



ANALISIS ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE DI NEGARA MIDDLE-LOWER INCOME ASEAN TAHUN 2000-2020

DOI: 10.15294/beaj.v4i2.s3xb9b51

Mochamad Demaz Ardiana¹*, Maal Naylah²

^{1,2} Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Diponegoro

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Diserahkan: 17-09-2024

Diterima: 25-10-2024

Dipublikasikan: 08-11-2024

Kata Kunci:

Emisi Karbondioksida,
Environmental Kuznets Curve,
Globalisasi Ekonomi,
Pertumbuhan Ekonomi.

Abstrak

Peningkatan emisi karbondioksida seringkali berkaitan dengan pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Berdasarkan pada Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC), penelitian ini menganalisis pengaruh dari pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbondioksida. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari globalisasi ekonomi dan konsumsi listrik fosil terhadap emisi karbondioksida. Dalam mengukur globalisasi ekonomi, penelitian ini menggunakan indeks globalisasi *Konjunkturforschungsstelle KOF*. Sampel yang digunakan adalah data panel dari 8 negara ASEAN tahun 2000-2020 dan menggunakan metode *fixed effect*. Hasil analisis menunjukkan bahwa hipotesis EKC terbukti. Pada tahap awal, pertumbuhan ekonomi dapat meningkatkan emisi CO2. Namun, pada titik tertentu, pertumbuhan ekonomi dapat mengurangi tingkat emisi CO2. Globalisasi ekonomi dan konsumsi listrik fosil masing-masing berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida, menandakan bahwa semakin ter-globalisasi ekonomi suatu negara, maka emisi pun akan semakin meningkat, sehingga perumusan kebijakan untuk meningkatkan Produk Domestik Produk (PDP) hingga titik balik dan kebijakan mengenai regulasi lingkungan perlu dilakukan.

Abstract

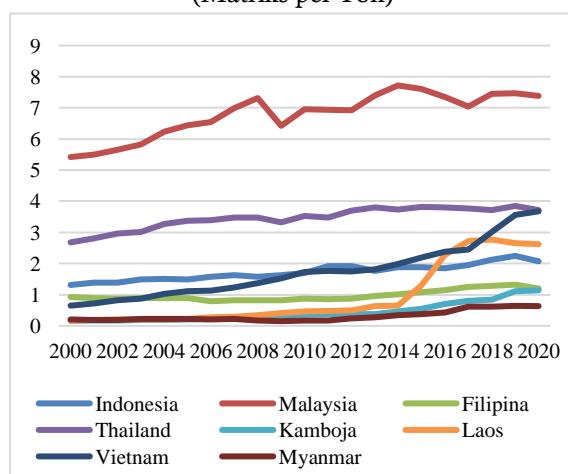
Increased carbon dioxide emissions are often associated with high economic growth. Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis, this study analyzes the effect of economic growth on carbon dioxide emissions. This study aims to analyze the effect of economic globalization and fossil electricity consumption on carbon dioxide emissions. In measuring economic globalization, this study uses the Konjunkturforschungsstelle KOF globalization index. The sample used is panel data from 8 ASEAN countries in 2000-2020 and uses the fixed effect method. The results of the analysis show that the EKC hypothesis is proven. In the early stages, economic growth can increase CO2 emissions. However, at a certain point, economic growth can reduce CO2 emissions. Economic globalization and fossil electricity consumption each have a positive and significant effect on carbon dioxide emissions, indicating that the more globalized a country's economy is, the more emissions will increase, so that policy formulation to increase Gross Domestic Product (GDP) to a turning point and policies regarding environmental regulations need to be implemented.

PENDAHULUAN

Peningkatan emisi karbondioksida terjadi di berbagai belahan dunia. Menurut *International Energy Agency* (IEA), secara global emisi CO2 pada 2021 meningkat 6% dari 2020, bersamaan dengan ekonomi global yang tumbuh sebesar 5,9% pada periode yang sama. Peningkatan emisi karbon terjadi hampir di seluruh negara, dengan peningkatan paling besar terjadi di Brasil, India, Tiongkok, negara-negara Uni Eropa, dan Amerika Serikat. Selain negara-negara tersebut, emisi karbondioksida juga meningkat di negara-negara yang tergabung dalam *Association of Southeast Asian Nations* (ASEAN).

World Resources Institute (WRI) memproyeksikan bahwa permintaan energi di ASEAN akan meningkat sekitar 3% setiap tahunnya hingga 2030, dan hasilnya emisi CO2 di Asia Tenggara akan meningkat 35% dibandingkan tingkat emisi pada tahun 2020. WRI juga melaporkan negara-negara ASEAN memiliki kontribusi sebesar 7,35% dari total emisi CO2 di dunia pada tahun 2016. Dapat dilihat pada Gambar 1., selama periode tahun 2000-2020, tingkat emisi CO2 per kapita di negara-negara ASEAN (Kecuali Singapura, Brunei Darussalam, dan Timor Leste) secara perlahan terus meningkat. Laos mengalami peningkatan emisi CO2 secara signifikan pada tahun 2015 hingga 2017.

Gambar 1. Tren Emisi CO2 per Kapita di Negara *Middle-Lower Income* ASEAN Tahun 2000-2020 (Matriks per Ton)

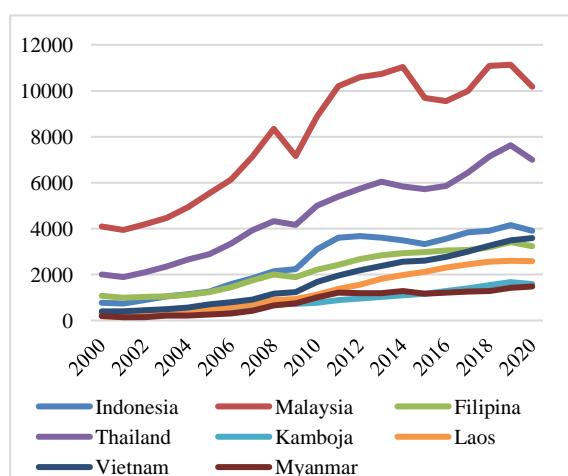


Sumber : World Bank, 2024.

Peningkatan emisi CO2 yang cukup signifikan juga dialami oleh Vietnam pada tahun 2017-2019. Malaysia sempat mengalami tren penurunan emisi CO2 pada tahun 2014-2017. Namun, pada tahun 2018 emisi mulai meningkat lagi. Secara keseluruhan, negara-negara ASEAN yang terdapat pada Gambar 1. mengalami rata-rata peningkatan PDB per kapita sebesar 6,5% setiap tahunnya selama periode 2000-2020. Vietnam menghasilkan angka rata-rata peningkatan paling besar, yaitu 14,42%. Peningkatan emisi tersebut tidak terlepas dari adanya pertumbuhan ekonomi pada negara-negara ASEAN.

Pertumbuhan ekonomi yang dihasilkan oleh negara-negara ASEAN dibuktikan dengan peningkatan PDB per kapita selama periode tahun 2000-2020. Dapat dilihat pada Gambar 2., negara-negara ASEAN mengalami peningkatan PDB per kapita secara pesat. Setelah dilanda krisis moneter pada tahun 2008, ekonomi ASEAN membaik dan mengalami peningkatan yang signifikan.

Gambar 2. Tren PDB per Kapita di Negara *Middle-Lower Income* ASEAN Tahun 2000-2020 (US Dollars)

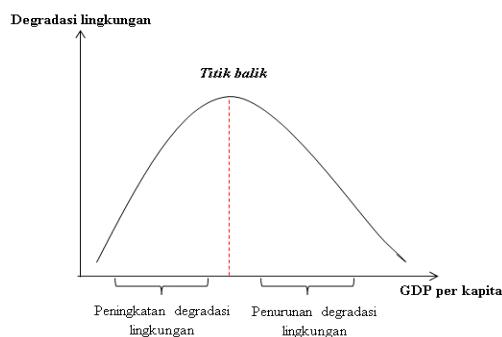


Sumber : World Bank, 2024.

Salah satu hipotesis yang digunakan dalam meneliti keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi dengan emisi CO2 adalah *Environmental Kuznet Curves (EKC) Hypothesis*. Hipotesis yang diperkenalkan oleh Grossman dan Krueger pada tahun 1991 menjelaskan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dengan emisi adalah

inverted-U (Huruf "U" terbalik). EKC menjelaskan bagaimana degradasi lingkungan berkorelasi dengan PDB per kapita. Pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, emisi meningkat. Namun, pertumbuhan ekonomi menghasilkan pengurangan emisi dan perbaikan lingkungan setelah tingkat pendapatan per kapita tertentu. (Stern, 2017). Gambar 3 adalah kurva yang menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi (PDB per kapita) dengan degradasi lingkungan.

Gambar 3. Environmental Kuznets Curve



Sumber: Bruce Yandle et al., 2002.

Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa awalnya peningkatan PDB per kapita diiringi oleh peningkatan emisi atau perusakan lingkungan. Pada titik tertentu, eksplorasi akan dikurangi dan perbaikan lingkungan tercapai berkat peningkatan biaya untuk perbaikan lingkungan dan penggunaan teknologi untuk efisiensi produksi. Selain PDB per kapita, dalam analisis EKC digunakan variabel kuadratik, yaitu PDB per kapita kuadrat, yang berfungsi untuk menangkap hubungan non-linear antara PDB per kapita dengan emisi CO₂. Dalam menentukan titik balik, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Titik balik} = \frac{-\beta_1}{2(\beta_2)} \quad (1)$$

Beberapa penelitian menghasilkan temuan yang berbeda terkait EKC. Penelitian Teklie & Yağmur (2024), Gozgor (2017), Zhang (2018), dan Udeagha & Ngepah (2022) menghasilkan temuan bahwa hipotesis EKC terbukti, dimana pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif dalam jangka pendek dan berpengaruh negatif dalam jangka panjang.

Namun, terdapat pula penelitian yang menolak hipotesis EKC, seperti penelitian Ahmad et al. (2024) dan Dogan & Turkekul (2016). Penelitian mereka menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. EKC lebih berpotensi terjadi pada negara-negara maju yang sudah mencapai angka PDB per kapita tinggi, seperti dalam penelitian Zhang (2018) yang menghasilkan temuan bahwa EKC terbukti di Korea Selatan. Walaupun begitu, penelitian Udeagha & Ngepah (2022) dan Acheampong (2022) menemukan bahwa EKC terbukti dan terap di negara berkembang (Afrika Selatan dan Ghana). Hasil tersebut menandakan bahwa terdapat potensi bagi negara berkembang untuk menurunkan emisi dan membuktikan EKC, sehingga bukan tidak mungkin bahwa pertumbuhan ekonomi yang sedang dialami oleh negara-negara berkembang ASEAN dapat menurunkan emisi CO₂ pada titik tertentu.

Selain emisi CO₂ dan PDB per kapita, Foreign Direct Investment (FDI) ke negara-negara ASEAN relatif meningkat setiap tahunnya. Menurut Aseanstats.org, total investasi asing ke ASEAN pada tahun 2022 mencapai US\$ 224,2 miliar, meningkat sebesar 106,7% dari tahun 2010 yang mencatatkan angka FDI sebesar US\$ 108,4 miliar. Dengan demikian, rata-rata kenaikan investasi asing ke ASEAN sejak 2010 hingga 2022 adalah US\$ 9,65 miliar per tahun. Selain itu, adanya MEA (Masyarakat Ekonomi ASEAN) dan AFTA (ASEAN Free Trade Area) menandakan negara-negara ASEAN memiliki kemudahan akses terhadap satu sama lain dalam sektor ekonomi. Dibuktikan dengan nilai ekspor antar sesama negara ASEAN yang mencapai US\$ 370,92 miliar pada tahun 2023, meningkat sebesar 24,42% dibandingkan dengan tahun 2020 (CNBC Indonesia).

Peningkatan perdagangan ekspor-impor dan FDI menandakan tingkat globalisasi ekonomi ASEAN semakin tinggi. Globalisasi ekonomi adalah proses integrasi dan interkoneksi ekonomi antara negara yang melibatkan pertukaran barang, modal, informasi, dan jasa secara lebih cepat dan efisien di tingkat global. Ekonomi yang semakin ter-globalisasi atau terkoneksi dengan negara lain berpotensi menciptakan fenomena yang disebut

“race to the bottom”. Fenomena tersebut dapat meningkatkan emisi karbon (Teklie & Yağmur, 2024). Namun, penelitian Doytch & Uctum (2016) menghasilkan temuan bahwa ekonomi suatu negara yang semakin ter-globalisasi dapat mendorong transfer teknologi ramah lingkungan sehingga dapat berkontribusi pada pengurangan emisi CO2.

Pengukuran globalisasi ekonomi pada penelitian ini adalah dengan menggunakan indeks globalisasi *Konjunkturforschungsstelle* (KOF). Indeks Globalisasi KOF adalah indeks yang mengukur tingkat globalisasi dari skala 1-100. Indeks tersebut dikemukakan pertama kali oleh Alex Dreher di Swiss pada tahun 2002. Indeks globalisasi ekonomi KOF merupakan akumulasi dari perdagangan luar negeri (ekspor-impor) dan arus modal yang meliputi investasi asing dan portfolio, sehingga digunakannya indeks globalisasi KOF pada penelitian ini karena dapat menjelaskan dimensi globalisasi ekonomi secara komprehensif. Semakin mendekati 100, maka tingkat globalisasi sebuah negara semakin tinggi. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan variabel konsumsi listrik bahan bakar fosil per kapita sebagai variabel kontrol.

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan adanya inkonsistensi pada temuan mereka, sehingga hipotesis EKC belum sepenuhnya terbukti. Maka dari itu, penelitian ini akan menganalisis apakah EKC terbukti atau tidak di negara *middle-lower income* ASEAN. Selain itu, adanya fenomena peningkatan PDB per kapita, globalisasi ekonomi, dan emisi CO2 pada tahun 2000-2020 di negara-negara tersebut menjadi tambahan alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Dapat disimpulkan, penelitian ini bertujuan untuk meneliti efek dari pertumbuhan dan globalisasi ekonomi terhadap emisi karbondioksida dan membuktikan hipotesis EKC di negara *middle-lower income* ASEAN.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan uji regresi data panel. Ada tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam regresi data panel, yaitu *Common Effect Model*, *Fixed Effect Model*, dan *Random Effect Model*. Data panel pada penelitian

ini terdiri dari gabungan data *time series* tahun 2000-2020 dan *cross-section* dari delapan negara *middle-lower income* ASEAN: Vietnam, Myanmar, Filipina, Thailand, Indonesia, Kamboja, Laos, dan Malaysia, sehingga terdapat 168 observasi dalam penelitian ini (hasil perkalian dari data *cross section* dan data *time series*). Data yang digunakan diperoleh melalui laman World Bank, KOF Swiss Economic Institute, dan Our World in Data.

Dalam melakukan regresi data panel, terdapat pengujian untuk menentukan model terbaik yang akan digunakan dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan uji Hausman untuk menentukan model terbaik. Pengambilan keputusan dari uji Hausman dapat dilihat dari nilai *p-value*. Jika nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05, maka model yang dipilih adalah *fixed effect*. Sebaliknya, Jika nilai *p-value* lebih besar dari 0,05, maka model yang dipilih adalah *random effect*. Model pada penelitian ini diformulasikan sebagai berikut:

$$CO2Cap_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPCap_{it} + \beta_2 GDPCap_{it}^2 + \beta_3 Ecoglob_{it} + \beta_4 Fossilcap_{it} + e_{it} \quad (2)$$

dimana :

CO2Cap = Emisi CO2 per kapita

GDPCap = GDP per kapita

GDPCap² = GDP per kapita kuadrat

Ecoglob = Globalisasi Ekonomi

Fossilcap = Konsumsi listrik bahan bakar fosil per kapita

β_0 = Konstanta/Intersep

$\beta_1-\beta_4$ = Koefisien

i = Negara, 8 negara ASEAN

t = Waktu, tahun 2000 hingga 2020

Penelitian ini menggunakan *Clustered Robust Standard Error* (CRSE) untuk memberikan *standard error* yang lebih reliabel apabila terdapat masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi. CRSE mengelompokkan data berdasarkan *cluster* (misalnya, negara atau wilayah dalam data panel), dan memperhitungkan bahwa residual di dalam *cluster* bisa berkorelasi dan memiliki varians yang berbeda antar *cluster*. Ini dilakukan dengan membentuk matriks kovarian yang memperhitungkan korelasi dalam *cluster* dan heteroskedastisitas antar *cluster*, sehingga estimasi standar error tetap akurat meskipun asumsi homoskedastisitas dan independensi residual

antar pengamatan dilanggar. Selain itu, data pada penelitian ini diasumsikan normal sesuai dengan *Central Limit Theorem*. *Central Limit Theorem* adalah konsep yang menyatakan bahwa walaupun residual tidak terdistribusi secara normal, model yang memiliki banyak unit observasi akan tetap menghasilkan inferensi statistik yang benar/shahih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Pemilihan Model

Dalam menentukan pendekatan terbaik yang akan digunakan pada penelitian, maka dilakukan uji hausman. Uji hausman digunakan untuk menguji antara *fixed effect* dengan *random effect*.

Tabel 1. Hasil Uji Hausman

chisq	p-value
12,939	0,02396

Sumber: Data diolah, 2024

Nilai *p-value* dari uji hausman adalah sebesar 0,02396, yang berarti lebih kecil dari 0,05 (tingkat alpha = 5%). Hal tersebut menandakan bahwa diantara *random effect* dan *fixed effect*,

Tabel 2. Hasil Uji Regresi *Fixed Effect Model*

Koefisien	Standard Error	t-value	Pr(> t)
GDPCap	0.000*	0.000	1.756
GDPCap²	-0.000***	0.000	-3.307
Ecoglob	0.015***	0.004	3.797
Fossilcap	0.001***	0.000	14.183

Hasil regresi sudah melalui *clustered robust standard error*

Keterangan: *** signifikan pada 1%, ** signifikan pada 5%, * signifikan pada 10%.

Sumber: Data diolah, 2024.

3. Hasil Uji F

Nilai *p-value* yang dihasilkan adalah <2.22e-16 atau 2.22×10^{-16} . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel independen secara simultan memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Artinya, ketika seluruh variabel independen dimasukkan ke dalam model regresi, mereka secara keseluruhan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

pendekatan terbaik yang dapat digunakan adalah *fixed effect*.

2. Hasil Uji Regresi

Hasil regresi menggunakan *Fixed Effect Model (FEM)* dengan *one-way individual effect*, sehingga terdapat penambahan notasi " α_i " yang mewakili efek tetap individu/negara pada persamaan (3). Efek tetap individual dapat dianggap sebagai perbedaan intersep untuk setiap unit dalam data panel. Efek tetap Filipina ($\alpha_{Filipina}$) = -0,042488; $\alpha_{Indonesia}$ = 0,567466; $\alpha_{Kamboja}$ = 0,011722; α_{Laos} = 0,295388; $\alpha_{Malaysia}$ = 4,095674; $\alpha_{Myanmar}$ = -0,093995; $\alpha_{Thailand}$ = 1,566604; $\alpha_{Vietnam}$ = 0,936569.

Nilai *Adj. R-Squared* yang dihasilkan adalah 0,92728, menunjukkan bahwa 92,728% variabilitas dari variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model ini. Sisanya, sebesar 7,272%, dijelaskan oleh faktor-faktor lain di luar model. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan sangat efektif dalam menjelaskan data yang ada.

4. Hasil Uji t

Masing-masing variabel secara signifikan berpengaruh terhadap emisi CO₂ berdasarkan *p-value* yang diperoleh. Variabel PDB per kapita (GDPCap) menghasilkan *p-value* sebesar 0,0810067, nilai yang diperoleh tersebut kurang dari $\alpha = 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa PDB per kapita berpengaruh signifikan terhadap emisi karbodioksida pada tingkat signifikansi 10%. Nilai *p-value* variabel PDB per kapita kuadrat (GDPCap²) adalah 0,0011700, atau lebih kecil dari $\alpha = 0,01$, sehingga variabel

tersebut berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida pada tingkat signifikansi 1%. Variabel globalisasi ekonomi (*Ecoglob*) menghasilkan *p-value* sebesar 0,0002091, sedangkan variabel konsumsi listrik bahan bakar fosil per kapita (*Fossilcap*) menghasilkan *p-value* sebesar 2.2e-16, keduanya sama-sama signifikan pada tingkat 0,001 atau 0,1%.

5. Hasil Uji Asumsi Klasik

a. Heteroskedastisitas

Dari hasil uji Breusch-Pagan, *p-value* yang dihasilkan sebesar 1,862e-05, kurang dari $\alpha = 0,05$, menandakan terdapat masalah heteroskedastisitas pada model yang dipakai. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menggunakan *clustering standard error*. *Clustering* dapat mengoreksi *standard error* dengan mempertimbangkan korelasi antar pengamatan dalam kelompok, sehingga estimasi *standard error* lebih *robust* dan uji *t* lebih akurat.

Tabel 3. Hasil Uji Breusch-Pagan

<i>BP</i>	<i>df</i>	<i>p-value</i>
27.141	4	1.862e-05

Sumber: Data diolah, 2024.

b. Autokorelasi

Uji Durbin-Watson menghasilkan angka DW sebesar 0,97839, atau lebih kecil dari 2, sehingga terdapat autokorelasi positif pada model. Selain itu, *p-value* yang dihasilkan adalah 4,187e-12, yaitu lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, menandakan terdapat masalah autokorelasi. Penggunaan *clustering robust standard error* pada penelitian ini bertujuan juga untuk mengatasi masalah autokorelasi. *Clustering robust standard error* memperhitungkan korelasi antar observasi lalu melakukan penyesuaian. Hal tersebut memungkinkan estimasi yang lebih akurat dan inferensi yang lebih valid.

Tabel 4. Hasil Uji Durbin-Watson

<i>Durbin-Watson Value</i>	<i>p-value</i>
0.97839	4.187e-12

Sumber: Data diolah, 2024.

c. Multikolinearitas

Nilai VIF yang dihasilkan oleh variabel PDB per kapita (*GDPCap*) dan PDB per kapita kuadrat (*GDPCap2*) secara berurutan adalah 17,944 dan 10,539, sehingga $VIF < 10$ tidak terpenuhi, menandakan adanya masalah multikolinearitas pada kedua variabel tersebut. Namun, hasil tersebut dapat dimaklumi dan tidak dijadikan masalah karena variabel PDB per kapita kuadrat adalah hasil dari perhitungan variabel PDB per kapita, sehingga pasti terdapat hubungan antara dua variabel tersebut. Sementara itu, variabel-variabel lain bebas dari masalah multikolinearitas yang serius karena masing-masing memiliki nilai $VIF < 10$.

Tabel 5. Uji Multikolinearitas

Variabel	VIF
<i>GDPCap</i>	17,944964
<i>GDPCap²</i>	10,539919
<i>Ecoglob</i>	2,086141
<i>Fossilcap</i>	9,635656

Sumber: Data diolah, 2024.

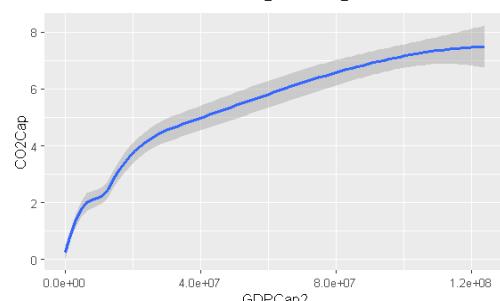
6. Hasil dan Interpretasi

Hasil uji regresi pada Tabel 2. menunjukkan bahwa setiap negara memiliki nilai *fixed effect* yang berbeda, mencerminkan karakteristik khas masing-masing negara terkait emisi CO₂, seperti adanya perbedaan kebijakan lingkungan. Kedelapan negara menghasilkan rata-rata nilai *fixed effect* sebesar 0,9171. Malaysia, Thailand, dan Vietnam menghasilkan angka di atas rata-rata dengan masing-masing sebesar 4,095674, 1,566604, dan 0,936569, menunjukkan tingkat emisi CO₂ yang cenderung lebih tinggi dibandingkan negara ASEAN lainnya setelah memperhitungkan variabel-variabel lainnya dalam model. Sebaliknya, Indonesia, Kamboja, dan Laos menghasilkan angka *fixed effect* di bawah rata-rata, yaitu masing-masing 0,567466, 0,011722, dan 0,295388, mengindikasikan bahwa emisi CO₂ di negara ini secara relatif cukup rendah. Emisi sangat rendah dihasilkan oleh negara-negara yang memiliki nilai *fixed effect* negatif, seperti Myanmar yang menghasilkan angka sebesar -0,093995 dan Filipina yang menghasilkan angka sebesar -0,042888.

Perbandingan ini menggambarkan variasi tingkat emisi CO₂ diantara negara-negara ASEAN di luar dari pengaruh seluruh variabel independen dalam model.

PDB per kapita berpengaruh positif terhadap emisi karbondioksida yang ditunjukkan dengan angka 1,0962e-04 pada kolom *estimate*. Dapat diartikan bahwa peningkatan 1 USD PDB per kapita akan meningkatkan emisi karbondioksida sebesar 0,00010962 metrik per ton. Dengan mengasumsikan faktor lainnya tetap, jika suatu negara memiliki 1 USD lebih banyak, maka emisi CO₂ pada negara tersebut akan lebih tinggi sebesar 0,00010962 metrik per ton. Hasil tersebut mendukung teori EKC pada tahap awal, dimana peningkatan emisi karbondioksida dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi.

Gambar 4. Pengaruh PDB per Kapita terhadap Emisi CO₂ per Kapita



Sumber : Data diolah, 2024.

Berdasarkan Gambar 4, pada tahap awal, PDB per kapita akan meningkatkan emisi CO₂ per kapita secara signifikan. Tahap awal biasanya ditandai dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi yang masih berfokus pada industrialisasi.

Hal tersebut sesuai dengan hipotesis EKC yang menyatakan bahwa pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, lingkungan mengalami degradasi, sejalan dengan penelitian (Ahmad et al., 2024; Dogan & Turkekul, 2016; Dong et al., 2018; Gozgor, 2017; Nahrin et al., 2023; Shahbaz et al., 2018; Teklie & Yağmur, 2024). Sejalan dengan hasil penelitian (Teklie & Yağmur, 2024) dan (Ahmad et al., 2024), ekonomi yang sedang dalam tahap perkembangan ditandai dengan meningkatnya permintaan energi khususnya berbahan bakar fosil, penggunaan energi yang kurang efisien, dan meningkatnya sektor

manufaktur, sehingga peningkatan ekonomi dapat meningkatkan emisi karbondioksida.

Variabel PDB per kapita kuadrat (GDPCap2) menunjukkan hasil negatif dan signifikan, dengan angka -1.0912e-08. Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis EKC dimana variabel PDB per kapita kuadrat berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida. Dengan menggunakan rumus pada Persamaan (1), ditemukan bahwa titik balik yang didapat adalah pada saat PDB per kapita mencapai 5.022,900 USD. Sejalan dengan studi Gozgor (2017), titik balik dapat tercapai ketika PDB per kapita mencapai 4.000 USD atau lebih. Dengan begitu, setelah melewati titik balik tersebut, tren emisi cenderung menurun seiring dengan peningkatan PDB per kapita.

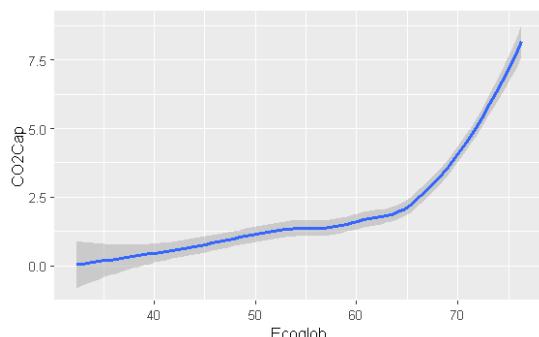
Sepanjang periode penelitian tahun 2000-2020, hanya Malaysia dan Thailand yang telah melewati PDB per kapita sebesar 5.022,90 USD sebagai titik balik. Walaupun sudah melewati titik balik, tingkat emisi di kedua negara tersebut masih fluktuatif, tidak selalu menurun, seperti terlihat pada Gambar 8. Hal tersebut dapat disebabkan oleh masih banyaknya aktivitas industri yang belum menggunakan bahan bakar ramah lingkungan. Sebagaimana hasil penelitian Ahmad et al. (2024) dan Wahyudi et al., (2024), yang menyatakan bahwa pertumbuhan PDB per kapita dalam jangka panjang dapat terus meningkatkan emisi karena aktivitas industri yang belum menggunakan bahan bakar ramah lingkungan. Selain Malaysia dan Thailand, 6 negara lain masih belum mencapai PDB per kapita sebesar 5.022,900 USD.

Terbuktinya EKC sesuai dengan hasil penelitian Gozgor (2017), Shahbaz et al. (2018), Teklie & Yağmur (2024), Zhang (2018), dimana ekonomi yang terus tumbuh berpotensi menurunkan emisi pada titik tertentu. Penurunan emisi tidak terlepas dari adanya *technology* dan *composition effect*. Dalam penelitian Stern (2004) di negara-negara OECD, efek teknologi dapat mengurangi degradasi lingkungan secara signifikan walaupun negara-negara tersebut sedang mencapai peningkatan ekonomi. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Abokyi et al. (2019), Ahmad et al. (2024), Dogan & Turkekul (2016), Nahrin et al. (2023).

Penelitian-penelitian tersebut berkesimpulan bahwa EKC tidak terbukti, dimana ekonomi pada peningkatannya akan terus mendegradasi lingkungan, sehingga tidak ditemukan titik balik bagi pengurangan emisi.

Globalisasi ekonomi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida. Peningkatan indeks globalisasi ekonomi sebesar 1 satuan akan meningkatkan emisi karbondioksida per kapita sebanyak 0,015223 metrik per ton. Dengan mengasumsikan faktor lainnya tetap, jika suatu negara memiliki 1 satuan indeks lebih besar, maka emisi CO₂ negara tersebut akan lebih tinggi sebesar 0,015223 metrik per ton, dibandingkan jika negara tersebut memiliki indeks yang lebih sedikit.

Gambar 5. Pengaruh Globalisasi Ekonomi terhadap Emisi CO₂ per Kapita



Sumber : Data diolah, 2024.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Pollution-Haven Hypothesis* terjadi di ASEAN, yaitu hipotesis yang menyebutkan bahwa globalisasi dapat meningkatkan emisi karbon di negara-negara berkembang. Hal tersebut dikarenakan longgarnya aturan mengenai lingkungan yang dapat menarik investasi asing untuk masuk ke dalam negeri, dan akhirnya menyebabkan peningkatan polusi dan emisi Shahbaz et al. (2018). Hasil ini juga sejalan dengan temuan Acheampong (2022), dimana globalisasi ekonomi berpengaruh positif dalam meningkatkan emisi karena investasi asing yang masuk ke negara berkembang meningkatkan aktivitas di sektor industri manufaktur. Dapat dilihat pengaruh globalisasi ekonomi terhadap emisi karbondioksida pada Gambar 8.

Pengaruh positif globalisasi ekonomi di negara-negara berkembang didukung pula oleh

temuan dari penelitian Doytch & Uctum (2016). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa globalisasi ekonomi dapat menurunkan emisi hanya terjadi di negara maju, dikarenakan investasi asing yang masuk mengalir ke sektor jasa, bukan manufaktur atau industri berat lainnya, sehingga *Pollution-Haven Hypothesis* terjadi.

Konsumsi listrik bahan bakar fosil per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Peningkatan konsumsi listrik bahan bakar fosil per kapita sebanyak 1 kWh akan meningkatkan emisi CO₂ per kapita sebesar 0,0015132 metrik per ton. Dengan mengasumsikan faktor lainnya tetap, jika suatu negara memiliki 1 kWh konsumsi listrik lebih besar, maka emisi CO₂ negara tersebut akan lebih tinggi sebesar 0,0015132 metrik per ton. Hasil tersebut menandakan bahwa mayoritas negara ASEAN masih bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sarana pemenuhan kebutuhan listrik masyarakatnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Kartal & Pata (2023), Keshavarzian & Tabatabaienasab (2022), Li & Haneklau (2021), yang menyatakan bahwa penggunaan bahan bakar fosil akan meningkatkan emisi karbondioksida. Menurut Keshavarzian & Tabatabaienasab (2022), untuk menurunkan tingkat emisi karbondioksida, diperlukan investasi dan penggunaan energi ramah lingkungan.

KESIMPULAN

PDB per kapita berkontribusi secara signifikan dan memiliki hubungan positif dengan emisi CO₂ di negara-negara *middle-lower income* ASEAN dalam periode 2000-2020. Pada awalnya, meningkatnya PDB per kapita akan menyebabkan peningkatan pada emisi CO₂. Namun, pada titik tertentu, variabel PDB per kapita kuadrat berkontribusi negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂, menunjukkan bahwa penelitian ini mendukung keberadaan hipotesis EKC di ASEAN. Namun, upaya-upaya lain dalam pengurangan emisi tetap perlu dilakukan agar emisi terus dalam tren yang menurun dan tidak meningkat lagi. Selain itu, globalisasi ekonomi terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida. Dapat disimpulkan, semakin ter-globalisasi suatu

negara, maka emisi karbondioksida dapat mengalami peningkatan. Hal tersebut mendukung adanya *Pollution-Haven Hypothesis*, yang memang banyak terjadi di negara berkembang (Shahbaz et al., 2018). Negara-negara ASEAN harus lebih memperketat aturan terkait lingkungan agar emisi dapat berkurang.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, penelitian ini mengajukan beberapa saran, yaitu: (i) Hipotesis EKC yang terbukti menandakan bahwa pertumbuhan ekonomi dapat mengurangi emisi. Namun, upaya-upaya lain perlu dilakukan untuk mendukung penurunan emisi, seperti peralihan dari energi fosil ke energi terbarukan, efisiensi produksi, penggunaan teknologi, dan perubahan struktur ekonomi; (ii) Globalisasi ekonomi yang berpengaruh positif pada emisi karbondioksida menandakan bahwa integrasi ekonomi, dalam hal ini investasi asing dan *trade openness*, harus lebih berfokus pada industri yang berbasis teknologi dan mulai menggunakan teknik atau alat produksi yang lebih ramah lingkungan dalam melakukan produksi untuk ekspor. Selain itu, kebijakan mengenai lingkungan harus lebih diperketat agar investasi yang masuk dapat lebih mengutamakan aspek lingkungan dalam proses produksinya. Keterbatasan yang ada pada penelitian ini adalah Data hanya sampai tahun 2020, sehingga diperlukan lebih banyak lagi data *time series* untuk kedepannya agar negara-negara yang belum teridentifikasi titik baliknya dapat ditemukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abokyi, E., Appiah-Konadu, P., Abokyi, F., & Oteng-Abayie, E. F. (2019). Industrial growth and emissions of CO₂ in Ghana: The role of financial development and fossil fuel consumption. *Energy Reports*, 5, 1339–1353.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.09.002>
- Acheampong, A. O. (2022). The impact of de facto globalization on carbon emissions: Evidence from Ghana. *International Economics*, 170(October 2021), 156–173.
<https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.03.002>
- Ahmad, A., Wahyudi, H., & Lestari, W. R. (2024). The Effect of GDP Per Capita, Population, and Income Inequality on CO₂ Emissions in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 365–370.
<https://doi.org/10.32479/ijep.15224>
- Dogan, E., & Turkekul, B. (2016). CO₂ emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization, and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1203–1213. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5323-8>
- Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO₂ emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*, 75, 180–192.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.08.017>
- Doytch, N., & Uctum, M. (2016). Globalization and the environmental impact of sectoral FDI. *Economic Systems*, 40(4), 582–594. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2016.02.005>
- Gozgor, G. (2017). Does trade matter for carbon emissions in OECD countries? Evidence from a new trade openness measure. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36), 27813–27821. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0361-z>
- Kartal, M. T., & Pata, U. K. (2023). The function of geopolitical risk on carbon neutrality under the shadow of Russia-Ukraine conflict: Evidence from Russia's sectoral CO₂ emissions by high-frequency data and quantile-based methods. *Journal of Sustainable Development Issues*, 1(1), 1–12. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85186478790&partnerID=40&md5=0ff210e5ddea32fc207caddaf0edaddf>
- Keshavarzian, M., & Tabatabaienenasab, Z. (2022). The Effects of Electricity Consumption on CO₂ Emissions in Iran. *Technology and Economics of Smart Grids*

- and Sustainable Energy, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s40866-022-00140-3>
- Li, B., & Haneklaus, N. (2021). The role of renewable energy, fossil fuel consumption, urbanization, and economic growth on CO2 emissions in China. *Energy Reports*, 7, 783–791. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.09.194>
- Nahrin, R., Rahman, M. H., Majumder, S. C., & Esquivias, M. A. (2023). Economic Growth and Pollution Nexus in Mexico, Colombia, and Venezuela (G-3 Countries): The Role of Renewable Energy in Carbon Dioxide Emissions. *Energies*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/en16031076>
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74, 843–857. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.020>
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Stern, D. I. (2017). The environmental Kuznets curve after 25 years. *Journal of Bioeconomics*, 19(1), 7–28. <https://doi.org/10.1007/s10818-017-9243-1>
- Teklie, D. K., & Yağmur, M. H. (2024). Effect of Economic Growth on CO2 Emission in Africa: Do Financial Development and Globalization Matter? *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 121–140. <https://doi.org/10.32479/ijep.15141>
- Udeagha, M. C., & Ngepah, N. (2022). Does trade openness mitigate the environmental degradation in South Africa? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(13), 19352–19377. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17193-z>
- Wahyudi, H., Gunarto, T., Ciptawaty, U., Aida, N., Yunita, R., & Putri, R. M. (2024). The Influence of Determinants on CO2 Emission in Indonesia for a Decade. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 61–65. <https://doi.org/10.32479/ijep.15132>
- Zhang, S. (2018). Is trade openness good for the environment in South Korea? The role of non-fossil electricity consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9510–9522. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1264-3>