025)

ASEAN (*Association of Southeast Asian Nation*) adalah sebuah organisasi regional yang terdiri dari 10 negara di Asia Tenggara. yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura, Thailand, Brunei Darussalam, Vietnam, Laos, dan Myanmar. Negara-negara ini memiliki keanekaragaman budaya, politik, dan ekonomi yang besar, namun mereka memiliki ekonomi. tujuan yang sama untuk mempromosikan kerjasama regional dan integrasi.



Sumber: World Bank, (2025) (Data diolah)

Gambar 1. Perbandingan Emisi CO2 ASEAN dengan Kawasan Lain (MtCO2)

Pada grafik perbandingan yang ada pada gambar 1. menunjukkan bahwa kawasan ASEAN memiliki emisi karbon yang lebih tinggi daripada kawasan Afrika Uni Afrika yang terdiri atas (Afrika Selatan, Afrika Barat, Afrika Timur, Afrika Utara, dan Afrika Tengah). Hal ini, menunjukkan bahwa kawasan ASEAN memiliki emisi karbon lebih tinggi 32,80% daripada kawasan Afrika. Selain itu, dibandingkan dengan EU (yang mencakup *Central Europe & The Baltics*) Eropa.

Tabel 1. Klasifikasi Negara ASEAN menurut Pendapatan

Negara	GNI Per kapita (US\$)	Klasifikasi
Indonesia	4.810	<i>Upper middle income</i>
Malaysia	11.710	<i>Upper middle income</i>
Thailand	7.200	<i>Upper middle income</i>
Singapura	70.590	<i>High income</i>
Filipina	4.320	<i>Lower middle income</i>
Brunei Darussalam	34.480	<i>High income</i>
Laos	2.110	<i>Lower middle income</i>
Vietnam	4.110	<i>Lower middle income</i>
Kamboja	2.390	<i>Lower middle income</i>
Myanmar	1.230	<i>Lower middle income</i>

Sumber: World Bank, (2023) (Data diolah)

Menurut Field & Field (2017) sebagian besar negara menengah atau berkembang memiliki masalah lingkungan, dan banyak yang telah menetapkan undang-undang dan peraturan untuk menangani kasus polusi dan degradasi sumber daya. Meskipun banyak yang telah menganut pendekatan kebijakan perintah-dan-kendali, ada juga yang sangat bergantung pada rencana

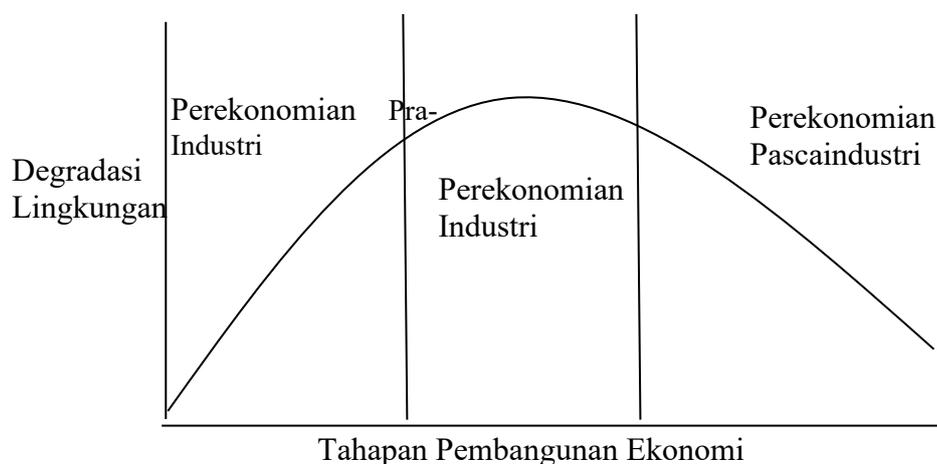
pengendalian polusi sukarela. Berdasarkan permasalahan yang telah penulis gambarkan di atas, maka penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian terbaru terhadap permasalahan tersebut. Oleh karena itu, judul yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah “Eksplorasi Kurva Kuznets: Determinan Emisi CO₂ dalam Pembangunan Ekonomi Kawasan ASEAN Periode 2014-2023.

Tinjauan Pustaka

A. *Environmental Kuznets Curve* (EKC)

Environmental Kuznets Curve (EKC) ini dikenal sebagai teori pertama yang menggambarkan bagaimana hubungan antara tingkat pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan sebuah negara (Prasetyanto et al. 2023). Menurut teori ini ketika pendapatan suatu negara masih tergolong rendah, maka perhatian negara tersebut akan tertuju pada bagaimana cara meningkatkan pendapatan negara, baik melalui produksi, investasi yang mendorong terjadinya peningkatan pendapatan dengan mengesampingkan permasalahan kualitas lingkungan (Palupi et al., 2023); (Anwar et al., 2022); (Field & Field, 2017). Akibatnya pertumbuhan pendapatan akan diikuti oleh kenaikan tingkat polusi dan kemudian menurun lagi dengan pertumbuhan yang tetap berjalan.

Environmental Kuznet Curve dibagi menjadi tiga tahapan, antara lain; pertama, awal proses pembangunan ekonomi akan diikuti dengan kerusakan lingkungan yang disebut dengan *pre-industrial economic*; kedua, tahap *industrial economic*, dan ketiga, tahap *post-industrial economic* atau pasca industri (Panayotou, 2003). EKC sering menjadi pendekatan yang digunakan untuk melihat bagaimana dampak yang dihasilkan dari pertumbuhan ekonomi terhadap degradasi lingkungan (Sikder et al., 2022); (Leal & Marques, 2022); (Musyarof & Qomari, 2023). Analogi berbentuk U terbalik yang menjelaskan hubungan degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita digambarkan pada Gambar berikut.



Sumber: Panayotou, (2003)

Gambar 2. Kurva U Terbalik

B. Emisi CO₂

Emisi CO₂, atau yang disebut emisi karbon dioksida, adalah senyawa yang terbentuk dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon. Senyawa ini berupa gas pada suhu dan tekanan standar dan tersedia dalam lingkungan di seluruh dunia. Salah satu kelompok gas rumah kaca (GRK) adalah emisi karbon. Karbon dioksida, Gas rumah kaca adalah gas di atmosfer yang menyerap dan memancarkan radiasi inframerah matahari (Pangestu & Ayuningsasi, 2024). Pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca merupakan salah satu penyebab perubahan iklim saat ini. Zat yang paling umum yang menyebabkan kerusakan ozon di udara adalah karbon dioksida atau CO₂ (Hassan et al., 2022). Kita dapat melihat bahwa gas CO₂ dapat bertambah atau berkurang. Bertambah atau berkurangnya gas CO₂ bergantung pada aktivitas lokal dan aktivitas berbasis daratan. Dari hal tersebut, CO₂ bisa dijadikan sebagai proxy dari EKC. Menurut Prasetyanto et al. (2023) Isu dari akumulasi karbon dioksida dapat dikaji melalui hantaran hipotesis EKC.

C. PDB

Pertumbuhan ekonomi didefinisikan oleh Todaro & Smith (2011) sebagai total output akhir barang dan jasa yang dihasilkan perekonomian suatu negara, di dalam wilayah negara itu, oleh penduduk dan bukan penduduk, tanpa melihat alokasinya baik klaim domestik maupun luar negeri. Menurut Nadeak & Nasrudin (2023) Keberhasilan pembangunan suatu negara sering diukur menggunakan indikator pendapatan nasional, salah satunya adalah produk domestik bruto (PDB)

D. FDI

Menurut Lee dalam Marton & Hagert (2017) menjelaskan bahwa investasi perusahaan multinasional di negara lain dapat memiliki dampak yang positif bagi negara tuan rumah, karena adanya eksternalitas positif yang berasal dari investasi tersebut. Hal tersebut yang mendorong industri-industri untuk berkembang dan meningkatkan produktivitas dalam rangka meningkatkan daya saing. Dengan ini FDI, memungkinkan mampu untuk mengembangkan industri yang lebih cepat di negara tuan rumah. Dalam Todaro & Smith (2011) dibahas secara kritis sebagai salah satu faktor penting dalam pembangunan ekonomi negara berkembang menurutnya FDI dapat memberikan dampak positif bagi pembangunan ekonomi melalui transfer teknologi, penciptaan lapangan kerja, peningkatan ekspor, serta integrasi dengan pasar global.

E. Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk atau populasi pada suatu negara adalah suatu hal yang penting dalam pembangunan ekonomi karena jumlah penduduk merupakan faktor dalam pertumbuhan ekonomi (Azulaidin, 2021). Menurut Todaro & Smith (2011) Pertumbuhan penduduk pada akhirnya akan

ECONOMIE

menaikkan kenaikan jumlah angkatan kerja (*labor force*), selama ini dipandang sebagai faktor positif untuk mendorong pertumbuhan ekonomi.

F. Laju Industri

Secara umum, industri adalah sekelompok bisnis tertentu yang memiliki teknologi dan metode yang sama untuk menghasilkan laba. Oleh karena itu, dampak terhadap ekonomi terasa lebih kuat, meski tetap ada dampak menguntungkan sekaligus merugikan yang jarang diperhatikan. Industrialisasi merupakan suatu komponen yang sangat erat kaitannya dengan Pembangunan ekonomi. Goodfriend dan McDermott dalam Todaro & Smith (2006) mengatakan bahwa industrialisasi merupakan salah satu dari empat proses dasar dalam pembangunan ekonomi jangka panjang. Selain itu, industri merupakan salah satu upaya untuk mendorong pembangunan dan pertumbuhan ekonomi (Pratama, 2022).

G. Hipotesis Penelitian

H_1 = Variabel PDB berpengaruh positif terhadap Emisi CO₂

H_2 = Variabel FDI berpengaruh positif terhadap Emisi CO₂

H_3 = Variabel Jumlah Penduduk berpengaruh positif terhadap Emisi CO₂

H_4 = Variabel Laju Industri berpengaruh positif terhadap Emisi CO₂

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 4 variabel independen yang terdiri dari produk domestik bruto (X1) yang diproyeksikan dengan PDB (USD\$), *Foreign Direct Investment* (FDI) (USD\$)(X2), Penduduk (X3) yang diproyeksikan dengan total penduduk (jiwa), dan Laju Industri (X4) yang diproyeksikan dengan *Industry value added* (annual % growth). Lalu untuk variabel dependen adalah Emisi CO₂ (Y) yang diproyeksikan dengan MtCO₂. Data yang digunakan berjenis data sekunder yang bersumber dari data *World Bank*. Teknik analisis data menggunakan regresi data panel melalui aplikasi pengolahan data yaitu *Stata17*.

Dalam penelitian ini mempunyai perbedaan besaran dan satuan variabel yang menyebabkan persamaan regresi perlu ditransformasi menjadi bentuk ln atau logaritma natural. Alasan lain dilakukannya transformasi data ke dalam bentuk logaritma natural yaitu untuk mengurangi fluktuasi data yang berlebihan, menghindari adanya heteroskedastisitas, mengetahui koefisien yang menunjukkan elastisitas, mendekatkan skala data, menyederhanakan nilai variabel yang terlalu besar dan perlu adanya transformasi data ke dalam bentuk logaritma natural untuk menghasilkan estimasi yang lebih efisien dan akurat (Kwakwa, 2023).

Transformasi kedalam bentuk logaritma natural pada persamaan dapat ditulis menjadi :

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1(\ln X_{1it}) + \beta_2(\ln X_{2it}) + \beta_3(\ln X_{3it}) + \beta_4(X_{4it}) + e_{it}$$

ECONOMIE

$\ln Y_{it}$ = Emisi Karbon (CO₂) (logaritma natural)

β_0 = Koefisien intersep atau konstanta

$\ln X_1$ = PDB (logaritma natural)

$\ln X_2$ = FDI (logaritma natural)

$\ln X_3$ = Jumlah Penduduk (logaritma natural)

X_4 = Laju Industri

Setelah dilakukan transformasi data menjadi bentuk logaritma natural terdapat 4 variabel yang peneliti yakini perlu dilakukan transformasi data yaitu Emisi CO₂, PDB, FDI, dan Jumlah Penduduk. Sedangkan variabel Industri tidak dilakukan transformasi data karena satuan data berupa persen dan tidak dalam skala besar yang tidak perlu disederhanakan.

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Uji Pemilihan Model

Hasil dari uji pemilihan model terbaik dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2 Uji Chow

F(4,86)	Prob > F	Hasil
33,77	0,0000	FEM

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Tabel 3 Uji Hausman

Chi²	Prob > Chi²	Hasil
23,38	0,0001	FEM

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Dari hasil uji chow dan uji hausman model yang paling tepat untuk estimasi data panel yaitu *fixed effect model*. Sebab *common effect model* dan *random effect model* bukan model yang tepat maka uji Langrange Multiplier tidak perlu dilakukan.

2. Uji Asumsi Klasik

Tabel 4 Uji Normalitas

Shapiro–Wilk W test for normal data

Variabel	Obs	Prob>z
lnco2	100	0,00001
lnpdb	100	0,00000
lnfdi	100	0,00000
lnpop	100	0,00000
lind	100	0,05224

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

ECONOMIE

Berdasarkan Tabel 4 terlihat hasil probabilitas Shapiro–Wilk W sebesar 0,0000, 0,00001 dan 0,05979. Artinya, hanya variabel laju industri yang terdistribusi normal dan variabel lain memiliki data yang tidak terdistribusi secara normal karena nilai probabilitas yang diperoleh kurang dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Maka dalam hal ini, data terdapat pelanggaran normalitas. Apabila data terdapat pelanggaran normalitas maka dapat digunakan asumsi *Central Limit Theorem* yaitu jika jumlah data penelitian cukup banyak ($n > 30$) maka asumsi normalitas dapat diabaikan (Gujarati, 2013).

Tabel 5 Uji multikolinearitas

	lnpdb	lnfdi	lnpop	lind
lnpdb	1			
lnfdi	0,4371	1		
lnpop	0,75	0,215	1	
lind	-0,0985	0,1969	0,1476	1

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa dalam pengujian multikolinearitas nilai koefisien korelasi (r) $< 0,8$. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas antar variabel independen.

Tabel 6. Uji Heteroskedastisitas

***Breusch–Pagan/Cook–Weisberg test
for heteroskedasticity***

Kategori	Nilai
chi ² (1)	0,46
Prob > chi ²	0,4984

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai probabilitas dengan metode *Breusch Pagan/Cook–Weisberg test* lebih besar dari 0,05. Maka dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas.

Tabel 7 Uji Autokorelasi

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

F(1,9)	42,211
Prob>Chi ²	0,0001

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa probabilitas wooldridge test sebesar 0,0001. Maka dalam hal ini model regresi terdapat permasalahan autokorelasi. Berkaitan dengan hal tersebut, dalam data panel masalah autokorelasi dapat diatasi dengan penggunaan estimasi *Generalized Least Square (GLS)*.

ECONOMIE

Tabel 8 Hasil Estimasi Akhir Regresi Data Panel dengan *Cross-Sectional Time Series Feasible Generalized Least Squares (FGLS)*

Variabel	Koefisien	Standar Error	t-stat	Probabilitas
lnpdb	1,00777	0,25498	3,95	0,000
lnfdi	-0,0003	0,00415	-0,08	0,938
lnpop	2,39821	0,939	2,55	0,011
lind	-0,0018	0,00343	-0,51	0,608
c	-68,0186	12,78125	-5,32	0,000
R-Squared				
Within	: 0,6110			
Between	: 0,7800			
Overall	: 0,7688			
F (4,9)	: 10,14			
Prob > F	: 0,0022			

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Dari proses perubahan estimasi tersebut, maka dapat ditulis persamaan regresinya sebagai berikut:

$$CO_{2it} = -68,0186 + 1,007765lnpdb_{it} - 0,000322lnfdi_{it} + 2,39821lnpop_{it} - 0,00176lind_{it}$$

Tabel 9 Uji t

Variabel	Koefisien	Standar Error	t-stat	Probabilitas
lnpdb	1,00777	0,25498	3,95	0,000
lnfdi	-0,0003	0,00415	-0,08	0,938
lnpop	2,39821	0,939	2,55	0,011
lind	-0,0018	0,00343	-0,51	0,608

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Berdasarkan tabel 9 dapat dijelaskan uji t sebagai berikut:

1. Variabel PDB terhadap Emisi CO₂

Diperoleh hasil bahwa variabel PDB mempunyai nilai thitung yang lebih besar dari nilai ttabel ($3,95 > 1,984467455$) dengan probabilitas sebesar $0,0000 < 0,05$, maka menerima H1 dan menolak H0, yang artinya variabel PDB berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Negara ASEAN tahun 2014-2023.

2. Variabel FDI terhadap Emisi CO₂

Diperoleh hasil bahwa variabel FDI mempunyai nilai thitung yang lebih kecil dari nilai ttabel ($0,08 < 1,984467455$) dengan probabilitas sebesar $0,938 > 0,05$, maka menerima H0 dan menolak H1, yang artinya variabel FDI tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Negara ASEAN tahun 2014-2023.

3. Variabel Penduduk terhadap Emisi CO₂

Diperoleh hasil bahwa variabel Jumlah Penduduk mempunyai nilai thitung yang lebih besar dari nilai ttabel ($2,55 > 1,984467455$) dengan probabilitas sebesar $0,011 < 0,05$, maka

ECONOMIE

menerima H1 dan menolak H0, yang artinya variabel Jumlah Penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Negara ASEAN tahun 2014-2023.

4. Variabel Laju Industri terhadap Emisi CO₂

Diperoleh hasil bahwa variabel Industri mempunyai nilai thitung yang lebih kecil dari nilai ttabel ($0,51 < 1,984467455$) dengan probabilitas sebesar $0,608 > 0,05$, maka menerima H0 dan menolak H1, yang artinya variabel Laju Industri tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Negara ASEAN tahun 2014-2023.

Tabel 10 Uji F

Criteria	Value
F (4,9)	10,14
Prob. > F	0,0022

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Berdasarkan tabel 10 didapatkan F_{hitung} sebesar 10,14 yang mana lebih besar dari F_{tabel} yang sebesar 2,4674. Nilai probabilitas sebesar 0,0022 yang lebih kecil dari tingkat signifikan $\alpha = 0,05$ atau 5%. Maka dapat disimpulkan bahwa dalam uji atau penelitian ini variabel independent yakni PDB, FDI, Jumlah Penduduk, dan Laju Industri secara simultan atau bersama-sama memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi CO₂ di Kawasan ASEAN tahun 2014-2023.

Tabel 11 Koefisien Determinasi

Criteria	Value
R-Squared :	0,6110

Sumber: Olahan Stata17 (2025)

Berdasarkan Tabel 4.13 hasil koefisien determinasi (R^2) menunjukkan nilai sebesar 0,6110. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel emisi karbondioksida ($\ln co_2$) dapat dijelaskan oleh variabel Produk Domestik Bruto ($\ln pdb$), *Foreign Direct Investment* (FDI), Jumlah Penduduk ($\ln pop$), dan Laju Industri ($\ln ind$) sebesar 61,10%, sedangkan sisanya sebesar 38,90% dijelaskan oleh variabel lain di luar model seperti variabel konsumsi energi, perdagangan, dan lain-lain.

Pembahasan

Pengaruh PDB Terhadap Emisi CO₂ di ASEAN Tahun 2014-2023

Berdasarkan estimasi yang dilakukan, hasil analisis menunjukkan bahwa PDB mempunyai pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ dengan nilai koefisien sebesar 1,00777. memiliki arti bahwa apabila PDB naik sebesar 1 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka akan terjadi kenaikan emisi CO₂ sebesar 1,00777 MtCO₂. Sedangkan variabel PDB secara parsial

ECONOMIE

memiliki t-hitung (3,95) lebih tinggi dibandingkan nilai t-tabel (1.984467455), artinya PDB berpengaruh secara signifikan terhadap emisi CO₂.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa Produk Domestik Bruto (PDB) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini sejalan dengan hipotesis EKC, dan juga sejalan dengan hasil penelitian milik Maroufi & Hajilary (2022) ; Musyarof & Qomari, (2023) ; dan Karimi et al., (2022). yang menyatakan bahwa PDB secara signifikan mempengaruhi tingkat emisi CO₂.

Pengaruh Jumlah Penduduk Terhadap Emisi CO₂ di ASEAN Tahun 2014-2023

Berdasarkan estimasi yang dilakukan, hasil analisis menunjukkan bahwa Jumlah Penduduk mempunyai pengaruh yang positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ dengan nilai koefisien sebesar 2,39821. memiliki arti bahwa apabila Jumlah Penduduk naik sebesar 1 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka akan terjadi kenaikan emisi CO₂ sebesar 2,39821 MtCO₂. Sedangkan variabel Jumlah Penduduk secara parsial memiliki t-hitung (2,55) lebih tinggi dibandingkan nilai t-tabel (1.984467455), artinya Jumlah Penduduk berpengaruh secara signifikan terhadap emisi CO₂.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa Jumlah Penduduk memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini sejalan dengan teori *Neo-Malthusian*, yang menyatakan bahwa Jumlah Penduduk secara signifikan memengaruhi tingkat emisi CO₂. Hasil penelitian serupa juga didapatkan pada penelitian milik Santi & Sasana, (2021) ; Christy & Sakti, (2022) ; dan Putra et al., (2024) yang membuktikan secara empiris bahwa Jumlah Penduduk berpengaruh positif signifikan terhadap Emisi CO₂.

Pengaruh FDI Terhadap Emisi CO₂ di ASEAN Tahun 2014-2023

Berdasarkan estimasi yang dilakukan, hasil analisis menunjukkan bahwa FDI mempunyai pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂ dengan nilai koefisien sebesar -0,000322 memiliki arti bahwa apabila FDI naik sebesar 1 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka akan terjadi penurunan emisi CO₂ sebesar 0,000322 MtCO₂. Sedangkan variabel FDI secara parsial memiliki t-hitung (0,08) lebih kecil dibandingkan nilai t-tabel (1.984467455), artinya tingkat FDI tidak berpengaruh secara signifikan terhadap emisi CO₂.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa FDI memiliki pengaruh negatif yang tidak signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini tidak sejalan dengan teori *haven pollution*, yang menjelaskan investasi dalam perdagangan global akan mengakibatkan kerusakan lingkungan akan tetapi hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra et al., (2024) ; Kim, (2019); dan (Bunnag, 2023) yang menyatakan bahwa FDI berpengaruh negatif tetapi tidak signifikan

Fenomena ini dapat dijelaskan oleh adanya upaya di kawasan ASEAN dalam menerapkan regulasi lingkungan yang lebih ketat. Adapun penerapan pajak karbon (*carbon tax*) yang terbukti

efektif dalam mengurangi emisi karbon di ASEAN (Shidiq et al., 2024); (Ayu et al., 2024); (Palupi et al., 2023); (Ahmed et al., 2021).

Pengaruh Laju Industri Terhadap Emisi CO₂ di ASEAN Tahun 2014-2023

Berdasarkan estimasi yang dilakukan, hasil analisis menunjukkan bahwa Laju Industri mempunyai pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂ dengan nilai koefisien sebesar $-0,00176$ memiliki arti bahwa apabila Industri naik sebesar 1 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka akan terjadi penurunan emisi CO₂ sebesar $0,00176$ MtCO₂. Sedangkan variabel Industri secara parsial memiliki t-hitung ($0,608$) lebih kecil dibandingkan nilai t-tabel ($1,984467455$), artinya tingkat Industri tidak berpengaruh secara signifikan terhadap emisi CO₂.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa Laju Industri memiliki pengaruh negatif yang tidak signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini tidak sejalan dengan teori EKC. Akan tetapi hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati & Robertus, (2023) dan Pratama, (2022).

Fenomena ini terjadi karena banyak terjadi perubahan pada struktur industri yang membuat manufaktur dan teknologi tinggi menciptakan emisi yang rendah dalam proses produksi untuk mencapai SDGs (Alzura & Wilujeng, 2024). Perubahan transisi ini juga merupakan upaya industri secara bertahap akan beralih dari energi konvensional ke teknologi energi nol-karbon untuk menghindari pajak karbon dari waktu ke waktu (Ahmed et al., 2021).

Kesimpulan

1) Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan estimasi maka dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variabel PDB memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan bahwa jika PDB di Kawasan ASEAN mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi CO₂. Dimana fenomena ini disebabkan karena kawasan ASEAN masih dalam tahap pembangunan dan belum mencapai titik balik pada hipotesis EKC
2. Variabel FDI memiliki pengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂. Pengaruh yang tidak signifikan ini berarti apabila terjadi peningkatan FDI maka tidak selalu meningkatkan Emisi CO₂ di Kawasan ASEAN. Hal ini terjadi karena adanya kebijakan pajak karbon yang efektif dilakukan di ASEAN sehingga perusahaan akan mencari cara untuk mengurangi emisi.
3. Variabel Jumlah Penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan bahwa jika Jumlah Penduduk di

ECONOMIE

Kawasan ASEAN mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi CO₂. Fenomena ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk akan mengakibatkan kenaikan produktivitas. Namun, peningkatan produktivitas ini turut memberikan tekanan terhadap lingkungan.

4. Variabel Laju Industri memiliki pengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂. Pengaruh yang tidak signifikan ini berarti apabila terjadi peningkatan Laju Industri maka tidak selalu meningkatkan Emisi CO₂ di Kawasan ASEAN. Fenomena ini terjadi karena banyak terjadi perubahan pada struktur industri yang membuat manufaktur dan teknologi tinggi menciptakan emisi yang rendah dalam proses produksi
5. Variabel PDB, FDI, Jumlah Penduduk, dan Laju Industri secara bersama-sama (simultan) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap Emisi CO₂ di kawasan ASEAN.

2) Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang mampu peneliti sampaikan:

1. Dalam peningkatan pertumbuhan ekonomi negara di ASEAN harus diikuti pula regulasi untuk industri dan investasi dalam teknologi ramah lingkungan untuk mendorong pengembangan teknologi baru yang lebih inovatif dan bisa mencegah bahkan mengurangi degradasi lingkungan.
2. Kontrol terhadap jumlah penduduk juga diperlukan untuk mencegah kerusakan lingkungan yang semakin parah.
3. Diperlukan kebijakan yang selalu dinamis untuk mengontrol industri yang ramah lingkungan sehingga pertumbuhan ekonomi tidak diikuti dengan degradasi lingkungan. Oleh karena itu, pembangunan berkelanjutan sangat diperlukan dalam setiap rencana pembuatan kebijakan.
4. Bagi masyarakat luas, pentingnya untuk turut menjaga kelestarian lingkungan dengan melakukan kegiatan konsumsi secukupnya, dan membatasi aktivitas yang bisa menimbulkan lonjakan emisi karbon yang pada akhirnya dapat menyebabkan penumpukan gas rumah kaca.
5. Bagi peneliti selanjutnya, masih terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini, untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk menambah variabel lain yang lebih bisa menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi emisi CO₂ seperti teknologi, konsumsi, dan lain-lain. Peneliti juga menyarankan penggunaan metode lain dalam penelitian agar memberikan hasil yang variatif dan mungkin bisa menjelaskan hasil menjadi lebih baik dan akurat.

Daftar Pustaka

- Ahmed, adeel, Al-Amin, A. Q., Alam, Md. M., & Doberstein, B. (2021). COP Adoption, Implications and Projections of Climate Change Mitigation Policy for ASEAN Region. In *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-549288/v1>
- Alzura, D., & Wilujeng, S. A. (2024). Estimasi Emisi CO₂ dari Sektor Energi di Industri Transformator PT XYZ. *Jurnal Teknik ITS*, 13(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v13i3.149433>
- Anwar, M. A., Zhang, Q., Asmi, F., Hussain, N., Plantinga, A., Zafar, M. W., & Sinha, A. (2022). Global perspectives on environmental kuznets curve: A bibliometric review. *Gondwana Research*, 103, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.11.010>
- Ayu, P., Andrianus, F., Saibah, B. R. A. M., Sufiawan, N. A., & Cahyadi, R. V. K. (2024). Implikasi Variabel Lingkungan, Makroekonomi dan Mikroekonomi dari Penerapan Pajak Karbon Menuju Ekonomi Berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(1), 1003–1024. <https://doi.org/10.31955/mea.v8i1.3785>
- Azulaidin, A. (2021). Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pertumbuhan Ekonomi. *Juripol*, 4(1), 30–34. <https://doi.org/10.33395/juripol.v4i1.10961>
- BAPPENAS. (2025). *SDGs KNOWLEDGE HUB*. SDGs. <https://sdgs.bappenas.go.id/>
- Bunnag, T. (2023). Analyzing Short-run and Long-run Causality Relationship among CO₂ Emission, Energy Consumption, GDP, Square of GDP, and Foreign Direct Investment in Environmental Kuznets Curve for Thailand. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 341–348. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14088>
- Christy, A. H., & Sakti, R. K. (2022). Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Karbon Analisis Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) Pada Negara High Income Di Kawasan Asean Tahun 1998-2018. *Journal of Development Economic and Social Studies*, 1(4), 520–528. <https://doi.org/10.21776/jdess.2022.01.4.02>
- Field, B. C., & Field, M. K. (2017). *Environmental Economics: an Introduction*. New York: McGraw-Hill.
- Fougères, D., Jones, M., McElwee, P. D., Andrade, A., & Edwards, S. R. (2022). Transformative Conservation of Ecosystems. *Global Sustainability*, 1–27. <https://doi.org/10.1017/sus.2022.4>
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Gujarati, D. (2013). *Dasar-Dasar Ekonometrika* (5th ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Hassan, S. T., Batool, B., Sadiq, M., & Zhu, B. (2022). How Do Green Energy Investment, Economic Policy Uncertainty, and Natural Resources Affect Greenhouse Gas Emissions? A Markov-Switching Equilibrium Approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 97, 106887. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106887>
- Huang, J., Li, X., Wang, Y., & Lei, H. (2021). The Effect of Energy Patents on China's Carbon Emissions: Evidence from the STIRPAT model. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121110. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121110>
- IPCC. (2022). Annex I: Glossary. In *Global Warming of 1.5°C* (pp. 541–562). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.008>
- Karimi, K., Putri, F. Z., Hamdi, M., Bakaruddin, B., & Rahayu, N. I. (2022). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Industri, Penanaman Modal Asing dan Kemiskinan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia. *Jurnal Akuntansi dan Ekonomika*, 12(2), 221–228. <https://doi.org/10.37859/jae.v12i2.4302>
- Kim, S. (2019). CO₂ Emissions, Foreign Direct Investments, Energy Consumption, and GDP in Developing Countries: A More Comprehensive Study Using Panel Vector Error Correction Model. *The Korean Economic Review*, 35(1), 5–24. <http://doi.org/10.22841/kerdoi.2019.35.1.001>

ECONOMIE

- Kuznet, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28. <https://assets.aeaweb.org/asset-server/files/9438.pdf>
- Leal, P. H., & Marques, A. C. (2022). The Evolution of The Environmental Kuznets Curve Hypothesis Assessment: A Literature Review Under A Critical Analysis Perspective. *Heliyon*, 8(11), e11521. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11521>
- Maroufi, N., & Hajilary, N. (2022). The Impacts of Economic Growth, Foreign Direct Investments, and Gas Consumption on The Environmental Kuznets Curve Hypothesis CO2 Emission In Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(56), 85350–85363. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20794-x>
- Marton, C., & Hagert, M. (2017). The Effects of FDI on Renewable Energy Consumption. *Lund University*. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8912090>
- 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>
- Nadeak, S. A. H., & Nasrudin, N. (2023). Pengaruh PDB per Kapita dan Konsumsi Energi terhadap Emisi GRK di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 23(2), 128–145. <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.09>
- Palupi, P. G. S., Muchtar, M., & Sihombing, P. R. (2023). Pengaruh Pajak Karbon, Penggunaan Bahan Bakar Fosil, Dan Pertumbuhan PDB Terhadap Emisi Karbon. *Jurnalku*, 3(2), 119–127. <https://doi.org/10.54957/jurnalku.v3i2.385>
- Panayotou, T. (2003). Economic Growth and The Environment. *United Nations Economic Commission for Europe, Spring Seminar 2003: Sustainable Development in the ECE Region, Palais Des Nations, Geneva, 3 March.*, 49. <https://unece.org/fileadmin/DAM/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf>
- Pangestu, R. C. K., & Ayuningsasi, A. A. K. (2024). Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia. *Inisiatif: Jurnal Ekonomi, Akuntansi dan Manajemen*, 3(4), 297–311. <https://doi.org/10.30640/inisiatif.v3i4.3154>
- Prasetyanto, P. K., Sugiharti, R. R., & Panjawa, J. L. (2023). *Degradasi Lingkungan & Pembangunan Ekonomi: Kajian Teoritis & Tinjauan Perspektif Regional* (Andriyanto, Ed.). Klaten: Lakeisha.
- Pratama, A. (2022). Pengaruh Industrialisasi terhadap Emisi CO2 di Indonesia. *Jurnal Ecodemica Jurnal Ekonomi Manajemen dan Bisnis*, 6(1), 98–110. <https://doi.org/10.31294/eco.v6i1.11726>
- Putra, A. B., Purwaningsih, F. W., Hikam, A. N., & Wau, T. (2024). Pengaruh Keterbukaan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Kualitas Lingkungan Studi Negara G20. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Bisnis*, 29(1), 105–117. <https://doi.org/10.35760/eb.2024.v29i1.8654>
- Rahmawati, A., & Robertus, M. H. (2023). Pengaruh Konsumsi Listrik, Pertumbuhan Ekonomi, Industrialisasi, dan Keterbukaan Perdagangan terhadap Emisi CO2 di Indonesia tahun 1983-2019. *Diponegoro Journal of Economics*, 12(3), 13–21. <https://doi.org/10.14710/djoe.39536>
- Santi, R., & Sasana, H. (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). <https://doi.org/10.14710/djoe.31595>
- Shidiq, M., Htet, H., Noor Rakhiemah, A., Abdullah, A., Pradnyaswari, I., & Suryadi, B. (2024). How Effective is The Carbon Pricing Implementation in ASEAN Member States to Reduce Regional Emissions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1395(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1395/1/012032>
- Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., Wood, J., Zhao, Y., & Dou, X. (2022). The Integrated Impact of GDP Growth, Industrialization, Energy Use, and Urbanization

ECONOMIE

- on CO2 Emissions in Developing Countries: Evidence from the Panel ARDL Approach. *Science of The Total Environment*, 837, 155795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795>
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2006). *Pembangunan Ekonomi* (9th ed.). Jakarta: Erlangga.
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2011). *Pembangunan Ekonomi* (11th ed.). Jakarta: Erlangga.
- World Bank. (2023). *World Bank Group Country Classifications y Income Level for FY24*. Data Blog. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378834-how-does-the-world-bank-classify-countries>
- World Bank. (2025). *World Development Indicators*. DataBank. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>