



## Determinasi Emisi Karbon Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia: Pendekatan EKC

Aisah Atnia Zulaikha<sup>1</sup>, Zulfa Emalia<sup>2</sup>, Resha Moniyana Putri<sup>3</sup>, Asih Murwiati<sup>4</sup>, Prayudha Ananta<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup> Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

### Article Info

#### Article history:

Received Juli 10, 2025  
Revised Juli 22, 2025  
Accepted Juli 22, 2025

#### Kata Kunci:

Emisi karbon dioksida,  
Produk domestik Bruto  
perkapita,  
Industrialisasi,  
Konsumsi energi

#### Keywords:

Carbon Dioxide Emissions,  
Gross Domestic Product Per  
Capita, Industrialization,  
Energy Consumption

### ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang dipicu oleh peningkatan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi tantangan utama bagi negara-negara di Asia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh GDP per kapita, GDP per kapita kuadrat, industrialisasi, dan konsumsi energi terhadap tingkat emisi CO<sub>2</sub> serta menguji keberlakuan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di Asia. Menggunakan metode kuantitatif dengan data panel dari 17 negara Asia selama periode 2011-2022. Data diperoleh dari *World Bank* dan *Our World in Data*. Analisis dilakukan dengan regresi linier berganda menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM) untuk negara-negara *high income* dan *upper middle income*. Hasil Pengujian hipotesis EKC, mendukung keberlakuan teori EKC pada negara *high income* dan *upper middle income*. Sedangkan untuk GDP per kapita dan konsumsi energi berpengaruh signifikan pada dua klasifikasi negara, namun industrialisasi berpengaruh signifikan hanya pada negara *high income*. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi mendorong kesejahteraan, namun tanpa transisi energi dan kebijakan industri yang berkelanjutan, emisi karbon akan terus meningkat. Penelitian ini merekomendasikan pentingnya inovasi teknologi bersih dan efisiensi energi sebagai bagian dari strategi pembangunan rendah karbon di Asia.

### ABSTRACT

Climate change is a global challenge triggered by increasing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, which is a major challenge for countries in Asia. This study aims to analyze the effect of GDP per capita, GDP per capita squared, industrialization, and energy consumption on CO<sub>2</sub> emission levels and test the validity of the *Environmental Kuznets Curve* (EKC) hypothesis in Asia. Using quantitative methods with panel data from 17 Asian countries over the period 2011-2022. Data were obtained from the *World Bank* and *Our World in Data*. The analysis was conducted with multiple linear regression using the *Fixed Effect Model* (FEM) for high income and upper middle income countries. The results of EKC hypothesis testing support the validity of EKC theory in high income and upper middle income countries. While GDP per capita and energy consumption have a significant effect on the two country classifications, industrialization has a significant effect only in high income countries. This indicates that while economic growth promotes prosperity, without a sustainable energy transition and industrial policy, carbon emissions will continue to rise. This study recommends the importance of clean technology innovation and energy efficiency as part of Asia's low-carbon development strategy.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



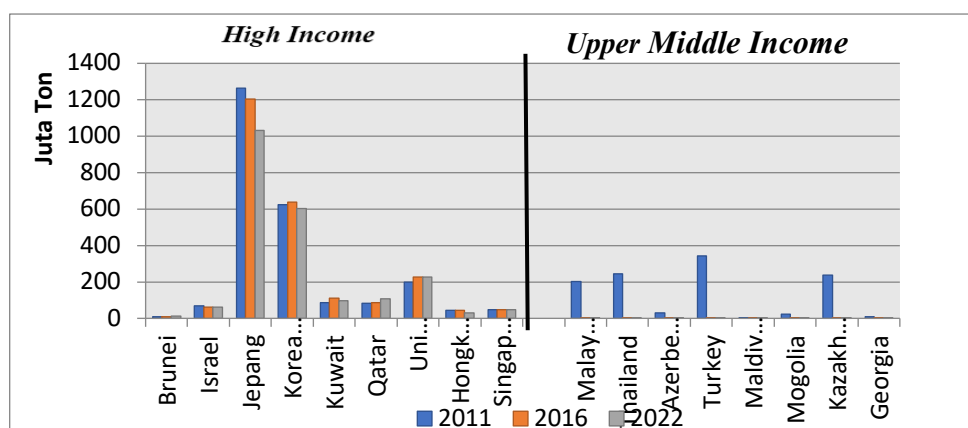
**Corresponding Author:**

Aisah Atnia Zulaikha  
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung  
Bandar Lampung, Indonesia  
Email: aisahatniazulaikha@gmail.com

**1. PENDAHULUAN**

Perubahan iklim merupakan tantangan global utama abad ke-21, yang dipicu oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), akibat aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan industrialisasi [1]. Laporan IPCC 2021 menyatakan bahwa suhu global telah meningkat 1,6°C dan berpotensi melewati ambang batas *irreversible losses* sebesar 2°C, yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem permanen, seperti pencairan es kutub, kenaikan permukaan laut, serta peningkatan frekuensi bencana alam.

Kawasan Asia menjadi pusat perhatian dalam krisis iklim global karena menyumbang hampir 50% dari total emisi karbon dioksida dunia [2]. Hal ini berkaitan erat dengan tingginya populasi, laju pertumbuhan ekonomi yang cepat, serta ketergantungan pada energi fosil sebagai sumber utama energi. Pertumbuhan ekonomi yang tercermin dalam peningkatan *gross domestic product* per kapita (GDPC), konsumsi energi, dan ekspansi sektor industri memiliki dampak langsung terhadap emisi CO<sub>2</sub>, khususnya di negara-negara yang tergolong dalam kategori *high income* dan *upper middle income* [3]. Ketika suatu negara mengalami peningkatan produksi barang dan jasa untuk memenuhi permintaan ekonomi yang lebih besar, kebutuhan energi pun meningkat, yang pada gilirannya meningkatkan emisi karbon. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar negara *upper middle income* dan negara *high income* masih bergantung pada sumber energi fosil, yang menopang sektor industri dan transportasi [1]. Beberapa perjanjian internasional seperti *Protokol Kyoto* dan *Paris Agreement* telah ditetapkan, tren emisi CO<sub>2</sub> global tetap meningkat, Khususnya di kawasan Asia yang pertumbuhannya belum sepenuhnya disertai dengan transisi energi berkelanjutan. Gambar 1 berikut menunjukkan tren emisi CO<sub>2</sub> di negara-negara *high income* dan *upper middle income* di Asia selama periode 2011–2022.

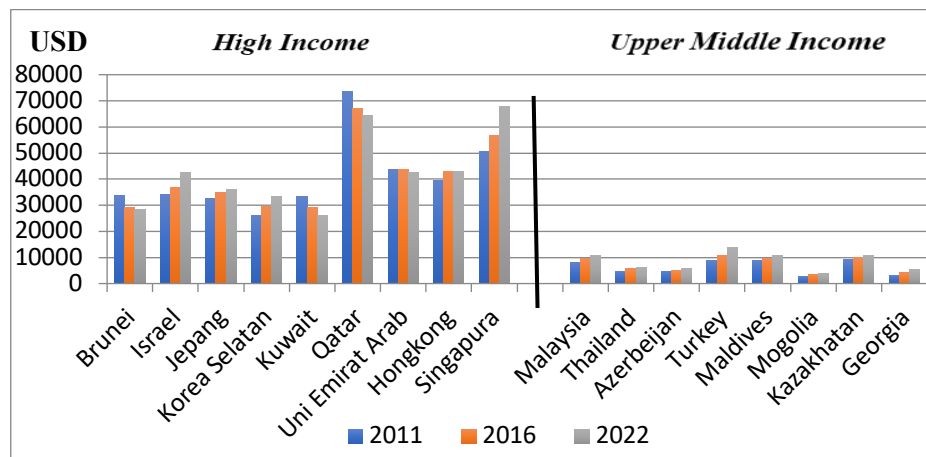


Gambar 1. Grafik Emisi Karbon Dioksida negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia 2011-2022

Berdasarkan Gambar 1 emisi karbon negara *high income* dan *upper middle income* di Asia dapat kita lihat bahwa Tren emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menunjukkan pola yang berbeda antara negara-negara *high income* dan *upper middle income* di Asia. Negara *high income* cenderung mengalami penurunan emisi sejak tahun 2011 hingga 2022. Jepang, meskipun tetap menjadi kontributor utama,

mencatat penurunan emisi dari 1.264 juta ton pada 2011 menjadi 1.032 juta ton pada 2022. Korea Selatan menyusul dengan emisi sebesar 602 juta ton, sedangkan Kuwait dan Brunei mencatatkan kontribusi masing-masing sekitar 974 juta ton dan 7–11 juta ton. Sebaliknya, negara upper middle income mengalami tren peningkatan emisi dalam periode yang sama. Turki menjadi penyumbang utama dengan lonjakan dari 342 juta ton pada 2011 menjadi 437 juta ton pada 2022, disusul oleh Malaysia (285 juta ton) dan Thailand (272 juta ton). Negara dengan kontribusi emisi terendah dalam kelompok ini adalah Mongolia dan Maldives, masing-masing berada pada kisaran 9–12 juta ton.

Salah satu pendekatan teoretis yang banyak digunakan untuk menjelaskan hubungan antara pembangunan ekonomi dan kerusakan lingkungan adalah *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Hipotesis EKC menyatakan pada tahap awal pembangunan, pertumbuhan ekonomi akan meningkatkan degradasi lingkungan. Namun setelah pendapatan per kapita mencapai titik balik (*turning point*), degradasi lingkungan cenderung menurun karena adanya pergeseran struktur ekonomi ke sektor jasa, adopsi teknologi bersih, dan kesadaran lingkungan yang lebih tinggi [4]. Penelitian [5] membuktikan hipotesis EKC pada negara Asia *high income* setelah *millennium development goals* (MDGs), GDP per kapita menurunkan emisi karbon dioksida karena mulai mencapai *turning point*. Namun pada negara *lower middle income* setelah maupun sesudah EKC belum berlaku MDGs. Selanjutnya, Gambar 2 memperlihatkan distribusi GDP per kapita antara negara *high income* dan *upper middle income* di Asia:



Gambar 2. Grafik GDP per kapita negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia 2011-2022

Berdasarkan Gambar 2, negara *high income* mengalami fluktuasi GDP per kapita yang signifikan, khususnya pada tahun 2020 akibat pandemi COVID-19. Singapura tercatat memiliki GDP per kapita tertinggi sebesar USD 67.948 pada 2022, disusul oleh Qatar dan Uni Emirat Arab, sementara Kuwait berada di posisi terendah. Di sisi lain, kelompok *upper middle income* mengalami peningkatan GDP yang konsisten, dengan Turki mencatatkan pertumbuhan tertinggi dari USD 9.201 pada 2011 menjadi USD 14.055 pada 2022, diikuti oleh Malaysia dan Kazakhstan. Perbedaan antara Malaysia dan Singapura, yang berada dalam kawasan geografis yang sama namun memiliki GDP per kapita yang jauh berbeda, mencerminkan ketimpangan struktur ekonomi dan tingkat produktivitas antarnegara.

Selain itu, industrialisasi, yang menjadi fokus utama banyak negara *upper middle income* seperti Thailand dan Malaysia, diharapkan dapat menjadi pendorong utama dalam meningkatkan GDP dan memperbaiki kondisi ekonomi [6]. Meskipun demikian, tanpa kebijakan lingkungan yang memadai, proses industrialisasi dapat memicu dampak negatif, seperti peningkatan emisi karbon yang berhubungan dengan pencemaran udara [7]. Negara-negara yang berfokus pada sektor industri manufaktur dan konstruksi berperan besar dalam kontribusi terhadap emisi karbon global, yang mencapai sekitar 20% dari total emisi karbon dunia (GCP, 2022).

Sektor energi merupakan kontributor utama terhadap total emisi gas rumah kaca (GRK), yaitu 73,2 persen. Penyebab utama tingginya kontribusi sektor energi terhadap emisi adalah dominasi penggunaan energi fosil, di mana pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang signifikan. Berdasarkan beberapa penelitian, ditemukan adanya hubungan antara konsumsi energi dan peningkatan emisi karbon dioksida. Salah satunya, penelitian yang dilakukan oleh [9] Penelitian ini fokus pada 17 negara Asia, yang diklasifikasikan ke dalam kelompok *high income* dan *upper middle income*, untuk menganalisis hubungan antara GDP per kapita, Industrialisasi, dan konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Dengan menguji keberlakuan hipotesis EKC dan peran variabel-variabel ekonomi tersebut, penelitian ini bertujuan memberikan wawasan komprehensif bagi pengembangan kebijakan energi dan lingkungan berkelanjutan di Asia.

## 2. METODE

### 2.1 Model Penelitian Untuk Menguji Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC)

Penelitian ini mengestimasi hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) seperti yang diterapkan oleh Grossman and Krueger (1995). Model umum hipotesis Kuznets menunjukkan hubungan antara perekonomian dan kerusakan lingkungan:

$$\ln(\text{CO}_{2it}) = \ln\text{GDPC}_{it} + \ln\text{GDPC}_{it}^2 + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

CO <sub>2it</sub>	= Emisi Karbon Dioksida
GDPC <sub>it</sub>	= <i>Gross Domestic Bruto</i> Per Kapita
GDPC <sub>it</sub> <sup>2</sup>	= <i>Gross Domestic Bruto</i> Per Kapita Kuadrat
β <sub>0</sub>	= Konstanta
β <sub>1,2</sub>	= Koefisien
ε <sub>it</sub>	= Error Term
ln	= Logaritma natural
i	= Negara
t	= Tahun

Dalam pengujian untuk mengevaluasi relevansi hipotesis *Environmental Kuznets Curve*, hal tersebut dapat diketahui dari pola hubungan yang terbentuk apabila β<sub>1</sub> > 0 dan β<sub>2</sub> < 0 [10]. Pada penelitian ini, β<sub>1</sub> merujuk pada variabel GDP, sementara β<sub>2</sub> adalah GDP kuadrat. Jika kondisi ini terpenuhi, maka kurva yang terbentuk akan sesuai dengan hipotesis EKC, yaitu berbentuk U terbalik.

### 2.2 Model Penelitian Untuk Menguji Pengaruh Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub>

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder berbentuk data panel dengan periode 2011 hingga 2022. Analisis ini berfokus pada 17 negara yang terdiri dari 9 negara *High income* dan 8 negara *Upper middle income* di Asia. Secara terpisah meliputi Brunei, Israel, Jepang, Korea Selatan, Kuwait, Qatar, Uni Emirat Arab, Hongkong, Singapura dan untuk *Upper middle income* meliputi Malaysia, Thailand, Azerbaijan, Turki, Maldives, Mongolia, Kazakhstan, dan Georgia. Sumber data diperoleh melalui *World Bank*, dan *Our World In Data*. Penggunaan data panel (*panel pooled data*) dalam penelitian ini, yakni kombinasi antara data silang (*cross section*) dan data runtun waktu (*time series*). Sehingga mampu menjelaskan lebih mendalam. Variabel independen ini penelitian ini meliputi GDP per kapita, industrialisasi, dan konsumsi energi, Sedangkan variabel dependennya adalah Emisi CO<sub>2</sub>.

Persamaan 1 Negara *High income*

$$\text{LOG}(\text{CO}_{2it}) = \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{KET}_{it} + \beta_3 \text{IND}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Persamaan 2 Negara *Upper Middle Income*

$$\text{LOG}(\text{CO2}_{it}) = \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{KET}_{it} + \beta_3 \text{IND}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

CO2 <sub>it</sub>	= Emisi Karbon Dioksida
GDPC <sub>it</sub>	= <i>Gross Domestic Bruto</i> Per Kapita
KE <sub>it</sub>	= Konsumsi Energi
IND <sub>it</sub>	= Industrialisasi
β <sub>0</sub>	= Konstanta
β <sub>1,2,3</sub>	= Koefisien Regresi
ε <sub>it</sub>	= Error Term
Log	= Logaritma
i	= Negara
t	= Tahun 2011-2022

Dalam analisis data panel, terdapat tiga model utama yang digunakan, yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Sebelum menentukan model yang paling sesuai, dilakukan uji asumsi klasik seperti uji normalitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi untuk memastikan validitas dan reliabilitas data. Selain itu, uji F digunakan untuk melihat pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen. Pemilihan model terbaik dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu Uji Chow untuk memilih antara CEM dan FEM, Uji Hausman antara FEM dan REM, serta Uji *Lagrange Multiplier* LM jika hasil sebelumnya menunjukkan pertentangan, untuk memilih antara CEM dan REM. Setelah model terbaik ditentukan, dilakukan pengujian hipotesis dengan uji-t untuk melihat pengaruh masing-masing variabel independen secara parsial) dan uji-F untuk melihat pengaruh simultan semua variabel independen terhadap variabel dependen.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Hipotesis EKC di Asia

Tabel 1. Hasil Hipotesis EKC

Sampel	GDPC	GDPC <sup>2</sup>	Pengujian EKC
<i>High income</i>	0,03286	-0,2300	Berlaku EKC
<i>Upper middle income</i>	413. 73	- 160.88	Berlaku EKC

Dalam pengujian untuk mengevaluasi relevansi hipotesis *Environmental Kuznets Curve*, hal tersebut dapat diketahui dari pola hubungan yang terbentuk apabila  $\beta_1 > 0$  dan  $\beta_2 < 0$ . Pada penelitian ini,  $\beta_1$  merujuk pada variabel GDP, sementara  $\beta_2$  adalah GDP kuadrat. Jika kondisi ini terpenuhi, maka kurva yang terbentuk akan sesuai dengan hipotesis EKC, yaitu berbentuk U terbalik.

Titik balik atau *turning point* pada *high income* yang dihasilkan adalah pada titik ln GDPC 0,0714. Titik tersebut merupakan titik GDPC pada logaritma natural dari bilangan ln GDPC. Dan *turning point* yang dihasilkan pada *upper middle income* adalah pada titik ln GDPC 1,286. Titik tersebut merupakan titik GDPC pada logaritma natural.

### 3.2 Menguji Pengaruh Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub>

#### 3.2.1 Uji Normalitas

Tabel 2 . Hasil Uji Normalitas

Sampel	Jarque- Bera	Prob
<i>High income</i>	1,619409	0,444990
<i>Upper middle income</i>	2.276707	0,320346

Berdasarkan hasil diperoleh pada negara *high income* nilai *Jarque-Bera* sebesar 1,619409 dengan probabilitas sebesar 0,444990. Dan pada negara *upper middle income* hasil diperoleh nilai *Jarque-Bera* sebesar 2.276707 dengan probabilitas sebesar 0,320346. Sementara itu, nilai *Chi-square* tabel pada tingkat signifikansi 5 % adalah sebesar 7,81 karena nilai *Jarque-Bera* berada dibawah nilai *chi-square* tabel dan probabilitasnya melebihi dari  $\alpha = 0,05$ . maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel inflasi, growth, ksdm dan pma memenuhi kriteria asumsi normalitas.

#### 3.2.2 Uji Multikolinearitas

Tabel 3. Hasil Uji Multikolinearitas *high income*

	GDPC	IND	KE
GDPC	1.000000	0.198268	-0.253176
IND	0.198268	1.000000	-0.033635
KE	-0.253176	-0.033635	1.000000

Tabel 4. Hasil Uji Multikolinearitas *upper middle income*

	GDPC	IND	KE
GDPC	1.000000	0.137333	0.556189
IND	0.137333	1.000000	-0.035254
KE	0.556189	-0.035254	1.000000

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, diperoleh nilai korelasi dai masing-masing variabel bebas yaitu gross domestic bruto perkapita, industrialisasi, konsumsi enerrgi < 0,80, artinya tidak terjadi masalah multikolinearitas pada setiap variabel independen di Negara *high income* maupun *Upper middle income* Asia.

#### 3.2.3 Pemilihan Model Terbaik

Tabel 4. Hasil Pemilihan Model

Sampel		Prob.	Kesimpulan
<i>High Income</i>	Uji Chow	0,0000	FEM
	Uji Hausman	0,0021	FEM
<i>Upper Middle Income</i>	Uji Chow	0,0000	FEM
	Uji Hausman	0,0007	FEM

Hasil pengujian model diperoleh nilai probabilitas (*p-value*) dari Uji Chow sebesar 0,0000, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa model *Fixed Effect Model* (FEM) lebih tepat digunakan dibandingkan *Common Effect Model* (CEM). Selanjutnya, hasil Uji Hausman menghasilkan *p-value* sebesar 0,0021 pada *high income* dan 0,0007 pada *upper middle income* yang juga berada di bawah ambang signifikansi 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model yang paling sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Model* (FEM), karena dianggap paling mampu merepresentasikan perbedaan karakteristik spesifik antar negara secara lebih tepat dan akurat.

### 3.3 Hasil Regresi Data Panel

Tabel 5. Hasil Regresi Data Panel Negara *High Income*

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Prob
GDPC	-3.84E-06	1.17E-06	-3,27	0.0015
IND	0.001449	0.000943	1.53	0.1277
KE	0.000129	3.18E-05	4.04	0.0001
	Prob>F	0.0000		
	R-Square	0.9965		

Tabel 6. Hasil Regresi Data Panel Negara *Upper Middle Income*

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-Statistik	Prob
GDPC	7.02E-05	1.17E-06	6.01	0.0000
IND	-0.002483	0.000843	-2.94	0.0042
KE	-0.000243	0.000101	-2.40	0.0182
	Prob>F	0.0000		
	R-Square	0.9962		

#### 3.3.1 Uji t-statistik

Berdasarkan hasil uji t-statistik pada regresi data panel dengan model *Fixed Effect Model* (FEM), pada negara *high income* di Asia, diperoleh bahwa variabel *gross domestic bruto* perkapita menunjukkan bawah nilai t-statistic -3.274649 lebih besar dari t-tabel 1,983038, serta nilai probabilitas sebesar  $0,0015 < \alpha = 0,05$ . Variabel industrialisasi menunjukkan bawah nilai t-statistic 1,536434 lebih kecil dari t-tabel, 1,983038 serta nilai probabilitas sebesar 0,1277 lebih besar dari tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Dan Variabel konsumsi energi di Asia menunjukkan bawah nilai t-statistic 4,046557 lebih besar dari t-tabel 1,983038, serta nilai probabilitas sebesar 0,0001 lebih besar dari tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Sedangkan hasil uji t-statistik pada regresi data panel dengan model *Fixed Effect Model* (FEM), pada negara *upper middle income* di Asia hasil uji t untuk variabel *gross domestic bruto* perkapita di Asia menunjukkan bawah nilai t-statistic 6,012760 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar  $0,0000 < \alpha = 0,05$ . Variabel industrialisasi negara menunjukkan bawah nilai t-statistic -2,945100 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar 0,0042 lebih besar dari tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Dan variabel konsumsi energi menunjukkan bawah nilai t-statistic -2,407095 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar 0,0182 lebih kecil dari tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ .

#### 3.3.2 Uji F-statistik

Berdasarkan hasil uji F-statistik pada output regresi, nilai Prob > F sebesar 0.0000, yang berarti jauh lebih kecil dari nilai signifikansi 0,05 pada kedua sampel. Hal ini menunjukkan bahwa dari tahun 2011-2022, faktor-faktor GDP per kapita, industrialisasi dan konsumsi energi secara bersamaan berdampak signifikan terhadap emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income*.

#### 3.3.3 Koefisien Determinasi (R<sup>2</sup>)

Hasil estimasi regresi data panel menggunakan pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM) menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R-Squared) di negara *High income* Asia adalah sebesar 0,9965 atau 99,65 persen. Ini berarti variabel bebas, yaitu *gross domestic bruto* perkapita, industrialisasi, dan konsumsi energi, mampu menjelaskan 99,65 persen dari variasi emisi karbon dioksida untuk negara *high income* Asia. Sementaraitu, untuk negara *upper middle income* Asia hasil estimasi regresi menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM) menunjukkan bahwa nilai R-square mencapai 0,9962 atau 99,62 persen, yang artinya bahwa variabel bebas dapat menjelaskan 99,62 persen variasi emisi karbon dioksida untuk negara *upper middle income* Asia. Adapun sisanya, yaitu 0,35 persen di negara *high*

*income* Asia, dan 0,38 persen di negara *upper middle income* Asia dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel yang digunakan dalam model. Nilai koefisien determinasi yang lebih tinggi di negara *high income* Asia menunjukkan bahwa model regresi memiliki kemampuan penjelasan yang lebih baik dibandingkan dengan negara *upper middle income* Asia.

### 3.4 Pembahasan Hasil Penelitian

#### 3.4.1 Analisis Hipotesis teori *Environmental Kuznets Curve*

Hasil estimasi menunjukkan bahwa pada kedua kelompok negara, *high income* dan *upper middle income*, koefisien GDP per kapita bertanda positif dan kuadratnya bertanda negatif, yang membuktikan hipotesis EKC. Ini berarti hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon membentuk kurva U-terbalik, di mana emisi meningkat pada tahap awal pembangunan, lalu menurun setelah GDP per kapita melewati titik balik (*turning point*). Dalam periode 2011–2022, *turning point* tercapai pada nilai 0,0714 untuk *high income* dan 1,286 untuk *upper middle income*, menandakan bahwa negara-negara tersebut telah memasuki fase penurunan emisi seiring pertumbuhan ekonomi. Hal ini sejalan dengan studi Nikensari et al. (2019), yang menyatakan bahwa negara *high income* Asia mulai menunjukkan penurunan emisi pasca-MDGs 2000 [5], serta sejalan dengan penelitian [11] yang menemukan *turning point* EKC di Malaysia dan Thailand. Penurunan emisi ini didorong oleh transisi menuju sektor jasa, efisiensi energi, adopsi teknologi bersih, dan kebijakan lingkungan yang lebih progresif. Dengan demikian, EKC terbukti berlaku di negara-negara Asia berpendapatan menengah atas dan tinggi dalam konteks jangka panjang.

#### 3.4.2 Pengaruh Gross Domestic Bruto Perkapita terhadap Emisi Karbon

##### 1. *High Income*

Berdasarkan hasil regresi data panel, variabel GDP per kapita (GDPC) berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon di negara *high income* di Asia, Hal ini sejalan dengan hipotesis penelitian dan mendukung teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC), yang menyatakan bahwa setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, peningkatan GDP akan disertai dengan penurunan emisi karena pergeseran ke sektor ekonomi yang lebih bersih dan berkelanjutan [12] Negara-negara *high income* umumnya telah melewati titik balik EKC dan kini mengandalkan sektor jasa, teknologi, dan keuangan yang beremisi rendah. Selain itu, mereka aktif dalam perjanjian internasional seperti Protokol Kyoto, Paris Agreement, dan target SDGs, serta menerapkan kebijakan energi terbarukan, efisiensi energi, dan kendaraan rendah emisi [13]. Hal ini menunjukkan adanya transformasi struktural menuju ekonomi hijau dan kesadaran lingkungan yang lebih tinggi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Nikensari et al. (2019) yang menunjukkan hubungan negatif signifikan antara GDP per kapita dan emisi CO<sub>2</sub> di negara maju seperti Jepang. Penurunan emisi ini diperkuat oleh penerapan teknologi bersih, penggunaan energi nuklir, dan regulasi ketat terhadap energi fosil, khususnya batu bara.

##### 2. *Upper Middle Income*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa GDP per kapita (GDPC) berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di negara *upper middle income* di Asia, dengan Hal ini mendukung hipotesis penelitian dan konsisten dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada fase awal, di mana pertumbuhan ekonomi masih meningkatkan degradasi lingkungan[12]. Negara-negara *upper middle income* umumnya berada dalam tahap percepatan industrialisasi dan pembangunan, yang ditandai oleh dominasi sektor primer dan sekunder serta konsumsi energi fosil yang tinggi. Peningkatan pendapatan mendorong daya beli masyarakat, konsumsi barang dan jasa, serta aktivitas transportasi dan industri, yang secara kumulatif meningkatkan emisi karbon[14]. Temuan ini sejalan dengan penelitian [11] yang menunjukkan bahwa peningkatan GDP per kapita sebesar 1% meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,477% pada negara BRICS. Begitu pula [15] menemukan hubungan positif jangka panjang

antara GDP per kapita dan emisi karbon. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa negara *upper middle income* masih berada pada fase naik kurva EKC, di mana pertumbuhan ekonomi belum disertai dengan transformasi menuju ekonomi rendah karbon

### 3.4.3 Pengaruh Industrialisasi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

#### 1. *High Income*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa industrialisasi (IND) di negara *high income* memiliki pengaruh positif namun tidak signifikan terhadap emisi karbon. Temuan ini tidak sejalan dengan hipotesis awal yang memperkirakan hubungan negatif, namun dapat dijelaskan melalui pendekatan *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Negara-negara *high income* umumnya telah melewati titik balik EKC, di mana pertumbuhan industri tidak lagi berdampak besar terhadap peningkatan emisi karena adanya transformasi struktural dan penerapan teknologi bersih [16]. Struktur ekonomi negara-negara seperti Jepang, Singapura, dan Hongkong didominasi oleh sektor jasa berteknologi tinggi dengan kontribusi >70% terhadap PDB, mencerminkan proses *absolute decoupling*, yakni pertumbuhan ekonomi tanpa peningkatan emisi [17]. Industrialisasi di negara maju lebih berfokus pada sektor bernilai tambah tinggi namun rendah karbon, seperti farmasi, semikonduktor, dan teknologi informasi, yang efisien dan ramah lingkungan. Kebijakan seperti pajak karbon, target net zero emission, serta regulasi emisi turut memperkuat hasil ini. Studi (Ben Jebli et al. 2020) juga menunjukkan bahwa nilai tambah industri tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di negara *high income* seperti Singapura, karena keberhasilan mereka mengadopsi industri bersih [18]. Dengan demikian, sektor industri di negara maju justru menjadi bagian dari solusi iklim melalui adopsi industri berkelanjutan dan teknologi rendah emisi.

#### 2. *Upper Middle Income*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa industrialisasi (IND) berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon di negara *upper middle income*. Meskipun tidak sesuai dengan hipotesis awal, hasil ini mencerminkan keberhasilan negara-negara seperti Malaysia dan Thailand dalam melakukan transformasi struktural industri ke arah yang lebih efisien dan rendah karbon. Temuan ini selaras dengan pendekatan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada fase *relative decoupling*, di mana sektor industri mampu tumbuh tanpa meningkatkan emisi secara proporsional, didukung oleh pergeseran ke sektor jasa dan teknologi bersih. Kontribusi sektor jasa yang dominan dalam PDB negara-negara tersebut, serta penerapan kebijakan lingkungan dan target net zero emission, turut menjelaskan penurunan emisi meskipun industrialisasi meningkat. Studi sebelumnya oleh [6] juga mendukung hasil ini, dengan menunjukkan bahwa efisiensi energi dan penggunaan teknologi bersih dalam sektor industri dapat menekan emisi karbon. Dengan demikian, hubungan negatif yang ditemukan mengindikasikan adanya transisi menuju industrialisasi berkelanjutan di negara-negara *upper middle income* Asia.

### 3.4.4 Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

#### 1. *High Income*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi (KE) berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon di negara *high income* (koefisien: 0,00013), artinya setiap kenaikan 1 TWh energi meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,01286%. Temuan ini tidak sejalan dengan hipotesis awal, namun mencerminkan bahwa tingginya emisi di negara-negara seperti Qatar, UEA, dan Kuwait lebih dipengaruhi oleh gaya hidup boros energi dan intensitas konsumsi per kapita, bukan jumlah penduduk. Negara-negara ini masih bergantung pada energi fosil, terutama untuk kebutuhan pendinginan di iklim ekstrem dan sektor industri. Meskipun teknologi efisiensi telah diterapkan, tingginya konsumsi tetap

menjadikan energi sebagai penyumbang utama emisi [5]. Upaya transisi melalui pajak karbon dan energi bersih sudah mulai dijalankan, namun belum cukup menggantikan dominasi bahan bakar fosil.

## 2. Upper Middle Income

Berbeda halnya, di negara *upper middle income*, konsumsi energi (KE) justru berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon (koefisien: -0,00024), yang berarti peningkatan 1 TWh konsumsi energi menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,02426%. Hasil ini menunjukkan mulai efektifnya transisi energi di negara-negara seperti Malaysia dan Thailand, yang mengembangkan bauran energi terbarukan dan efisiensi energi dalam kebijakan industrinya [19] Meskipun konsumsi energi meningkat, proporsinya berasal dari sumber bersih seperti biomassa dan tenaga surya. Hasil ini sejalan dengan [20] yang menemukan korelasi negatif signifikan antara konsumsi energi dan emisi di ASEAN. Dengan demikian, negara *upper middle income* menunjukkan pola pemanfaatan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan dibandingkan negara berpendapatan tinggi

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil estimasi data panel pada negara-negara 9 *high income* dan 8 *upper middle income* di Asia periode 2011–2022, penelitian ini menunjukkan bahwa hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) terbukti dengan pola hubungan berbentuk U-terbalik antara *gross domestic product* (GDP) dan emisi karbon dioksida. Selain itu dapat disimpulkan bahwa GDP berpengaruh negatif signifikan terhadap emisi karbon di negara *high income*, sementara pada *upper middle income* pengaruhnya positif signifikan. Industrialisasi di negara *high income* tidak signifikan, mencerminkan efisiensi dan pergeseran ke sektor jasa, sedangkan di *upper middle income*, industrialisasi justru berpengaruh negatif signifikan karena adanya transformasi menuju industri rendah karbon. Konsumsi energi berpengaruh positif signifikan di negara *high income*, sedangkan di negara *upper middle income* pengaruhnya negatif signifikan, menunjukkan mulai efektifnya transisi energi bersih. Temuan ini menegaskan bahwa penurunan emisi tidak hanya bergantung pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga pada perubahan struktur ekonomi, efisiensi energi, serta kebijakan lingkungan dan energi yang berkelanjutan. Pemerintah perlu merumuskan kebijakan ekonomi yang berkelanjutan, seperti penerapan teknologi bersih, mendorong investasi di sektor energi terbarukan, serta membuat kebijakan yang ketat untuk menekan emisi karbon dioksida.

## REFERENSI

- [1] Bakhri, "Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Globalisasi dan Emisi CO<sub>2</sub>: Studi Kasus Asean-5," *Res. Gate*, no. August, pp. 2–15, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/343904443>
- [2] ADB, "Adb Briefs," *Adb Briefs*, vol. 4, no. 100, pp. 1–7, 2020.
- [3] K. Muço, E. Valentini, and S. Lucarelli, "The relationships between gdp growth, energy consumption, renewable energy production and co2 emissions in european transition economies," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 11, no. 4, pp. 362–373, 2021, doi: 10.32479/ijeep.11275.
- [4] G. M. Grossman and A. B. Krueger, "Economic growth and the environment," *Q. J. Econ.*, vol. 110, no. 2, pp. 353–377, 1995, doi: 10.2307/2118443.
- [5] S. I. Nikensari, S. Destilawati, and S. Nurjanah, "Studi Environmental Kuznets Curve Di Asia: Sebelum Dan Setelah Millennium Development Goals," *J. Ekon. Pembang.*, vol. 27, no. 2, pp. 11–25, 2019, doi: 10.14203/jep.27.2.2019.11-25.
- [6] A. N. Prinadi, J. J. Sarungu, A. Suryantoro, and E. Gravitaniani, "Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Nilai Tambah Industri, dan Populasi Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Kawasan ASEAN," *Prosding Nas. 2022*, no. 2015, pp. 6–15, 2022.
- [7] B. R. Schiller, *The Macro Economy Today*, 7th editio. United States: McGraw-Hill Higher Education, 2000.
- [8] A. D. I. Report, "【】 2022中国素质教育行业报告 2022," *GCP*, vol. 6, no. November, pp. 1–8,

- 2022.
- [9] O. A. Osobajo, A. Otitoju, M. A. Otitoju, and A. Oke, "The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions," *Sustain.*, vol. 12, no. 19, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/SU12197965.
- [10] Z. Emalia, A. Murwiati, I. Awaluddin, and V. Tri Purwaningsih, "Pengembangan Smart Tourism Ekosistem Mangrove Petengoran Untuk Memperkuat Kemandirian Masyarakat Desa Gebang Kabupaten Pesawaran," *BEGAWI J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, 2024, doi: 10.23960/begawi.v2i1.32.
- [11] M. N. M Demaz Ardiana, "Business and Economic Analysis Journal," *Bus. Econ. Anal. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 86–95, 2024, doi: 10.15294/beaj.v4i2.s3xb9b51.
- [12] Grossman & Krueger, "Economic Growth and the Individual," *J. Finance*, vol. 21, no. 3, p. 550, 1995, doi: 10.2307/2977834.
- [13] V. Tawiah, A. Zakari, and F. F. Adedoyin, "Determinants of green growth in developed and developing countries," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 29, pp. 39227–39242, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-13429-0.
- [14] H. Wahyudi, T. Gunarto, U. Ciptawaty, N. Aida, R. Yunita, and R. M. Putri, "The Influence of Determinats on CO2 Emission in Indonesia for a Decade," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 14, no. 1, pp. 61–65, 2024, doi: 10.32479/ijeeep.15132.
- [15] A. Ahmad, H. Wahyudi, and W. R. Lestari, "The Effect of GDP Per Capita, Population, and Income Inequality on CO2 Emissions in Indonesia," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 14, no. 1, pp. 365–370, 2024, doi: 10.32479/ijeeep.15224.
- [16] C. Weatherby *et al.*, "ALTERNATIVE DEVELOPMENT for Thailand ' s Sustainable Study Team," 2022.
- [17] OECD, *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 – The digital transformation*, vol. 74, no. 3. 2017. doi: 10.26686/nzsr.v74i3.8490.
- [18] M. Ben Jebli, S. Farhani, and K. Guesmi, "Renewable energy, CO2 emissions and value added: Empirical evidence from countries with different income levels," *Struct. Chang. Econ. Dyn.*, vol. 53, pp. 402–410, 2020, doi: 10.1016/j.strueco.2019.12.009.
- [19] SEDA, *Seda malaysia*. 2021.
- [20] R. Hatta and R. Khoirudin, "Analisis Tingkat Kemiskinan di Propinsi NTT: Pendekatan Dua Panel," *J. Samudra Ekon. dan Bisnis*, vol. 11, no. 2, pp. 138–150, 2020, doi: 10.33059/jseb.v11i2.2004.