

## PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI TERHADAP EMISI CO<sub>2</sub> DI INDONESIA

Kharisma Khalida Arifin<sup>1</sup>, Elang Muhammad Rafly Ramadhan<sup>2</sup>, Budiana Ruslan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi, Universitas Katholik Parahyangan..

<sup>2</sup> Administrasi Niaga, STIA BAGASASI Bandung, Indonesia

e-mail: [6021901064@student.unpar.ac.id](mailto:6021901064@student.unpar.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pertumbuhan ekonomi per kapita terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) per kapita di Indonesia. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dan metode *empirical evidence* dengan teknik analisis regresi *ordinary least square* (OLS). Pengumpulan data secara sekunder diolah berdasarkan data *World Development Indicator* (WDI) selama periode tahun 1990 -2020 khusus negara Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan ekonomi per kapita berpengaruh signifikan dan positif terhadap emisi CO<sub>2</sub> per kapita. Emisi CO<sub>2</sub> menyumbang sebesar 39.77% terhadap kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi. Uji asumsi klasik menunjukkan nilai probabilitas pada uji normalitas sebesar 0.452051 dan Uji statistika selama periode 1990-2020 dengan nilai rata-rata tertinggi yang dihasilkan pada variabel pertumbuhan ekonomi sebesar 3.2 sedangkan nilai rata-rata terendah berada di angka 0.048333 pada variabel emisi CO<sub>2</sub>. Kontribusi penelitian menunjukkan bahwa terjadi intersep ketika determinan kofisien sebesar 0.020639 dengan kurva EKC sehingga diperlukan energi rendah emisi agar dapat mendorong mitigasi perubahan iklim dari peningkatan GDP perkapita. Penting untuk mempertimbangkan dimensi spasial bagi penelitian dimasa yang akan datang.

**Kata Kunci:** Pertumbuhan ekonomi, emisi CO<sub>2</sub> dan *Time series*

### PENDAHULUAN

Kerusakan lingkungan saat ini merupakan salah satu akibat dari pembangunan dan pertumbuhan ekonomi yang hanya berfokus pada keuntungan yang bertujuan guna meningkatkan kesejahteraan umat manusia tanpa memperhatikan dampak bagi kualitas lingkungan hidup (Salari et al., 2021). Diperkirakan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari berbagai aktivitas yang ada secara global pada tahun 2010 adalah sekitar 46 miliar metrik ton atau meningkat sebesar 35% dibandingkan dengan tahun 1990 sekitar 36 miliar metrik ton yang berakibat pada degradasi lingkungan serta menjadi tantangan dominan bagi negara-negara berkembang termasuk Indonesia (EPA, 2022). Pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan permasalahan emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia (Ibrahim & Abbas, 2022). Di sisi lain, aktivitas industri, pembukaan lahan hutan menjadi perkebunan sawit, dan pembakaran lahan gambut guna mendorong pertumbuhan ekonomi juga berkontribusi bagi kerusakan lingkungan (Gambhir et al., 2017; Odugbesan & Rjoub, 2020).

Studi mengenai hipotesis EKC menjadi konsep standar yang diadopsi secara meluas guna menganalisis keterkaitan pertumbuhan ekonomi dengan lingkungan, dan menarik banyak perhatian para peneliti (Ibrahim & Abbas, 2022). Menariknya dari hipotesis EKC adalah pada tahap awal tingkat pertumbuhan ekonomi akan beriringan dengan degradasi lingkungan (Adebayo & Acheampong, 2022; Grossman & Krueger, 1995; Uchiyama, 2016). Namun, ketika sudah mencapai titik balik (*turning point*) peningkatan pada pertumbuhan ekonomi tidak akan diiringi dengan tingkat degradasi lingkungan (Adebayo & Acheampong, 2022; Grossman & Krueger, 1995; Uchiyama, 2016). Suatu negara akan cenderung berfokus pada pertumbuhan ekonomi terlebih dahulu pada tahap awal tanpa memperhatikan kualitas dan permasalahan lingkungan. Saat kerusakan ekonomi berada di titik puncak (berada di titik *turning point*) pertumbuhan ekonomi secara bertahap akan menurunkan tingkat kerusakan lingkungan dikarenakan negara telah mencapai pertumbuhan ekonomi yang stabil dan sudah saatnya untuk mulai memerhatikan permasalahan lingkungan. (Muhammad, 2019; Nain et al., 2015).

Semida (2019) dan Anwar et al (2018) menjelaskan bahwa dalam konteks EKC diperlukan penekanan terhadap kualitas lingkungan yang terjaga serta keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan dengan penggunaan sumber-sumber energi yang ramah lingkungan yang menjadi pelengkap dalam proses pembangunan ekonomi.

Hipotesis Environmental Kuznet Curve (EKC) pertama kali digagas oleh Kuznet (1955). Di dalam hipotesis EKC dijelaskan bahwa terdapat hubungan antara pendapatan per kapita dengan kerusakan lingkungan. Pada tahap awal, Pendapatan per kapita disertai dengan terjadinya kerusakan lingkungan. Kemudian, peningkatan tersebut mencapai tahapan titik balik, dimana kerusakan lingkungan ditahap tertinggi dan tidak bertambah, sedangkan pendapatan perkapita tetap meningkat. Pada tahap akhir telah terjadi peningkatan kualitas lingkungan dimana terjadi penurunan kerusakan lingkungan dan peningkatan pendapatan perkapita. Uchiyama (2016) berpendapat, hipotesis EKC dalam ruang lingkup ekonomi lingkungan digunakan untuk menentukan hubungan antara CO<sub>2</sub> perkapita dan GDP perkapita. Grossman & Krueger (1995) menjelaskan pada kurva EKC, bagian vertikal merupakan penggambaran kerusakan lingkungan, pendapatan per kapita diwakilkan dengan garis horizontal, dan hubungan dua variable tersebut secara berlanjut digambarkan dalam bentuk kurva U terbalik (*inverted U-Shape*).

Beberapa penelitian terkini telah membahas bagaimana hubungan, pengaruh pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di beberapa negara. Penelitian terkini juga menjelaskan bahwa terdapat hubungan antara polusi udara yang diukur menggunakan indikator emisi karbon dengan pendapatan perkapita (Awan & Azam, 2022). Tong et al (2020) menemukan penyebab tingginya emisi CO<sub>2</sub> per kapita adalah konsumsi energi per kapita yang terus meningkat sehingga berdampak juga pada permasalahan pemanasan global di negara E7 (Tiongkok, India, Indonesia, Brasil, Rusia, Meksiko dan Turki). Pertumbuhan ekonomi Indonesia ditentukan oleh peningkatan konsumsi energi jangka panjang yang berimplikasi pada kebutuhan untuk menggunakan energi secara efisien. Penggunaan energi yang tinggi oleh para pelaku ekonomi di negara maju maupun negara berkembang berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub> (Muhammad, 2019). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh negara yang ada di dunia disarankan untuk mendorong kebijakan ekonomi lingkungan yang tepat khususnya konsumsi energi, pencemaran lingkungan, dan mengadopsi teknologi ramah lingkungan (Muhammad, 2019; Tong et al., 2020).

Wang (2016) berpendapat bahwa konsumsi energi per kapita menjadi faktor penting di dalam pertumbuhan ekonomi karena sifatnya tidak dapat tergantikan selama proses industrialisasi. Meskipun pemerintah memberlakukan kebijakan yang cukup ketat mengenai pembatasan konsumsi energi, kebijakan tersebut tidak menjamin terjadinya peningkatan pertumbuhan ekonomi per kapita ( $Pe_{perkapita}$ ) sehingga pemerintah perlu memperhatikan dampak negatif terhadap pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub> (K. Wang et al., 2016). Dengan memperhatikan dampak negatifnya, pemerintah hanya harus melakukan implementasi kebijakan-kebijakan yang bersifat berkelanjutan tanpa harus memperketat regulasi pembatasan konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub>. Penggunaan energi secara efisien menjadi kunci dalam penerapan kebijakan ekonomi lingkungan yang berkelanjutan dengan pemanfaatan energi ramah lingkungan (Cai et al., 2018). Penggunaan energi fosil seperti minyak dan batu bara secara berlebih dapat berdampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi, emisi CO<sub>2</sub>, serta turut menyumbang kerusakan lingkungan khususnya pemanasan Global. Oleh karena itu, Zou & Zhang (2020), Lyu et al (2022) dan Murshed & Dao (2022) menyarankan para perumus kebijakan dan pengambil keputusan mengeluarkan regulasi yang dapat mengurangi proporsi konsumsi energi fosil serta mendorong efisiensi penggunaan energi.

Masalah hubungan pertumbuhan ekonomi dengan emisi CO<sub>2</sub> terjadi di seluruh dunia, baik negara maju maupun negara berkembang. Pendapat tersebut dibuktikan oleh Chen (2016) dan Wang

(2016) yang menjelaskan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara konsumsi energi per kapita, pertumbuhan ekonomi per kapita, dan CO<sub>2</sub> per kapita. Namun, hubungan positif antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub> hanya terjadi pada negara-negara berkembang dikarenakan penggunaan energi yang kurang efisien (Chen et al., 2016; S. Wang et al., 2016). Hubungan pertumbuhan ekonomi dengan emisi CO<sub>2</sub> dapat diselesaikan dengan penerapan sumber daya energi yang terbarukan serta memastikan pasokan energi yang memadai dalam perekonomian secara bertahap (Mirza & Kanwal, 2017; Khan et al., 2020, Radmehr et al., 2021). Berdasarkan penelitian Gorus & Aydin (2018) dan Salari et al (2021) menyebutkan bahwa kebijakan penggunaan sumber daya yang efisien melalui pengendalian pencemaran udara tidak berdampak buruk terhadap pertumbuhan ekonomi per kapita maupun lingkungan sehingga kebijakan pengendalian pencemaran udara layak untuk diimplementasikan.

Kehadiran hipotesis EKC terkait hubungan antara pembangunan ekonomi dengan emisi CO<sub>2</sub> telah banyak diteliti namun interaksi antara kedua variabel tersebut masih belum dapat terselesaikan karena banyaknya hambatan dalam aspek lingkungan seperti deforestasi, emisi sulfur dioksida, hingga persoalan sampah di perkotaan (Shafik & Bandyopadhyay, 1992; Al-Mulali et al., 2015; Lacheheb et al., 2015 Uchiyama, 2016). Penelitian ini berupaya memperluas wawasan mengenai kualitas dan korelasi antara lingkungan hidup dan pembangunan ekonomi dengan mengkaji pengaruh pertumbuhan ekonomi per kapita dengan emisi CO<sub>2</sub> per kapita di Indonesia selama periode 1990-2020. Pembuat kebijakan dan pengambilan keputusan dapat mempertimbangkan hasil penelitian ini dalam kajian bidang pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub> di masa depan.

## **METODE PENELITIAN**

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode *empirical evidance* dengan analisis regresi *Ordinary least square* (OLS) sebagai teknik analisis variabel. Berdasarkan Creswell & Creswell (2018) dan (Greenlaw, 2005) menjelaskan bahwa pendekatan kuantitatif merupakan analisis yang memfokuskan pada data numerik yang diolah secara statistik untuk menguji teori lebih objektif dengan mengamati hubungan antara pengaruh antar variabel (Pejović et al., 2021; Radmehr et al., 2021). Metode survei merupakan peninjauan yang dilakukan secara pasif berdasarkan fenomena yang terjadi serta membantu peneliti dalam memberikan gambaran mengenai tren, pendapat populasi, hingga hubungan antar variabel dengan mempelajari sampel populasi yang digunakan. Menurut Gujarati (2015) teknik analisis regresi *Ordinary least square* (OLS) merupakan sebuah metode penyelesaian masalah pada suatu data menggunakan pemodelan regresi linier, yang merupakan teknik penarikan kesimpulan (Chishti et al., 2021; Saidi & Omri, 2020).

Populasi merupakan sekelompok individu yang memiliki kemiripan secara karakter (Creswell & Creswell, 2018). Sedangkan, sampel merupakan sejumlah kumpulan individu yang mewakili populasi sehingga informasi yang didapat adalah cerminan dari populasi yang digunakan (Greenlaw, 2005). Populasi yang digunakan pada penelitian ini yakni data pertumbuhan ekonomi per kapita yang dipublikasikan oleh *World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files* (World Bank, 2021) dan data emisi CO<sub>2</sub> per kapita yang dipublikasikan oleh *Greenhouse Gas Emission* (Climate Watch, 2020). Teknik pengumpulan data yang digunakan berdasarkan data sekunder dari laporan pertumbuhan ekonomi per kapita dan emisi CO<sub>2</sub> per kapita yang dipublikasikan oleh *World Bank* khususnya negara Indonesia dari kumpulan data teratur oleh urutan waktu (*time series*) selama periode tahun 1990-2020.

Variabel yang digunakan adalah sebanyak satu variabel dependen dan satu variabel independen. Variabel independen yang digunakan adalah pertumbuhan ekonomi per kapita yang diukur dengan tingkat pertumbuhan persentase tahunan PDB per kapita berdasarkan mata uang konstan dengan

membagi PDB dengan jumlah penduduk pertengahan tahun. Variabel dependen penelitian ini menggunakan emisi CO<sub>2</sub> per kapita yang diukur dengan tingkat pertumbuhan persentase tahunan hasil konsumsi bahan bakar padat, cair, hingga bahan bakar gas yang dinyatakan dalam *metric-ton* (mt). Validasi penelitian menggunakan Uji R dengan nilai alpha (0.05), kemudian berdasarkan perhitungan besarnya koefisien korelasi (r), maka data dapat dinyatakan absah. Guna mengetahui karakteristik dan kelayakan model matematis digunakanlah uji statistika deskriptif dan uji asumsi klasik yang terdiri dari uji normalitas, uji heteroskedastisitas, uji autokorelasi, dan uji multikolinieritas.

$$CO2_{perkapita_t} = \beta + \beta_1 pe_{perkapita_t} + \epsilon_t \dots \dots \dots 1)$$

Gujarati (2015) menjelaskan bahwa pemodelan regresi OLS merupakan pemodelan regresi linier maka model regresi OLS pada penelitian ini dapat disusun seperti di atas di mana CO<sub>2</sub> perkapita merupakan variabel dependen emisi CO<sub>2</sub> per kapita dan Pe<sub>perkapita</sub> merupakan pertumbuhan ekonomi per kapita sebagai variabel independen.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil menunjukkan uji asumsi klasik model regresi OLS pada setiap variabel yang digunakan pada penelitian ini di tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai probabilitas pada uji normalitas yakni 0.452051 lebih besar dari nilai alpha (0.05) yang menandakan bahwa data yang digunakan terdistribusi normal. Nilai probabilitas pada uji heteroskedastisitas adalah 0.7704 lebih besar dari nilai alpha (0.05) yang menandakan bahwa data yang digunakan tidak terjadi gejala heteroskedastisitas. Pada uji autokorelasi nilai probabilitasnya yakni 0.6556 yang lebih besar dari pada alpha (0.05) menandakan bahwa data yang digunakan tidak terdapat masalah autokorelasi. Sedangkan nilai *centered VIF* uji multikolinieritas Pe<sub>perkapita</sub> senilai 1.0000 lebih kecil dari 10 yang menandakan bahwa tidak terdapat multikolinieritas.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Asumsi Klasik

	Uji Normalitas	Uji Hetero	Uji Autokol	Uji Multikol Centered VIF
Prob Pe perkapita	0.45251	0.7704	0.6556	1.0000

(Sumber: Di olah peneliti 2023.)  
 \*signifikan pada tingkat  $\alpha$  5%.

**Tabel 2.** Hasil Statistika Deskriptif

	N	Mean	Max	Min	Std. Dev
CO <sub>2</sub> perkapita	30	0.048333	0.19	-0.34	0.124099
Pe perkapita	30	3.2	6.6	-14.4	3.792097

(Sumber: Di olah peneliti 2023.)  
 \*signifikan pada tingkat  $\alpha$  5%.

Tabel 2 menunjukkan hasil uji statistika antar variabel dependen dan independen. Selama periode 1990-2020 dengan nilai rata-rata tertinggi yang dihasilkan adalah pada variabel pertumbuhan

ekonomi sebesar 3.2 sedangkan nilai rata-rata terendah berada di angka 0.048333 pada variabel emisi CO<sub>2</sub>. Secara keseluruhan pada bagian *standard deviation* yang ditampilkan pada tabel 2 variabel Pe\_perkapita memiliki nilai lebih besar yakni sebesar 3.792097 serta nilai terendah berada di angka 0.124099 pada variabel Co<sub>2</sub> perkapita. Berdasarkan hasil model regresi OLS pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai probabilitas variabel pertumbuhan ekonomi sebesar 0.0002 atau lebih rendah dari pada nilai alpha (0.05). Nilai *R-Square* yang didapati adalah 0.397751 atau sekitar 0.397751% dengan nilai *Prob. F-Stat* dengan angka 0.000187.

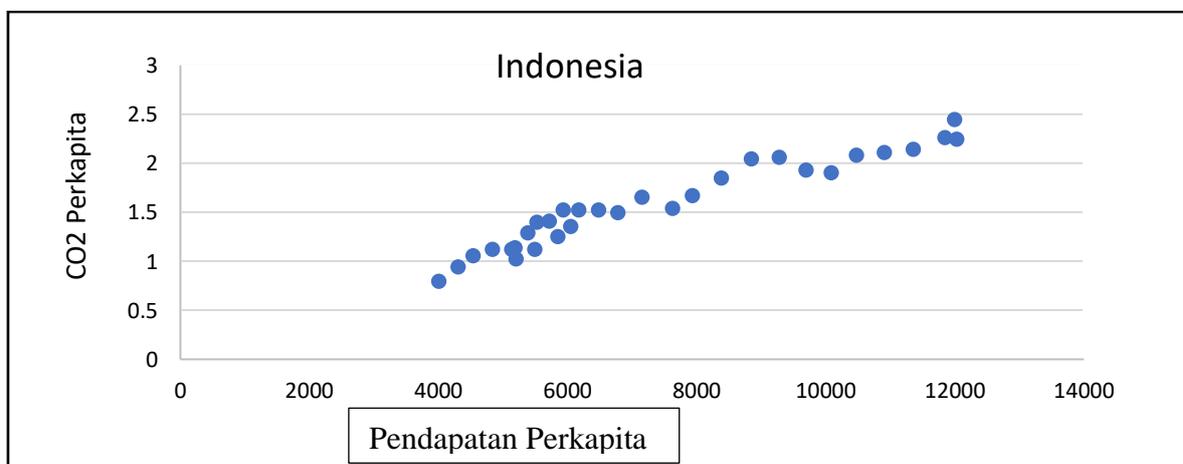
**Tabel 3.** Hasil Uji Regresi OLS

Variable	Coofficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
C	-0.017712	0.023582	-0.751113	0.4589
Pe_perkapita	0.020639	0.004800	4.300283	0.0002
R-squared	0.397751			
Adj (R-squared)	0.376243			
F-statistic	18.49243			
Prob (F-statistic)	0.000187			

(Sumber: Di olah peneliti 2023.)

\*signifikan pada tingkat  $\alpha$  5%.

Pada tabel 3 ditunjukkan bahwa koefisien regresi variabel pertumbuhan ekonomi perkapita positif sebesar 0.020639 dengan nilai konstanta ditunjukkan sebesar -0.017712. Menunjukkan apabila pertumbuhan ekonomi mengalami kenaikan sebesar 1%, maka emisi Co<sub>2</sub> juga naik sebesar 0.020639%. Kemudian nilai R-squared yang dihasilkan adalah sebesar 0.397751, memiliki makna bahwa sebanyak 39.77% dari perubahan emisi Co<sub>2</sub> di Indonesia ditunjukkan oleh variabel pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu sebesar 60.44%, dipengaruhi dari variabel lain yang mana tidak digunakan dalam penelitian ini. Nilai probabilitas F-statistik adalah 0,000187 berdasarkan hasil penelitian, Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi perkapita memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia. Nilai tersebut juga kurang dari nilai batas yang ditetapkan oleh peneliti, yaitu 0,05, yang menunjukkan bahwa hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa variabel pertumbuhan ekonomi perkapita mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> perkapita di Indonesia.



**Gambar 1.** Environmental Kuznet Curve

Berdasarkan hasil yang sudah ditunjukkan di atas bahwa dengan model regresi OLS ditemukan pengaruh antara pertumbuhan ekonomi per kapita dengan emisi CO<sub>2</sub> per kapita di Indonesia. Terlihat pada nilai probabilitas variabel  $Pe_{perkapita}$  sebesar 0.0002 dengan koefisien sebesar 0.020639 yang dapat diartikan bahwa variabel pertumbuhan ekonomi per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap variabel emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia. Hasil koefisien variabel pertumbuhan ekonomi per kapita mengindikasikan peningkatan 1% pada pertumbuhan ekonomi per kapita dapat berakibat meningkatnya emisi CO<sub>2</sub> per kapita sebesar 2.0639%. Temuan ini konsisten dengan studi terdahulu seperti Muhammad (2019) yang menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> (Madyan et al., 2022). Kemudian, temuan penelitian ini juga sependapat dengan hipotesis EKC yang dijelaskan oleh Grossman & Krueger (1995), Salari et al (2021), dan Lyu et al (2022) dan sejalan dengan hasil yang didapati bahwa suatu negara pada tahap awal hubungan antara pertumbuhan ekonomi per kapita dengan degradasi lingkungan yang diukur menggunakan emisi CO<sub>2</sub> adalah positif. bahwa suatu negara pada tahap awal hubungan antara pertumbuhan ekonomi per kapita dengan degradasi lingkungan yang diukur menggunakan emisi CO<sub>2</sub> adalah positif (Uchiyama, 2016).

Temuan pada penelitian yang dilakukan juga sejalan dengan Chen et al (2016) dan Wang et al (2016) yang menjelaskan bahwa hubungan positif antara pertumbuhan ekonomi per kapita dengan emisi CO<sub>2</sub> hanya terjadi pada negara berkembang. Indonesia hingga saat ini masih tergolong ke dalam negara berkembang dikarenakan penguasaan teknologi khususnya teknologi ramah lingkungan yang masih rendah. Diperlukannya pemahaman dan penguasaan teknologi yang ramah lingkungan untuk menekan laju peningkatan emisi CO<sub>2</sub> per kapita tanpa harus menurunkan tingkat pertumbuhan ekonomi per kapita. Pendapat tersebut juga didukung oleh Muhammad (2019) dan Tong et al (2020) yang menyarankan bahwa negara-negara yang ada di dunia untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan melalui kebijakan ekonomi lingkungan yang tepat. Pertumbuhan ekonomi mempengaruhi peningkatan emisi CO<sub>2</sub> ditunjukkan oleh garis linear yang menyebabkan intersep ketika determinan koefisien sebesar 0.020639 pada kurva EKC sehingga diperlukan energi rendah emisi agar dapat mendorong mitigasi perubahan iklim dari peningkatan GDP perkapita.

Berdasarkan penelitian Osobajo et al (2020) dan Saidi & Hammami (2015) melihat bahwa pada jangka panjang maupun jangka pendek bukan hanya pertumbuhan ekonomi saja yang memiliki pengaruh positif dan signifikan dengan emisi CO<sub>2</sub> melainkan juga sumber daya manusia hingga jejak ekologis yang digunakan oleh manusia untuk menopang kehidupannya. Menurut Mačiulytė-Šniukienė & Sekhniashvili (2021) industri yang memproduksi produk ramah lingkungan dengan *eco-innovation* dapat mendorong kinerja lingkungan yang lebih baik serta berkelanjutan. Kontribusi dalam penelitian ini, membangun pemahaman yang lebih baik, memberikan pengetahuan yang lebih terkini dan, memberikan pandangan baru yang dapat membantu untuk mencari solusi mengenai kajian EKC global menggunakan data di Indonesia dengan variabel pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub>.

## **PENUTUP**

Penelitian ini berupaya memperluas wawasan mengenai kualitas lingkungan hidup dan pembangunan ekonomi dengan mengkaji pengaruh pertumbuhan ekonomi per kapita dengan emisi CO<sub>2</sub> per kapita di Indonesia selama periode 1990-2020. Oleh karena itu penelitian ini berdasarkan hipotesis EKC pada sektor pertumbuhan ekonomi yang mempengaruhi degradasi lingkungan. Penelitian lebih lanjut yang mempertimbangkan kekhususan suatu negara dalam sampel yang diamati dapat memberikan petunjuk yang lebih terperinci mengenai negara-negara dengan tingkat pembangunan yang setara. Namun, perlu diingat bahwa faktor-faktor lain seperti politik, sosial, deforestasi, emisi sulfur dioksida, dan budaya juga dapat mempengaruhi tingkat polusi dan kerusakan lingkungan. Oleh karena

itu, analisis dimensi spasial perlu dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih lengkap mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan khususnya mengenai hipotesis EKC. Dengan demikian, penulis dalam penelitian ini kembali menyarankan kebijakan yang lebih tepat sasaran dan terukur. Selain itu, penting untuk memperhatikan penggunaan energi dari sumber terbarukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mempercepat transisi menuju masyarakat yang lebih berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, T. S., & Acheampong, A. O. (2022). Modeling the globalization-CO2 emission nexus in Australia: evidence from the quantile-on-quantile approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(7), 9867–9882. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16368-y>
- Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy*, 76, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.019>
- Anwar, M. N., Fayyaz, A., Sohail, N. F., Khokhar, M. F., Baqar, M., Khan, W. D., Rasool, K., Rehan, M., & Nizami, A. S. (2018). CO2 capture and storage: A way forward for sustainable environment. *Journal of Environmental Management*, 226, 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.009>
- Awan, A. M., & Azam, M. (2022). Evaluating the impact of GDP per capita on environmental degradation for G-20 economies: Does N-shaped environmental Kuznets curve exist? *Environment, Development and Sustainability*, 24(9), 11103–11126. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01899-8>
- Cai, Y., Sam, C. Y., & Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001–1011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.035>
- Chen, P. Y., Chen, S. T., Hsu, C. S., & Chen, C. C. (2016). Modeling the global relationships among economic growth, energy consumption and CO2 emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 420–431. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.074>
- Chishti, M. Z., Ahmad, M., Rehman, A., & Khan, M. K. (2021). Mitigations pathways towards sustainable development: Assessing the influence of fiscal and monetary policies on carbon emissions in BRICS economies. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126035>
- Climate Watch. (2020). *GHG Emissions*. [https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end\\_year=2020&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2020&start_year=1990)
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches* (Megan O’Heffernan, Ed.; 5th ed.). SAGE Publications Inc.
- EPA. (2022). *Global Greenhouse Gas Emissions (United States Environmental Protection Agency)*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- Gambhir, A., Napp, T., Hawkes, A., Höglund-Isaksson, L., Winiwarer, W., Purohit, P., Wagner, F., Bernie, D., & Lowe, J. (2017). The Contribution of Non-CO2 Greenhouse Gas Mitigation to Achieving Long-Term Temperature Goals. *Energies*, 10(5), 602. <https://doi.org/10.3390/en10050602>
- Gorus, M. S., & Aydin, M. (2018). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Ener*, 168, 815–822. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.139>
- Greenlaw, S. A. (2005). *Doing Economics: A Guide to Understanding and Carrying Out Economic Research*. Houghton Mifflin College Division.

- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gujarati, D. (2015). *Econometrics by example second edition* (2nd ed.). Palgrave Macmillan.
- Ibrahim, M. D., & Abbas, M. H. I. (2022). Existence of the Environmental Kuznets Curve and its relevance to SDGs policy: A study in Java region, Indonesia. *Journal of Socioeconomics and Development*, 5(2), 162. <https://doi.org/10.31328/jсед.v5i2.3657>
- Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40854-019-0162-0>
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 25–37.
- Lacheheb, M., Abdul-Rahim, A. S., & Sirag, A. (2015). Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions: Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Algeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4), 1125–1132.
- Lyu, L., Khan, I., Zakari, A., & Bilal. (2022). A study of energy investment and environmental sustainability nexus in China: a bootstrap replications analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 8464–8472. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16254-7>
- Mačiulytė-Šniukienė, A., & Sekhniashvili, D. (2021). The eco-innovation impact on economic and environmental performance of EU member states. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(2), 212–228. <https://doi.org/10.3846/bmee.2021.14497>
- Madyan, M., Kusumawardani, D., & Hasbi Ash Shidiq. (2022). PENGARUH PERKEMBANGAN KEUANGAN TERHADAP EMISI CO2 DI INDONESIA. *Ekspansi: Jurnal Ekonomi, Keuangan, Perbankan, Dan Akuntansi*, 14(2), 167–180. <https://doi.org/10.35313/ekspansi.v14i2.4536>
- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(September 2016), 1233–1240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.081>
- Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy*, 179, 232–245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.126>
- Murshed, M., & Dao, N. T. T. (2022). Revisiting the CO2 emission-induced EKC hypothesis in South Asia: the role of Export Quality Improvement. *GeoJournal*, 87(2), 535–563. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10270-9>
- Nain, M. Z., Ahmad, W., & Kamaiah, B. (2015). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in India: a disaggregated causal analysis. *International Journal of Sustainable Energy*, 36(8), 807–824. <https://doi.org/10.1080/14786451.2015.1109512>
- Odugbesan, J. A., & Rjoub, H. (2020). Relationship Among Economic Growth, Energy Consumption, CO 2 Emission, and Urbanization: Evidence From MINT Countries. *SAGE Open*, 10(2), 215824402091464. <https://doi.org/10.1177/2158244020914648>
- Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU12197965>
- Pejović, B., Karadžić, V., Dragašević, Z., & Backović, T. (2021). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in the countries of the European Union and the Western Balkans. *Energy Reports*, 7, 2775–2783. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.011>
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU

- Countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.01.006>
- Saidi, K., & Hammami, S. (2015). The impact of CO2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries. *Energy Reports*, 1, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2015.01.003>
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). Reducing CO2 emissions in OECD countries: Do renewable and nuclear energy matter? *Progress in Nuclear Energy*, 126, 103425. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103425>
- Salari, M., Javid, R. J., & Noghanibehambari, H. (2021). The nexus between CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in the U.S. *Economic Analysis and Policy*, 69, 182–194. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.12.007>
- Semida, W. M., Beheiry, H. R., Sétamou, M., Simpson, C. R., Abd El-Mageed, T. A., Rady, M. M., & Nelson, S. D. (2019). Biochar implications for sustainable agriculture and environment: A review. *South African Journal of Botany*, 127, 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.015>
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence* (Policy Research Working Paper Series, Issue 904). The World Bank.
- Tong, T., Ortiz, J., Xu, C., & Li, F. (2020). Economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions in the E7 countries: A bootstrap ARDL bound test. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00253-6>
- Uchiyama, K. (2016). *Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Carbon Dioxide Emissions*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55921-4>
- Wang, K., Zhu, B., Wang, P., & Wei, Y. M. (2016). Examining the links among economic growth, energy consumption, and CO2 emission with linear and nonlinear causality tests. *Natural Hazards*, 81(2), 1147–1159. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2124-9>
- Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of The Total Environment*, 542, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.027>
- World Bank. (2021). *GDP Growth Annual*. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
- Zhang, B., Zhang, Y., Zhao, X., & Meng, J. (2018). Non-CO 2 Greenhouse Gas Emissions in China 2012: Inventory and Supply Chain Analysis. *Earth's Future*, 6(1), 103–116. <https://doi.org/10.1002/2017EF000707>
- Zou, S., & Zhang, T. (2020). CO2 emissions, energy consumption, and economic growth nexus: Evidence from 30 Provinces in China. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8842770>