

## **Pengaruh Ekonomi dan Non-Ekonomi terhadap Emisi Karbon di Negara ASEAN: Analisis *Environmental Kuznets Curve***

<sup>1\*</sup>Najma Taralia Farah; <sup>2</sup>Muhammad Rudi Nugroho

<sup>1-2</sup>Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta Indonesia

\*Penulis Koresponden, e-mail: 21108010004@student.uin-suka.ac.id

Diterima: 06-11-2024

Disetujui: 08-12-2024

---

---

### **Abstrak**

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh emisi karbon pada beberapa negara untuk meminimalisir dampaknya melalui Analisis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Penelitian ini menggunakan analisis data panel gabungan dari *cross-section* 6 negara ASEAN dengan *time series* 2015 hingga 2023. Hasil uji spesifikasi model menunjukkan bahwa pendekatan *System Generalized Method of Moments* adalah model terbaik untuk digunakan. Ditemukan bahwa variabel Populasi, Kualitas Pemerintah, Pertumbuhan Ekonomi, Keterbukaan Perdagangan dan FDI (*Foreign Direct Investment*), berpengaruh terhadap emisi karbon. Variabel Populasi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Keterbukaan Perdagangan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon. Sedangkan variabel Kualitas Pemerintah memiliki pengaruh negative dan signifikan terhadap emisi karbon. Namun, dalam jangka panjang variabel kualitas pemerintah berpengaruh negative dan tidak signifikan terhadap emisi karbon dan variabel FDI berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon di Negara ASEAN-6 dari tahun 2015 hingga 2023.

**Kata Kunci:** Emisi Karbon, Populasi, Kualitas Pemerintah, Pertumbuhan Ekonomi, Keterbukaan Perdagangan, FDI.

### **Abstract**

The study aims to determine the effect of carbon emissions on several countries to minimize their impact through Environmental Kuznets Curve (EKC) Analysis. This study uses combined panel data analysis from a cross-section of 6 ASEAN countries with a time series from 2015 to 2023. The results of the model specification test show that the System Generalized Method of Moments approach is the best model to use. It was found that the Population, Government Quality, Economic Growth, Trade Openness and FDI (Foreign Direct Investment) variables have an effect on carbon emissions. The Population, Economic Growth, and Trade Openness variables have a positive and significant effect on carbon emissions. While the Government Quality variable has a negative and significant effect on carbon emissions. However, in the long term the government quality variable has a negative and insignificant effect on carbon emissions and the FDI variable has a significant positive effect on carbon emissions in ASEAN-6 countries from 2015 to 2023.

**Keywords:** Carbon Emissions, Economic Growth, Population, Government Quality, Trade Openness, FDI

---

---

## Pendahuluan

Selama beberapa abad ini telah terjadi peningkatan emisi karbon yang menjadi perhatian besar di negara-negara di seluruh dunia salah satu faktor penyebabnya adalah degradasi lingkungan yang terjadi secara terus menerus (Yamaka, Phadkantha, dan Rakpho 2021). Kerusakan lingkungan akan mengurangi ketersediaan sumber daya yang dapat menghambat kemampuan proses produksi barang dan jasa (Todaro 2012). Banyak studi empiris yang meneliti beberapa faktor yang dapat mempengaruhi emisi karbon. Adrian (2024) dan Wang, Yang, dan Li (2023), pertumbuhan ekonomi memiliki pengaruh positif terhadap emisi karbon. Suhartoko dan Dewinta (2023) pertumbuhan ekonomi, FDI, dan jumlah penduduk berpengaruh terhadap peningkatan emisi karbon. Yamaka dkk. (2021) menemukan bahwa negara maju belum mampu mengendalikan dan menjaga lingkungan sebagai akibat dari pertumbuhan ekonomi. Hal ini tidak selaras dengan (Rambeli dkk. 2021), negara maju mampu mengurangi emisi karbon melalui kegiatan ekonomi yang ramah lingkungan, sedangkan negara berkembang belum mampu mengoptimalkan penggunaan kegiatan ekonomi yang ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, peneliti ingin menyelidiki pengaruh emisi karbon dengan beberapa variabel, yaitu variabel ekonomi dan non ekonomi. Variabel ekonomi terdiri dari pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, dan FDI (*Foreign Direct Investment*), sedangkan variabel non ekonomi terdiri dari kualitas pemerintah dan populasi. Pertama, menggunakan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menjelaskan bagaimana pertumbuhan ekonomi berdampak pada emisi karbon atau kerusakan lingkungan. Produk Domestik Bruto per kapita, digunakan peneliti sebagai representasi teori pertumbuhan ekonomi untuk menggambarkan pertumbuhan ekonomi yang dirujuk dari sumber yang ditulis oleh Todaro (2012). Selanjutnya, FDI peneliti menggunakan teori *Pollution Haven Hypothesis* (PHH) dirujuk dari penelitian yang dilakukan oleh Mert dan Caglar (2020) dan Chiriluş dan Costea (2023). FDI (*Foreign Direct Investment*) merupakan salah satu faktor penentu kerusakan lingkungan (emisi karbon). Beberapa pertimbangan mengapa variabel FDI menjadi penting dalam penelitian terkait emisi karbon, yaitu:

Pertama, FDI salah satu upaya suatu negara untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi agar tumbuh lebih baik melalui peningkatan arus modal, kesempatan kerja, dan ekspor-impor yang diharapkan dapat membantu menyediakan investasi berkelanjutan bagi suatu negara dan tidak terpengaruh oleh perubahan industri atau ekonomi (Rahmadiani, Nairobi, dan Darmawan 2023). Kedua, negara-negara dapat memperoleh teknologi ramah lingkungan yang lebih canggih, dan keterbukaan perdagangan merupakan faktor penting dalam mengurangi emisi karbon. Sejalan dengan Rahmadiani dkk. (2023), efisiensi dalam penggunaan teknologi dapat memberikan pengaruh positif terhadap emisi karbon. Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan kesempatan kerja dan mendorong negara untuk menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Shahbaz dkk. (2013) menyatakan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara variabel pertumbuhan ekonomi dan keterbukaan perdagangan terhadap emisi karbon. Ketiga, dampak teori *Pollution Haven Hypothesis* (PHH), FDI sangat penting karena negara dengan produksi yang intensif akan menerima polusi dari negara dengan peraturan lingkungan yang lebih ketat. Ini menunjukkan seberapa penting FDI dapat memberikan dampak terhadap peningkatan emisi karbon (Mert dan Caglar 2020). Sejalan dengan Chiriluş dan Costea (2023) menemukan bahwa teori PHH merupakan teori ekonomi yang menyatakan bahwa bisnis akan mempertimbangkan produksinya dari negara dengan regulasi lingkungan yang kuat ke negara dengan regulasi lingkungan yang lebih lemah karena biaya untuk mematuhi regulasi asal lebih tinggi daripada biaya untuk tidak mematuhi regulasi investor.

Dalam variabel faktor non-ekonomi terdapat kualitas pemerintah dan populasi. Kualitas pemerintah memiliki peran penting dalam mengurangi emisi karbon. Mahjabeen dkk., (2020), peran pemerintah yang kuat dapat mengurangi emisi karbon dengan meningkatkan kualitas lingkungan dan pertumbuhan ekonomi dengan memberlakukan alokasi sumber daya yang efisien dan menarik investasi asing. Sebaliknya, emisi karbon yang terus meningkat tidak dapat diselesaikan dengan regulasi pemerintah yang lemah. Akibatnya, pengaruh pemerintah terhadap emisi karbon perlu diteliti lebih

lanjut. Namun, jumlah penduduk dalam penelitian ini sangat penting karena jumlah penduduk dapat meningkatkan CO<sub>2</sub>. Jumlah penduduk yang meningkat tidak diimbangi dengan praktik dan teknologi berkelanjutan yang ramah lingkungan menyebabkan peningkatan emisi karbon (Rafif, Sumarjiyanto, dan Maria 2024).

Melihat adanya *research gap* pada hasil penelitian yang tidak konsisten, peneliti tertarik untuk meneliti dampak pertumbuhan ekonomi dan beberapa variabel penjelas terhadap emisi karbon dengan fokus penelitian pada ASEAN-6, yaitu Indonesia, Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, dan Vietnam dengan mengangkat isu Pengaruh Ekonomi dan Non-Ekonomi terhadap Emisi Karbon ASEAN-6: Analisis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Penelitian ini dapat berguna sebagai media antara literatur yang berfokus pada keberlanjutan energi, lingkungan dan ekonomi hijau.

### **Metode**

Penelitian ini berfokus untuk melihat perbandingan dan kausalitas antar variabel, sehingga metode pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* yang menekankan pada informasi tertentu yang dapat memberikan jawaban atas permasalahan penelitian. Negara-negara yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah negara-negara yang termasuk dalam beberapa kelompok negara yang memiliki GDP tertinggi, memiliki hubungan dengan negara lain dengan menerapkan keterbukaan perdagangan, dan negara berkembang yang memiliki jumlah penduduk tertinggi. Rentang waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2023 karena pada tahun tersebut terjadi peningkatan yang cukup signifikan sebagai penghasil emisi karbon. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data panel. Data dalam penelitian ini diperoleh dari situs resmi Bank Dunia, *World Integrated Trade Solution* (WITS), dan WGI (*World Government Index*). Data sekunder dalam penelitian ini merupakan gabungan dari data time series dan data cross-section. ASEAN-6 terdiri dari Indonesia, Malaysia, Myanmar, Filipina, Singapura, dan Vietnam.

### **Hasil dan Pembahasan**

ASEAN (*Association of Southeast Asian Nation*) didirikan di Bangkok pada

tanggal 8 Agustus 1967 melalui penandatanganan perjanjian Deklarasi ASEAN oleh 5 negara pendiri ASEAN, yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura, dan Thailand. Tujuan didirikannya ASEAN untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi, kemajuan sosial, dan pengembangan budaya di kawasan Asia Tenggara; meningkatkan kerja sama di bidang ekonomi, sosial, ilmu pengetahuan, dan bidang-bidang lainnya di kawasan Asia Tenggara; serta menjaga kerja sama yang erat antara negara-negara regional dan internasional (Kementerian Keuangan Republik Indonesia 2019). Emisi karbon adalah proses pelepasan karbon ke atmosfer atau gas buangan yang dapat menyebabkan perubahan iklim, umumnya disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan pemanasan global (World Bank 2022). Alasan penggunaan emisi karbon sebagai indikator proksi karena penyumbang polusi udara terbesar dan berbahaya jika tidak segera ditangani yang dinyatakan dalam jutaan ton.

Menurut teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC), emisi karbon juga dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan di seluruh dunia (Rizki dan Anggraeni 2022). Hal ini sejalan dengan Panayotou (1993) dan Chiriluş dan Costea (2023) menyatakan bahwa tingkat degradasi lingkungan menurut *Environmental Kuznets Curve* (EKC) akan meningkat seiring meningkatnya pendapatan. Dalam 6 negara ASEAN, salah satunya merupakan negara maju dengan penghasil emisi karbon terbesar yaitu Singapura, dikarenakan banyaknya sektor industri yang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon. Sedangkan empat negara lainnya merupakan negara berkembang dengan emisi karbon yang lebih rendah dari Singapura.

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel yang terdiri dari variabel *independen* dan *dependen*. Variabel *independen* merupakan penyebab timbulnya pengaruh dari variabel *dependen* yang diberi label (X), sedangkan variabel *dependen* merupakan variabel yang dipengaruhi oleh adanya variabel independen yang diberi label (Y). Selain itu, dalam penelitian ini menggunakan metode regresi analisis. Dalam persamaan regresi hanya ada satu variabel dependen. Tujuan dari analisis regresi adalah untuk mendapatkan koefisien

dari variabel independen atau penjelas. Secara umum, model regresi adalah sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + u$$

Keterangan:

$y$  : variabel dependen

$x_1, x_2, \dots, x_p$ : variabel bebas atau penjelas yang bersifat tetap (fixed variable)

$\beta_0, \beta_1, \beta_p$  : parameter regresi (koefisien)

$X_1$  : Variabel Populasi

$X_4$  : Keterbukaan Pedagangan

$X_2$  : Variabel Kualitas Pemerintah

$X_5$  : FDI

$X_3$  : Pertumbuhan Ekonomi

$u$ : error variable

Dalam penelitian ini, metode analisis data panel dinamis digunakan sebagai metode analisis data. (Baltagi 2005), menyatakan bahwa regresi data panel dinamis merupakan metode regresi yang menambahkan lag pada variabel *dependen* menjadi variabel independen. Akibatnya, jika model data panel dinamis menggunakan estimasi *Ordinary Least Square*, maka hasil estimasi menjadi bias dan tidak konsisten. Lag pada variabel *dependen* juga merupakan hasil dari korelasi antara error dan variabel independen. Nilai dari suatu variabel yang berubah dari waktu ke waktu dan dipengaruhi oleh variabel lain bersifat dinamis (Arellano dan Bond 1991). Oleh karena itu, dalam mengatasi masalah korelasi tersebut, digunakan metode analisis data panel dengan variabel instrumen untuk menggantikan lag dari variabel *dependen*. Salah satunya dapat menggunakan estimasi *Generalized Method of Moment*.

Metode *Generalized Method of Moment* menurut Arellano dan Bond (1991) secara umum menggunakan dua metode estimasi, yaitu *First Difference GMM* (FD-GMM), atau *Arellano Bond GMM* (AB-GMM) dan *System GMM* (SYS-GMM). Pendekatan dua tahap dianggap lebih efisien dan tahan terhadap heteroskedastisitas dan autokorelasi. GMM merupakan metode yang mempertimbangkan korelasi antara lag variabel *dependen* dengan residual.

(Andrews dan Lu 2001) menyatakan bahwa dalam memilih model GMM terbaik, diperlukan beberapa kriteria yang dapat digunakan, yaitu; 1) Instrumen yang valid, yaitu jika tidak ada korelasi antara instrumen dengan komponen error. Uji Sargan digunakan untuk mengidentifikasi validitas secara keseluruhan dari penggunaan variabel instrumen yang jumlahnya melebihi

jumlah parameter yang diestimasi. Jika setelah dilakukan uji Sargan dan hasilnya menunjukkan penolakan terhadap hipotesis nol, maka instrumen tersebut valid. 2) Konsisten, yaitu untuk melihat konsistensi dari hasil estimasi yang akan dilakukan dengan uji autokorelasi dengan menggunakan statistik Arellano-Bond m1 dan m2. Konsistensi ini dapat dilihat dari uji Arellano-Bond, statistik m1 menunjukkan bahwa hipotesis nol ditolak dan m2 menunjukkan bahwa hipotesis nol tidak ditolak. 3) Tidak bias, yaitu terjadi apabila estimator GMM terletak diantara estimator *pooled least square* dan *fixed effect*. Dengan adanya pengaruh individu, *pooled least squares* akan memberikan estimasi dengan bias ke atas sedangkan *fixed effect* akan memberikan estimasi dengan bias ke bawah.

Blundell dan Bond (1998) mengatakan bahwa pentingnya penerapan kondisi awal dalam membuat estimator yang efektif untuk model data panel dinamis ketika T kecil. Misalkan model autoregressive data panel dinamis tanpa regressor eksogen, Sys-GMM dapat mengatasi masalah lemahnya instrumen pada estimator FD-GMM. Hasilnya, hanya ada satu kondisi ortogonal yang diberikan oleh  $E(Y_{i1} \Delta V_i) = 0$  sehingga  $\delta$  dapat diidentifikasi. Dengan meregresikan  $\Delta Y_{i2}$  terhadap  $Y_{i1}$ , tahap pertama dari regresi variabel instrumen diperoleh. *SYS-GMM* merupakan metode estimasi parameter yang menggabungkan matriks variabel instrumen pertama dan level untuk mendapatkan estimator metode yang lebih baik (Blundell dan Bond 1998).

Sehingga dapat dibentuk persamaan:

$$y_{i,t} = \delta y_{i,t-1} + u_{i,t}$$

$$E(U_i) = 0, E(V_{it}) = 0 \text{ dan } E(U_i * V_{it}) = 0 \text{ untuk } i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

Keterangan:

$y_{i,t}$  : variabel dependen dari observasi cross-section ke-i pada waktu t

$\delta$  : koefisien lag variabel dependen

$y_{i,t-1}$  : lag variabel dependen y dari cross-section ke-i pada waktu t-1

$u_{i,t}$  : error dari cross-section ke-i pada waktu t

Penelitian ini menggunakan regresi data panel dinamis dengan pendekatan *Arellano Bond GMM* dan *Sys-GMM* yang diolah dengan program *Stata-14*. Model estimator berubah karena lag variabel dependen ditambahkan

dengan lag variabel independen. Pada regresi data panel statis, keefektifan dan konsistensi ditunjukkan oleh estimasi model *Random Effect* (REM), *Pooled Least Square* (PLS), dan *Fixed Effect Model* (FEM) dengan metode kuadrat terkecil.

Pada data panel dinamis,  $y_{it}$  merupakan fungsi dari  $\mu_i$  dan  $y_{it-1}$  merupakan fungsi dari  $\mu_i$ . Meskipun  $y_{it}$  tidak memiliki korelasi serial, estimasi dengan metode kuadrat terkecil akan menghasilkan estimasi yang bias dan tidak konsisten (Baltagi 2005). Estimasi model *Generalized Method of Moments* (GMM) menghasilkan estimasi parameter yang tidak bias, konsisten, dan efisien. Penggunaan GMM didasarkan pada dua alasan: GMM bertujuan untuk penilaian dan perbandingan, dan GMM menawarkan alternatif yang sederhana untuk estimator lainnya, terutama yang terkait dengan *maximum likelihood*. GMM (*Generalized Method of Moment*) dapat dikatakan sebagai metode estimasi terbaik yang melibatkan variabel dependen karena adanya autokorelasi akibat adanya lag, sehingga dapat menyebabkan hubungan antar data menjadi dinamis (Arellano dan Bond 1991). Untuk menghitung ketepatan uji GMM pada penelitian ini menggunakan beberapa cara seperti analisis hasil uji hipotesis, uji spesifikasi model, uji ketidakbiasaan, uji tes GMM terbaik, dan persamaan jangka panjang.

Uji Signifikansi Model

Uji Simultan (Uji F)

Tabel 2 Hasil Uji F

Wald chi2 (6)	=	97.28
Prob > chi2	=	0.0000

Sumber: STATA 14 (diolah), 2024

H0 ditolak dan H1 diterima, berdasarkan hasil uji F nilai probabilitasnya  $0,0000 < 0,1$ . Sehingga, variabel bebas secara simultan berpengaruh terhadap variabel terikat.

Uji Parsial (Uji Sargan)

Tabel 3 Hasil Uji Sargan

<b>. estat sargan</b>		
Sargan test of overidentifying restrictions		
H0: overidentifying restrictions are valid		
chi2 (26)	=	28.016
Prob > chi2	=	0.3577



Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Hasil uji Sargan menunjukkan nilai *chi square* sebesar 28,016 dengan nilai p sebesar  $0,3577 > 0,1$ . Maka model tersebut valid.

Uji Konsistensi

Tabel 4 Hasil Uji Konsistensi

```
. estat abond
Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors
```

Order	z	Prob > z
1	-1.6247	0.1042
2	1.5401	0.1235

H0: no autocorrelation

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Hasil uji menunjukkan bahwa nilai z hitung pada orde 2 sebesar 1,5401 dengan nilai p  $0,1235 > 0,1$ . H0 menjadi konsisten.

Uji Ketidakbiasan

Tabel 5 Uji Ketidakbiasan

```
. estimate table fdgmm fem cem
```

Variable	fdgmm	fem	cem
1Y			
L1.	.4096017	.39574004	.95433633
1X1	.53963238	.92411583	-.0345834
1X2	-.2101662	-.18509033	.0276124
1X3	.610736	.65020659	-.06441187
1X4	.08905282	.07884653	.02535137
1X5	.05030779	.04296632	.03742541
_cons	-15.077594	-22.140104	.16433509

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Dengan demikian, berdasarkan tabel 5 diperoleh; 1) Uji Sargan: H0 diterima, maka model Valid; 2) Uji Arrelano Bond: H0 diterima, maka data konsisten; 3) Pada Uji Ketidakbiasannya: Nilai Koefisien Endogen Lag 1 Model *First Difference Generalized Method of Moments* > Nilai Koefisien Endogen Lag 1 Model FEM sehingga model ini telah memenuhi syarat ketidakbiasan.

Uji Spesifikasi Model

Uji First Difference Generalized Method of Moments

Tabel 6 Hasil Estimasi Uji AB-GMM

```

. xtabond lY lX1 lX2 lX3 lX4 lX5, lags(1) artests(2)
Arellano-Bond dynamic panel-data estimation      Number of obs   =       42
Group variable: negara                          Number of groups =        6
Time variable: Tahun

Obs per group:
      min =       7
      avg =       7
      max =       7

Number of instruments =      33                  Wald chi2(6)    =      97.28
                                                Prob > chi2     =      0.0000

One-step results

```

	lY	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lY							
L1.		.4096017	.1507057	2.72	0.007	.114224	.7049794
lX1		-.5396324	.6921825	0.78	0.436	-.8170204	1.896285
lX2		-.2101662	.0827964	-2.54	0.011	-.3724442	-.0478882
lX3		.610736	.237436	2.57	0.010	.14537	1.076102
lX4		.0890528	.1727499	0.52	0.606	-.2495308	.4276364
lX5		.0503078	.0358897	1.40	0.161	-.0200348	.1206504
_cons		-15.07759	11.85203	-1.27	0.203	-38.30714	8.151953

```

Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/.) lY
Standard: D.lX1 D.lX2 D.lX3 D.lX4 D.lX5
Instruments for level equation

```

Sumber: STATA 14 (diolah), 2024

Berdasarkan tabel 6 hasil analisis dapat disimpulkan; 1) Pengaruh X1 sebesar 0,5396324 dengan nilai p 0,436 > 0,1, maka terima H1 atau tidak signifikan. Setiap kenaikan X1 sebesar satu satuan akan menurunkan emisi karbon sebesar 53,96%. 2) Pengaruh X2 sebesar -0,2101662 dengan nilai p 0,011 < 0,1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan X2 sebesar satu satuan akan meningkatkan emisi karbon sebesar 21,01%. 129. 3) Pengaruh X3 sebesar 0,610736 dengan nilai p 0,010 < 0,1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan X3 (pertumbuhan ekonomi) sebesar satu satuan akan meningkatkan emisi karbon sebesar 61,07%. 4) Pengaruh X4 sebesar 0,0890528 dengan nilai p 0,606 > 0,1, maka terima H1 atau tidak signifikan. Setiap kenaikan X4 sebesar satu satuan akan menurunkan emisi karbon sebesar 0,089%. 5) Pengaruh X5 sebesar 0,0503078 dengan nilai p 0,161 > 0,1, maka terima H1 atau tidak signifikan. Setiap kenaikan satu satuan X5 akan menurunkan emisi karbon sebesar 0,050%.

Hasil analisis FD-GMM di atas menunjukkan bahwa nilai koefisien Endogen Lag 1 variabel Y sebesar 0,4096017 > nilai koefisien Endogen Lag 1 pada model FEM yaitu sebesar 0,39574004 dan CEM sebesar 0,95433633.

Sehingga tidak terjadi *downward bias*.

Sys GMM

Uji Sargan (Uji Validitas Model) (Uji F)

Tabel 7 Hasil Uji Sargan Sys-GMM

```
. estat sargan
Sargan test of overidentifying restrictions
      H0: overidentifying restrictions are valid

      chi2(33)      =  32.19041
      Prob > chi2   =   0.5072
```

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Hasil Uji Sargan menunjukkan bahwa nilai *chi square* sebesar 32.19041 dengan nilai *p value* sebesar  $0.5072 > 0.1$ . Model tersebut menjadi valid.

Uji Konsistensi Sys-GMM

Tabel 8 Hasil Uji Konsistensi Sys-GMM

```
. estat abond
Arellano-Bond test for zero autocorrelation in first-differenced errors
```

Order	z	Prob > z
1	-1.9432	0.0520
2	1.2185	0.2230

```
H0: no autocorrelation
```

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Hasil Uji konsistensi, nilai z hitung pada orde 2 sebesar 1.2185 dengan *p-value* sebesar  $0.2230 > 0.1$ , sehingga H0 diterima atau model konsisten. Dengan demikian, dapat diperoleh; 1) Uji Sargan: Terima H0, maka model valid. 2) Uji Arrelano-Bond: Terima H0, maka model konsisten.

Pada Uji Ketidakbiasan: Nilai Koefisien Endogen Lag 1 dari model Sys-GMM berada di antara nilai koefisien Endogen Lag 1 dari model FEM dan CEM, sehingga telah memenuhi syarat ketidakbiasan. Model yang dipilih adalah model *Blundell-Bond* atau Sys-GMM karena memenuhi persyaratan *overidentifying*, konsistensi, dan ketidakbiasan.

Uji Ketidakbiasan

Tabel 9 Hasil Uji Ketidakbiasan

Variable	fdgmm	sysgmm	fem	cem
lY				
L1.	.4096017	.67968687	.39574004	.95433633
lX1	.53963238	.24460811	.92411583	-.0345834
lX2	-.2101662	-.09597315	-.18509033	.0276124
lX3	.610736	.23755752	.65020659	-.06441187
lX4	.08905282	.29738014	.07884653	.02535137
lX5	.05030779	.0543315	.04296632	.03742541

Sumber: STATA 14 (diolah), 2024

Berdasarkan hasil analisis, nilai koefisien Endogen Lag 1 sebesar 0.67968687 > nilai koefisien Endogen Lag 1 pada model FEM (*Fixed Effect Model*) 0.39574004 < nilai koefisien Endogen Lag 1 pada model CEM (*Common Effect Model*) yaitu 0.95433633, sehingga uji Sys-GMM tidak terjadi *downward bias*.

Uji Sys-GMM

Tabel 10 Hasil Uji Sys-GMM

```

. xtddpsys lY lX1 lX2 lX3 lX4 lX5, lags(1) artests(2)
System dynamic panel-data estimation      Number of obs   =       48
Group variable: negara                    Number of groups =        6
Time variable: Tahun

Obs per group:
      min =        8
      avg =        8
      max =        8

Number of instruments =       40          Wald chi2(6)     =    1370.25
                                          Prob > chi2     =        0.0000

One-step results

```

	lY	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
lY						
L1.		.6796869	.0895896	7.59	0.000	.5040945 .8552793
lX1		.2446081	.0940621	2.60	0.009	.0602499 .4289664
lX2		-.0959732	.0534572	-1.80	0.073	-.2007474 .0088011
lX3		.2375575	.1152896	2.06	0.039	.0115941 .4635209
lX4		.2973801	.1050707	2.83	0.005	.0914453 .503315
lX5		.0543315	.0369911	1.47	0.142	-.0181696 .1268326
_cons		-8.343813	2.398728	-3.48	0.001	-13.04523 -3.642392

```

Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/.)lY
Standard: D.lX1 D.lX2 D.lX3 D.lX4 D.lX5
Instruments for level equation
GMM-type: LD.lY

```

Sumber: STATA 14 (diolah), 2024

Berdasarkan tabel 10 hasil analisis dapat disimpulkan; 1) Pengaruh X1 sebesar 0.2446081 dengan nilai p sebesar 0.009 < 0.1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada X1 akan meningkatkan emisi karbon sebesar 24,46%. 2) Pengaruh X2 sebesar -0.0959732 dengan nilai p

0.073 < 0.1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada X2 akan menurunkan emisi karbon sebesar 0,095%. 3) Pengaruh X3 sebesar 0.2375575 dengan nilai p 0.039 < 0.1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada X3 akan meningkatkan emisi karbon sebesar 23,75%. 4) Pengaruh X4 sebesar 0.2973801 dengan nilai p sebesar 0.005 < 0.1, maka terima H0 atau signifikan. Setiap kenaikan satu unit pada X4 akan meningkatkan emisi karbon sebesar 29,73%. 5) Pengaruh X5 adalah 0.0543315 dengan nilai p sebesar 0.142 > 0.1, maka terima H1 atau tidak signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada X5 akan menurunkan emisi karbon sebesar 0,054%. Uji Simultan pada Model Terpilih *System Generalized Method of Moments (Sys-GMM)*

Tabel 11 Hasil Uji Simultan

Wald chi2 (6)	=	1370.25
Prob > chi2	=	0.0000

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Nilai Prob > Chi2 uji F sebesar 0.0000 < 0.1, maka pengaruh variabel X1, X2, X3, dan X4 terhadap variabel Y signifikan atau H0 diterima.

#### Persamaan Jangka Panjang Sys-GMM

Tabel 13 Persamaan Jangka Panjang

lY	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_nl_1:	.7636531	.2628753	2.91	0.004	.2484271	1.278879
_nl_2:	-.2996229	.2603063	-1.15	0.250	-.8098139	.2105681
_nl_3:	.7416415	.3550778	2.09	0.037	.0457018	1.437581
_nl_4:	.9284045	.2528994	3.67	0.000	.4327308	1.424078
_nl_5:	.16962	.1116484	1.52	0.129	-.049207	.3884469

Sumber: *STATA 14* (diolah), 2024

Hasil dari persamaan jangka panjang sebagai berikut; 1) Pengaruh X1 terhadap Y sebesar 0.7636531 dengan nilai p 0.004 < 0.1, maka terima H1 atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada X1 akan meningkatkan emisi karbon sebesar 76,36%. 2) Pengaruh X2 terhadap Y sebesar 0.2996229 dengan

nilai  $p$   $0.250 > 0.1$ , maka terima  $H_0$  atau tidak signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada  $X_2$  akan menurunkan emisi karbon sebesar 29,96%. 3) Pengaruh  $X_3$  terhadap  $Y$  sebesar 0.7416415 dengan  $p$   $0.037 < 0.1$ , maka terima  $H_1$  atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada  $X_3$  akan meningkatkan emisi karbon sebesar 74,16%. 4) Pengaruh  $X_4$  terhadap  $Y$  sebesar 0.9284045 dengan nilai  $p$   $0.000 < 0.1$ , maka terima  $H_1$  atau signifikan. Setiap kenaikan satu satuan pada  $X_4$  akan meningkatkan emisi karbon sebesar 92,84%. 5) Pengaruh  $X_5$  terhadap  $Y$  sebesar 0.16962 dengan nilai  $p$  sebesar  $0.129 > 0.1$ , maka terima  $H_0$  atau tidak signifikan. Setiap kenaikan satu unit  $X_5$  akan menurunkan emisi karbon sebesar 16,96%.

### **Penutup**

Dari hasil analisis pembahasan yang telah diuraikan, disimpulkan bahwa Populasi, Kualitas Pemerintahan, Pertumbuhan Ekonomi, Keterbukaan Perdagangan dan FDI (*Foreign Direct Investment*), berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan (diukur dengan  $CO_2$ ) dengan satuan matrik ton per kapita di negara ASEAN-6 pada tahun 2015-2023, artinya jika terjadi perubahan pada masing-masing variabel independen secara simultan, maka emisi karbon juga akan mengalami perubahan. Variabel Jumlah Penduduk, Pertumbuhan Ekonomi, dan Keterbukaan Perdagangan berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon. Sedangkan variabel Kualitas Pemerintah berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon. Dalam jangka panjang, variabel Kualitas Pemerintah berpengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap emisi karbon dan variabel FDI berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon.

Penelitian ini mencakup variabel ekonomi dan non-ekonomi berupa pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, FDI, kualitas pemerintah, dan populasi. Penelitian ini telah mengidentifikasi pengaruh *government quality* dan *populasi* sebagai variabel non-ekonomi. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel lain yang bersifat institusional atau sosial, seperti regulasi lingkungan, *rule of law*, atau kebijakan fiskal negara dalam pengendalian polusi untuk melihat pengaruh kualitas kelembagaan secara lebih spesifik terhadap emisi karbon. Hal ini penting untuk menangkap

segi tata kelola yang lebih komprehensif terhadap emisi karbon.

### Daftar Pustaka

- Adrian, Muhammad Adi. 2024. "Analisis Pengaruh Aktivitas Ekonomi terhadap Peningkatan Emisi Karbon: Studi Empiris Empat Negara ASEAN." *Jurnal Ekonomi Indonesia* 12(2):187–202. doi: 10.52813/jei.v12i2.379.
- Andrews, Donald W. K., dan Biao Lu. 2001. "Procedures for GMM estimation with application to dynamic panel data Models." *Journal of Econometrics* 101(1015):123–64.
- Arellano, Manuel, dan Stephen Bond. 1991. "Some Test of Spesification for Data Panel: Monte Carlo Evidence and an Aplication of Employment Equations." *Source: The Review of Economic Studies* 58(2):277–97.
- Baltagi, Badi H. 2005. *Econometric Analisis of Panel Data*. Vol. 16. Third. England: Jhon Wiley and Son Ltd.
- Blundell, Richard, dan Stephen Bond. 1998. "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models." *Journal of Econometrics* 87 115–43. doi: 10.1016/j.jeconom.2023.03.001.
- Chiriluș, Alexandru, dan Adrian Costea. 2023. "The Effect of FDI on Environmental Degradation in Romania: Testing the Pollution Haven Hypothesis." *Sustainability (Switzerland)* 15(13):3. doi:10.3390/su151310733.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. 2019. "ASEAN." *Fiskal Pedia Kementerian Keuangan*. Diambil 3 November 2024 (<https://fiskal.kemenkeu.go.id/fiskalpedia>).
- Mert, Mehmet, dan Abdullah Emre Caglar. 2020. "Testing pollution haven and pollution halo hypotheses for Turkey: a new perspective." *Environmental Science and Pollution Research* 27(26):32933–43. doi: 10.1007/s11356-020-09469-7.
- Panayotou, Theodore. 1993. *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. Vol. 4.
- Rafif, Farhan, Nugroho Sumarjiyanto, dan Benedictus Maria. 2024. "Determinan Emisi Co2 Pada Negara Anggota Asean." *Diponegoro Journal of Economics* 13(2):53–68.
- Rahmadiani, Austine, Nairobi Nairobi, dan Arif Darmawan. 2023. "Pengaruh Government Effectiveness dan Foreign Direct Investment terhadap GDP di Negara Asia Selatan." *Jurnal Riset Ilmu Ekonomi* 3(3):147–59. doi: 10.23969/jrie.v3i3.77.
- Rambeli, Norimah, Dayang Affizah Awang Marikan, Emilda Hashim, Siti Zubaidah Mohd Ariffin, Asmawi Hashim, dan Jan M. Podivinsky. 2021. "The determinants of carbon dioxide emissions in Malaysia and Singapore." *Jurnal Ekonomi Malaysia* 55(2):108–9. doi: 10.17576/JEM-2021-5502-9.
- Rizki, Christine Amalia, dan Puspitasari Wahyu Anggraeni. 2022. "Analisis Pengaruh Foreign Direct Investment, Penanaman Modal Dalam Negeri, Dan Gross Domestic Product Terhadap Emisi Karbon Di Indonesia." *Journal of Development Economic and Social Studies* 1(4):529–38. doi:

- 10.21776/jdess.2022.01.4.03.
- Shahbaz, Muhammad, Qazi Muhammad Adnan Hye, Aviral Kumar Tiwari, dan Nuno Carlos Leitão. 2013. "Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25:109–19. doi: 10.1016/j.rser.2013.04.009.
- Suhartoko, Yohanes Berchman, dan Gede Dewinta. 2023. "Dampak Pertumbuhan Ekonomi , Penanaman Modal Asing , Populasi , dan Konsumsi Energi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Enam Negara ASEAN Selama Periode 2000-2021." 11(2):815–31. doi: 10.33019/society.v11i2.557.
- Todaro, Michael P. 2012. *Economic Development Today*. 11 ed.
- Wang, Qiang, Ting Yang, dan Rongrong Li. 2023. "Does income inequality reshape the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis? A nonlinear panel data analysis." *Environmental Research* 216:2–17. doi: 10.1016/j.envres.2022.114575.
- World Bank. 2022. "Climate Explainer: Climate Change and Air Pollution." Diambil 19 September 2024 (<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/09/01/what-you-need-to-know-about-climate-change-and-air-pollution>).
- Yamaka, Woraphon, Rungrapee Phadkantha, dan Pichayakone Rakpho. 2021. "Economic and energy impacts on greenhouse gas emissions: A case study of China and the USA." *Energy Reports* 7:240–47. doi: 10.1016/j.egy.2021.06.040.