

Pengaruh Pendapatan Per Kapita Penggunaan Energi, Keterbukaan Perdagangan dan Kepadatan Penduduk terhadap Degradasi Lingkungan

The Effect of Per Capita Income, Energy Use, Trade Openness and Population Density on Environmental Degradation

At Thahirah, Abdul Bashir, Dwi Darma Puspita Sari^{*)}

Fakultas Ekonomi, Universitas Sriwijaya, Indonesia

*e-mail korespondensi: dwidarmaps@fe.unsri.ac.id

Info Artikel	Abstrak
<i>Riwayat Artikel :</i> Diterima: 31 Maret 2024 Disetujui: 30 Januari 2025 Dipublikasikan: Januari 2025 <i>Nomor DOI :</i> 10.33059/jseb.v16i1.9847 <i>Cara Mensitasi :</i> Thahirah, A., Bashir, A., & Sari, D. D. P. S. (2025). Pengaruh pendapatan per kapita penggunaan energi, keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan. <i>Jurnal Samudra Ekonomi dan Bisnis</i>, 16(1), 70-83. DOI: 10.33059/jseb.v16i1.9847.	Studi ini dilakukan dengan tujuan guna menganalisis pengaruh pendapatan per kapita, penggunaan energi, keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan di Negara BRICS dan MINT serta membuktikan berlakunya hipotesis <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC). Data yang digunakan adalah data <i>time series</i> selama tahun 2010-2022 dan <i>cross-section</i> terdiri dari sembilan negara yaitu Brazil, Rusia, India, China, Afrika Selatan, Meksiko, Indonesia, Nigeria, dan Turki. Sumber data diperoleh dari Global Carbon Atlas, World Bank, dan Our World In Data dengan teknik analisis regresi data panel. Hasil penelitian menunjukkan pendapatan per kapita, penggunaan energi, keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan, serta terbuktinya hipotesis EKC di Negara BRICS dan MINT meskipun belum mencapai titik balik. Kata Kunci: Degradasi Lingkungan, Kepadatan Penduduk, Keterbukaan Perdagangan, Pendapatan Per Kapita, Penggunaan Energi.

Article Info	Abstract
<i>Article History :</i> Received: 31 March 2024 Accepted: 30 January 2025 Published: January 2025 <i>DOI Number :</i> 10.33059/jseb.v16i1.9847 <i>How to Cite :</i> Thahirah, A., Bashir, A., & Sari, D. D. P. S. (2025). Pengaruh pendapatan per kapita penggunaan energi, keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan. <i>Jurnal Samudra Ekonomi dan Bisnis</i>, 16(1), 70-83. DOI: 10.33059/jseb.v16i1.9847.	<i>The study was conducted with the aim of analyzing the effect of per capita income, energy use, trade openness and population density on environmental degradation in BRICS and MINT countries and proving the validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. The data used is time series data during 2010-2022 and the cross-section consists of nine countries, namely Brazil, Russia, India, China, South Africa, Mexico, Indonesia, Nigeria, and Turkey. Data sources were obtained from the Global Carbon Atlas, World Bank, and Our World In Data using panel data regression analysis techniques. The results showed that per capita income, energy use, trade openness and population density had a positive and significant effect on environmental degradation, and proved the EKC hypothesis in BRICS and MINT countries even though it has not reached a turning point.</i> Keywords: Environmental Degradation, Population Density, Trade Openness, Per Capita Income, Energy Use.

PENDAHULUAN

Kebijakan pembangunan yang berfokus pada pertumbuhan ekonomi sering kali mengarah pada eksploitasi berlebihan dari sumber daya alam, telah menyebabkan degradasi lingkungan di seluruh dunia. Pembangunan ekonomi yang tidak berkelanjutan dapat merusak kualitas lingkungan hidup, termasuk pencemaran air, udara, tanah, deforestasi, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Ini bisa berdampak negatif pada kesejahteraan manusia jangka panjang (Fauzi, 2017). Oleh karena itu, ide tentang ekonomi berkelanjutan semakin populer karena menekankan betapa pentingnya untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan kelestarian lingkungan. Di era globalisasi, pemanasan global adalah salah satu dampak yang dirasakan dari banyak pihak. Para ilmuwan lingkungan menyimpulkan bahwa emisi gas rumah kaca seperti CO₂, N₂O, CH₄, dan gas F adalah penyebab utama pemanasan global, dengan lebih dari 70% dari emisi ini terdiri dari karbon (CO₂) (Dinayah & Novembrianto, 2023).

Berdasarkan laporan tahunan dari *Global Monitoring Laboratory* NOAA, kadar karbon dioksida (CO₂) dalam atmosfer global terus meningkat, mencapai rekor tertinggi sebesar 418,53 bagian per juta (ppm) pada tahun 2022, menjadikan tahun tersebut tahun ke-11 berturut-turut di mana tingkat CO₂ meningkat lebih dari 2 ppm setiap tahunnya, yang merupakan laju peningkatan CO₂ tertinggi 65 tahun terakhir. Dilihat dari perspektif teori ekonomi, peningkatan emisi yang menyebabkan permasalahan lingkungan dapat dianggap sebagai contoh eksternalitas negatif dari kegiatan ekonomi sebuah negara (Trimarjunita & Azwardi, 2023). Karena mekanisme pasar tidak mampu memasukkan biaya kerugian dari emisi gas rumah kaca yang bersifat tidak langsung juga tidak dapat membebankannya pada pelaku emisi. Oleh karena itu, dalam ilmu ekonomi penting untuk diingat bahwa pertumbuhan ekonomi, yang seringkali disertai dengan peningkatan aktivitas ekonomi dan produksi, terus mendorong perubahan kualitas lingkungan melalui emisi gas rumah kaca yang terus meningkat (Firdaus, 2017).

Hipotesis *Kuznets* atau yang dikenal teori *Enivorenmental Kuznets Curve* (EKC) bahwa adanya keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan hidup. Teori tersebut menyebutkan bahwa sektor pertanian masih memegang peran utama dalam struktur ekonomi negara berkembang (Cahyani & Aminata, 2020). Namun, seiring perkembangan negara, dominasi struktur ekonominya akan beralih dari sektor pertanian ke sektor industrial, yang mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan (Santi & Sasana, 2021). Ketika sebuah negara berkembang menjadi negara maju, struktur ekonominya cenderung beralih dari sektor industri ke sektor jasa, di mana teknologi yang lebih canggih dan ramah lingkungan lebih sering diterapkan. Oleh karena itu, peningkatan kegiatan ekonomi dengan model pertumbuhan yang berkelanjutan cenderung mendorong perbaikan kualitas lingkungan (Firdaus, 2017).

Negara-negara dengan pendapatan per kapita tinggi cenderung memiliki standar hidup yang lebih tinggi dan menggunakan lebih banyak energi fosil, yang berkontribusi pada peningkatan emisi CO₂. Dalam era globalisasi, perdagangan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi namun juga meningkatkan aliran barang dan jasa serta emisi karbon dioksida. Meningkatnya mobilitas dan kepadatan penduduk di perkotaan juga memengaruhi degradasi lingkungan melalui pola hidup seperti produksi dan konsumsi yang menghasilkan berbagai jenis limbah yang pada akhirnya dapat menimbulkan degradasi lingkungan (Bashir *et al.*, 2021). Berdasarkan *Global Carbon Project* (2022) dimana China, India, Rusia, Indonesia, Meksiko, Brazil, Afrika Selatan, dan Turki termasuk dalam 15 besar negara penyumbang emisi terbanyak di dunia. Secara tidak sengaja ini merupakan negara BRICS dan MINT (termasuk Nigeria).

Tabel 1. Degradasi Lingkungan, Pendapatan per Kapita, Penggunaan Energi, Keterbukaan Perdagangan, dan Kepadatan Penduduk Negara BRICS dan MINT Tahun 2022

Negara	Tahun 2022				
	Degradasi Lingkungan (MtCO ₂)	Pendapatan Per Kapita (satuan US\$)	Penggunaan Energi (kWh per orang)	Keterbukaan Perdagangan (%GDP)	Kepadatan Penduduk (Orang per km persegi luas lahan)
	11.396	12.850	31.051	38	151
China	2.829	2.380	7.143	49	476
India	1.652	12.830	55.459	43	8
Rusia	728	4.580	9.854	45	146
Indonesia	511	10.410	19.009	89	65
Meksiko	483	8.140	17.299	39	25
Brazil	404	6.780	22.350	64	49
Afrika Selatan	435	10.590	22.824	80	110
Turki	128	2.140	2.547	24	239

Sumber: *Global Carbon Project, Our World In Data, World Bank Open Data* (diolah), 2023.

Tabel 1 menunjukkan bahwa dalam tahun 2022, terdapat perbedaan yang signifikan dalam emisi karbon dioksida (CO₂) antara negara-negara anggota BRICS dan MINT. China, sebagai salah satu ekonomi terbesar dalam kelompok ini, memiliki emisi CO₂ tertinggi sebesar 11.396 MtCO₂. Hal tersebut selaras dengan pendapatan per kapita yang tinggi, penggunaan energi per individu yang tinggi, tingkat keterbukaan perdagangan yang signifikan dan kepadatan penduduk yang relatif tinggi semuanya berperan dalam kontribusi besar negara ini terhadap emisi CO₂. Sementara itu, India dengan emisi CO₂ sebesar 2.829 MtCO₂ meskipun dengan pendapatan per kapita yang lebih rendah, penggunaan energi per individu relatif rendah, keterbukaan perdagangan yang signifikan dan kepadatan penduduk yang tinggi menunjukkan faktor-faktor populasi dan tingkat kesejahteraan juga berperan dalam dampak lingkungan. Demikian pula, Rusia memiliki emisi CO₂ sebesar 1.652 MtCO₂ yang relatif tinggi, yang disertai dengan pendapatan per kapita tinggi, penggunaan energi per individu yang sangat tinggi dan tingkat perdagangan yang signifikan dalam perekonomiannya, serta memiliki kepadatan yang relatif rendah.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh perdebatan yang sedang berlangsung di bidang ekonomi yang berkaitan dengan dampak degradasi lingkungan dari peningkatan emisi CO₂ yang disebabkan oleh aktivitas ekonomi, yang semakin meningkat dan merugikan kelestarian lingkungan alam. Kebaruan bukti empiris khususnya di negara anggota BRICS dan MINT yang masih sedikit dengan data terbaru dari 2010-2022, oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pendapatan per kapita, penggunaan energi, keterbukaan perdagangan dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan di Negara BRICS dan MINT serta membuktikan hasil yang memperkuat hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dan membantu dalam pengambil keputusan membuat kebijakan lingkungan yang efektif.

TELAAH LITERATUR

Pertumbuhan Ekonomi

Salah satu parameter penting untuk menilai pencapaian pembangunan ekonomi suatu negara adalah pertumbuhan ekonomi yang menunjukkan sejauh mana perekonomian dapat meningkatkan pendapatan per kapita selama periode tertentu (Arsyad, 2015). Adam Smith mengemukakan teori

pertumbuhan ekonomi berkonsentrasi pada dua komponen utama yaitu pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan output total. Sumber daya alam, tenaga kerja, pertumbuhan penduduk, dan tingkat persediaan adalah komponen penting dalam mencapai pertumbuhan output (Sukirno, 2015).

Smith pada tahun 1776 berpendapat bahwa, dalam proses pertumbuhan ekonomi, masing-masing dari komponen ini saling terkait, tetapi proses tersebut harus mengatasi hambatan yang dikenal sebagai sumber daya ekonomi. Jika sumber daya alam tidak dapat mengimbangi aktivitas ekonomi yang terus berkembang, keterbatasan sumber daya ekonomi memiliki dampak yang signifikan pada pertumbuhan ekonomi karena dapat mengurangi jumlah produksi. Oleh karena itu, dalam konteks ini, keterbatasan sumber daya alam dapat menjadi faktor penghambat pertumbuhan ekonomi suatu negara (Setiawan *et al.*, 2023). Hampir sama dengan Adam Smith, David Ricardo tahun 1917 menegaskan bahwa pertumbuhan ekonomi terkait erat dengan isu-isu pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan output total. Ia mencatat bahwa pertumbuhan penduduk yang terus meningkat akan menghasilkan kelimpahan tenaga kerja dalam masyarakat. Ricardo juga meyakini bahwa pertumbuhan ekonomi dibatasi oleh faktor produksi terutama sumber daya alam atau tanah yang memiliki keterbatasan jumlahnya (Chalid, 2015).

Environmental Kuznets Curve (EKC)

Grossman dan Krueger pada tahun 1991 memperkenalkan konsep *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dimana mereka menerapkan hipotesis *Kuznets* untuk menganalisis keterkaitan antar pendapatan per kapita dan degradasi lingkungan. Teori EKC menunjukkan bahwa kurva berbentuk U-terbalik berlaku untuk berbagai jenis polutan pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi (Santi & Sasana, 2021). Hipotesis EKC menyatakan pertumbuhan ekonomi awalnya dapat meningkatkan emisi polutan, tetapi tahap selanjutnya pertumbuhan ekonomi dapat membantu mengurangi degradasi lingkungan. Hal ini disebabkan oleh perkembangan teknologi dan pergeseran ekonomi ke sektor jasa (Firdaus, 2017). Sebuah penelitian lain menunjukkan bahwa kurva EKC yang berbentuk U-terbalik muncul sebagai hasil dari perubahan skala ekonomi, komposisi, sektor ekonomi dan teknologi yang muncul selama periode keterbukaan perdagangan dan pertumbuhan ekonomi (Cahyani & Aminata, 2020).

Gambar 1 menunjukkan kurva U-terbalik yang menjelaskan tahapan pertumbuhan ekonomi terdiri dari ekonomi pra-industri atau ekonomi pertanian; selanjutnya setelah pertumbuhan ekonomi yang lebih besar, ekonomi berbasis industri beralih ke perekonomian berbasis industri, yang kemudian dikenal sebagai ekonomi pasca-industri atau ekonomi berbasis jasa. Kurva *Kuznets* menunjukkan bahwa ketika pendapatan per kapita meningkat, awalnya dapat mengakibatkan polusi. Namun, seiring berjalannya waktu, masyarakat cenderung mengurangi aktivitas ekonomi yang menciptakan dampak negatif terhadap lingkungan (Cahyani & Aminata, 2020).

Eksternalitas, Perdagangan dan Kepadatan Penduduk

Menurut Mankiw (2018), eksternalitas adalah situasi di mana tindakan seseorang dapat memiliki dampak yang tidak bisa diimbangi atau dikompensasi terhadap kesejahteraan orang lain yang tidak terlibat dalam tindakan itu. Sedangkan menurut Pindyck & Rubinfeld (2014), eksternalitas merujuk pada tindakan yang dilakukan oleh produsen atau konsumen yang mempunyai dampak terhadap produsen atau konsumen lainnya, tetapi tidak tercermin dalam harga pasar. Eksternalitas ada dua macam ditinjau dari segi dampaknya, yaitu eksternalitas negatif dimana tindakan satu pihak menimbulkan biaya bagi pihak lain; dan, eksternalitas positif dimana tindakan salah satu pihak

memberikan manfaat bagi pihak lain (Pindyck & Rubinfeld, 2014). Contoh eksternalitas negatif adalah degradasi lingkungan akibat aktivitas ekonomi, dikarenakan aktivitas produksi yang dilakukan merugikan pihak-pihak di luar kegiatan tersebut, yang dalam konsep ekonomi adalah contoh kegagalan pasar yang tidak dapat secara efektif menangani biaya atau kerugian yang timbul akibat degradasi lingkungan (Syarif & Wibisana, 2015).

Perdagangan adalah aktivitas yang melibatkan pertukaran barang atau jasa antara individu maupun kelompok, yang telah berlangsung sejak zaman dahulu hingga saat ini (Dewi & Bima, 2022). Teori-teori perdagangan internasional seperti keunggulan absolut oleh Adam Smith Tahun 1776, menyatakan suatu negara hanya akan memperoleh keunggulan absolut jika negara tersebut mampu menghasilkan produk yang unggul. komoditas tertentu dalam jumlah terbesar. Di sisi lain, teori keunggulan komparatif dalam perdagangan internasional, yang dipopulerkan oleh David Ricardo, menjelaskan berpendapat bahwa yang terpenting bukanlah kuantitas maksimum tetapi mekanisme produksi yang hemat biaya yang dapat menghasilkan keunggulan komparatif maksimum dalam perdagangan internasional (Paryadi, 2020). Namun kedua teori perdagangan populer ini tidak mempertimbangkan biaya yang terkait (yaitu biaya lingkungan) dari perdagangan internasional (Jiang *et al.*, 2023). Heckscher dan Ohlin mengemukakan model perdagangan lain yang dikenal sebagai model Heckscher-Ohlin (HO), dengan berpendapat bahwa keberhasilan perdagangan internasional terutama bergantung pada ketersediaan sumber daya alam di suatu wilayah tertentu, yang dapat tersedia dalam bentuk bahan mentah, fosil (misalnya gas, batu bara, minyak), dan mineral lainnya yang berkontribusi pada emisi CO₂ (Jiang *et al.*, 2023).

Kepadatan penduduk bisa dinyatakan menjadi semakin tinggi ketika jumlah manusia di suatu wilayah tertentu melebihi kapasitas ruang yang tersedia (Irham & Putri, 2023). Peningkatan populasi dan kemajuan ekonomi di negara-negara berkembang telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang merata dan semakin parah yang disebabkan oleh tekanan pertumbuhan penduduk yang cepat dan eksploitasi terhadap lahan, yang pada gilirannya berdampak penurunan produktivitas lahan per kapita dalam produksi pangan (Akhirul *et al.*, 2020). Ada dua aliran teoritis mengenai kepadatan penduduk dengan degradasi lingkungan. Pertama adalah aliran Malthusian yang dipelopori oleh ahli ekonomi Thomas Malthus pada abad ke-18, berpendapat bahwa pertumbuhan populasi yang cepat menyebabkan degradasi lingkungan dan kelaparan karena sumber daya alam terbatas (Zuhri, 2014).

Di sisi lain, aliran kedua yaitu Neo-Malthusian, dalam bukunya yang berjudul "*The Population Bomb*" Paul Ehrlich pada tahun 1971 membahas masalah penduduk dan lingkungan global dalam tiga aspek utama, yaitu: (1) terlalu banyak orang di seluruh dunia; (2) jumlah pasokan makanan yang sangat terbatas; dan, (3) polusi dan kerusakan lingkungan telah tersebar luas sebagai akibat dari populasi yang berlebihan. Ehrlich dan istrinya merevisi buku tersebut menjadi "*The Population Explosion*" pada tahun 1990, dan mereka memperingatkan bahwa "*The Population Bomb*" yang mereka antisipasi pada tahun 1968 dapat meledak kapan saja. Hal ini terjadi karena populasi manusia yang berlebihan menyebabkan banyak kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, manusia harus membatasi pertumbuhan populasi dan mengelola lingkungan dengan bijaksana untuk mencegah hal ini terjadi (Subair, 2015).

METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan merupakan analisis data kuantitatif dengan menggunakan metode regresi data panel. Menurut Ghazali (2018), regresi data panel adalah gabungan antara data runtut waktu (*time series*) dimana dalam penelitian ini yaitu data tahunan selama 12 tahun dari tahun

2010 hingga 2022 dengan data silang (*cross section*) yang digunakan mencakup sembilan negara kelompok BRICS dan MINT yang dipandang dapat memberikan data lebih informatif dan bervariasi. Data sekunder *time series* dan data *cross section* diperoleh dari *Global Carbon Atlas*, *World Bank* dan *Our World In Data*. Terdapat tiga pendekatan regresi data panel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM) (Ghozali *et al.*, 2017). Selanjutnya untuk memilih model terbaik, dilakukan dua test yaitu Chow Test dan Hausman Test, yang mana setelah dilakukan kedua test tersebut didapatkan bahwa model Fixed Effect yang terbaik. Setelah mengetahui model terbaik yang digunakan dalam penelitian, maka akan dilakukan pengujian asumsi klasik seperti uji normalitas, uji multikolinieritas, uji heteroskedastisitas dan uji autokorelasi serta pengujian hipotesis berupa uji *F*-statistik dan uji *t*-statistik (Gujarati, 2015). Model yang digunakan dalam persamaan data panel adalah:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 GNI_{it} + \beta_2 GNI^2_{it} + \beta_3 EU_{it} + \beta_4 TR_{it} + \beta_5 PD_{it} + \varepsilon_{it} \dots\dots\dots (1)$$

dimana CO₂ adalah degradasi lingkungan; GNI adalah pendapatan per kapita; GNI² adalah pendapatan per kapita kuadrat; EU adalah penggunaan energi; TR adalah keterbukaan perdagangan; PD adalah kepadatan penduduk; ε adalah error term; i adalah menunjukkan wilayah; dan, t adalah menunjukkan tahun.

Dengan menggunakan spesifikasi model yang pada persamaan (1), keberadaan EKC pada suatu negara dapat diketahui dengan melihat koefisien β_1 dan β_2 (Ginting *et al.*, 2023); dimana jika β_2 kurang dari 0 maka terjadi hubungan berbentuk U-terbalik, sementara jika β_2 lebih besar dari 0 berarti tidak terjadi hubungan berbentuk U-terbalik.

Setelah mengetahui keberadaan EKC pada suatu negara, maka tahap selanjutnya menghitung *Turning Point* (TP) dengan rumus seperti berikut (Emalia *et al.*, 2020; Bashir *et al.*, 2021; Faizah *et al.*, 2021; Vikia *et al.*, 2023):

$$\text{Titik Balik} = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \dots\dots\dots (2)$$

dimana β_1 adalah pendapatan per kapita; dan, β_2 adalah pendapatan per kapita kuadrat.

HASIL ANALISIS

Penentuan Model Estimasi

Tabel 2 menunjukkan hasil uji Chow bahwa nilai probabilitas adalah 0,0000 atau lebih kecil dari 0,05. Oleh karena itu, berdasarkan uji Chow, model FEM dianggap sebagai model yang lebih unggul dibandingkan CEM (Caraka, 2017).

Selanjutnya, berdasarkan hasil uji Hausman pada Tabel 3, diperoleh nilai probabilitas pada *Cross-section random* adalah 0,0196 atau lebih kecil dari 0,05. Oleh karena itu berdasarkan uji Hausman, model FEM dianggap sebagai model yang lebih baik dibandingkan REM (Ghozali, 2018).

Tabel 2. Hasil Uji Chow

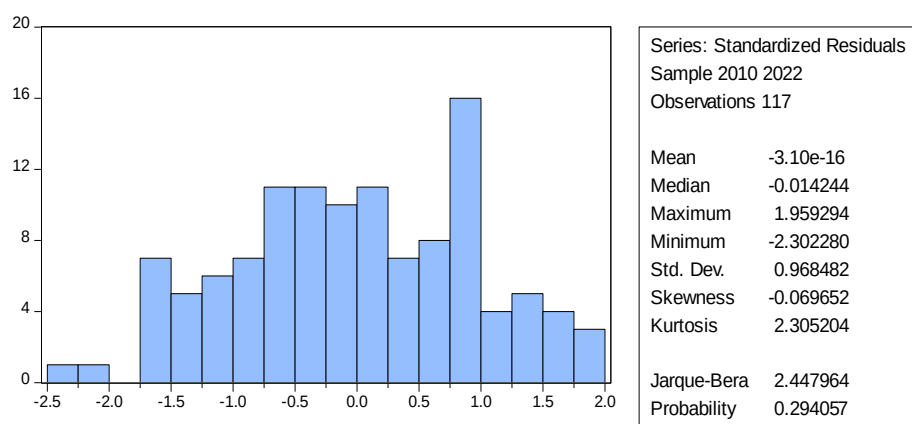
Effects Test	Statistic	d.f	Prob.
Cross-section F	11379,804589	(8,103)	0,0000

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.

Tabel 3. Hasil Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq.df	Prob.
Cross-section random	13,433596	5	0,0196

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.



Gambar 1. Hasil Uji Normalitas

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.

Tabel 4. Hasil Uji Chow

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	2,066991	588,933	NA
GNI	0,027936	605,3085	3,864477
EU	0,018564	488,0438	4,392207
TR	0,041666	172,8599	1,313579
PD	0,007579	43,98512	2,698904

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.

Tabel 5. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedasticity Test: Breusch Pagan Godfrey			
F-statistic	1,188734	Prob. F(4,112)	0,3197
Obs*R-squared	4,764918	Prob. Chi-Square(4)	0,3123
Scaled explained SS	3,7773434	Prob. Chi-Square(4)	0,4375

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.

Uji normalitas bertujuan untuk menentukan apakah varian residual dari model regresi memiliki distribusi normal atau tidak (Gujarati, 2015). Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan nilai probabilitas Jarque-Bera sebesar 2,448 dengan probabilitas sebesar 0,294. Oleh karena nilai probabilitas Jarque-Bera lebih besar dari α (0,05), maka data ini dinyatakan berdistribusi normal (Nurhayati, 2019).

Uji multikolinearitas diperlukan untuk memastikan bahwa tidak adanya keterkaitan antara variabel bebas (Sugiyono, 2017). Dalam penelitian menggunakan model kuadratik, kemungkinan terjadinya masalah multikolinearitas sangat tinggi. Untuk menguji potensi ada tidaknya gejala multikolinieritas dalam penelitian ini, variabel GNI² dikeluarkan dari perhitungan uji VIF. Upaya ini sesuai dengan yang diterapkan oleh Allard & Takman (2017) dan Abdullah (2019). Hasil pada Tabel 4 menjelaskan bahwa tidak terdapat gejala multikolinieritas di model penelitian ini yang telah dikurangi variabel pendapatan per kapita kuadrat. Nilai *Centered* VIF yang berada di bawah 10 menunjukkan model ini tidak terpengaruh oleh gejala multikolinieritas.

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk menilai apakah terdapat perbedaan varians dari residual antar pengamatan dalam suatu model regresi (Gujarati, 2015). Seperti halnya uji multikolinieritas, uji heteroskedastisitas juga dilakukan dengan terlebih dahulu mengeluarkan GNI² dari dalam perhitungan. Tabel 5 menunjukkan hasil uji heteroskedastisitas dengan menggunakan *Breusch-Pagan-Godfrey Test*, dan ditemukan nilai *P-value Obs*R-Squared* sebesar 0,312 atau lebih besar dari

0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa tidak terdapat masalah heteroskedastisitas dalam model regresi penelitian ini (Ghozali *et al.*, 2017).

Pengujian Hipotesis

Hasil regresi data panel yang didapatkan dalam penelitian ini adalah dengan metode Fixed Effect Model (Ghozali, 2018). Berdasarkan Tabel 6 diperoleh nilai koefisien determinasi atau *R-squared* sebesar 0,999 yang menandakan bahwa variabel-variabel independen dapat menjelaskan variabel dependen sebesar 99 persen, dan 1 persen sisanya merupakan variabel lain yang tidak diselidiki dalam penelitian ini atau diluar cakupan model regresi ini. Berdasarkan hasil uji *F* diperoleh nilai *p-value* lebih kecil dari 0,005 maka dapat dinyatakan variabel-variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen (Ghozali *et al.*, 2017).

Hasil uji *t*-statistik dari hasil regresi data panel juga memberikan hasil yang baik, dimana nilai probabilitas dari semua variabel independen adalah signifikan pada α sebesar 5 persen atau 0,05 (Ghozali, 2018). Dengan demikian, masing-masing variabel independen yaitu GNI (*Prob.* = 0,0000), GNI^2 (*Prob.* = 0,0000), EU (*Prob.* = 0,0000), TR (*Prob.* = 0,0000), dan PD (*Prob.* = 0,0000) memiliki pengaruh parsial secara signifikan terhadap variabel dependen yaitu CO₂.

Analisis Turning Point (TP)

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan titik balik EKC seperti yang diterapkan oleh Emalia *et al.* (2020), Bashir *et al.* (2021), Faizah *et al.* (2021), dan Vikia *et al.* (2023), pada penelitian ini tentang negara BRICS dan MINT tahun 2010-2022 adalah:

$$\begin{aligned}\text{Titik Balik} &= -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \\ &= -\frac{1,98}{2(-0,102)} \\ &= 9,70588235 \text{ (dalam logaritma natural) atau US\$16.414}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa negara BRICS dan MINT mengalami *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dengan titik balik pendapatan per kapita senilai US\$16.414. Hal ini berarti pada awal pendapatan per kapita di negara BRICS dan MINT akan meningkatkan degradasi lingkungan, namun setelah mencapai pendapatan per kapita sebesar US\$16.414 maka pendapatan per kapita akan memperbaiki kualitas lingkungan.

Tabel 6. Hasil Fixed Effect Model (FEM)

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-Statistik	Prob.
C	-8,521879	0,426449	-19,98334	0,0000
GNI	1,982729	0,113038	17,54042	0,0000
GNI^2	-0,101912	0,006319	-16,12816	0,0000
EU	0,316758	0,032924	9,620918	0,0000
TR	0,095185	0,007140	13,33147	0,0000
PD	0,525458	0,044694	11,75666	0,0000
R-squared	0,999916	Mean dependent var	238,9632	
Adjusted R-squared	0,999905	S.D. dependent var	1446,030	
S.E. of regression	1,027784	Sum squared resid	108,8030	
F-statistic	94360,49	Durbin-Watson stat	1,803875	
Prob (F-statistic)	0,000000			

Sumber: Data sekunder (diolah), 2024.

Pembahasan

Berdasarkan penelitian ini, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa pendapatan per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan, sedangkan pendapatan per kapita kuadrat berpengaruh negatif dan signifikan terhadap degradasi. Temuan ini sesuai dengan hipotesis EKC yang berbentuk kurva U terbalik. Menurut teori ini, degradasi lingkungan akan meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan per kapita hingga mencapai titik balik; setelah itu, degradasi lingkungan akan menurun sejalan dengan peningkatan pendapatan per kapita setelah melewati titik balik (Santi & Sasana, 2021). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini mendukung beberapa temuan penelitian sebelumnya (Firdaus, 2017; Nikensari *et al.*, 2019; Chien, 2020; Emalia *et al.*, 2020; Faizah *et al.*, 2021; Bashir *et al.*, 2021; Karedla *et al.*, 2021; Rahman & Vu, 2021). EKC di negara BRICS dan MINT tahun 2010-2022 memiliki titik balik pada pendapatan per kapita sebesar US\$16.414. Hal ini berarti pada awal pendapatan per kapita di negara BRICS dan MINT akan meningkatkan degradasi lingkungan, namun setelah mencapai pendapatan per kapita sebesar 16.414\$ maka pendapatan per kapita akan memperbaiki kualitas lingkungan dengan melaksanakan berbagai upaya dan kebijakan. Hal ini dikarenakan pendapatan per kapita di negara BRICS dan MINT terus mengalami peningkatan yang berarti aktivitas ekonomi juga meningkat dan berakibat pada bertambahnya degradasi lingkungan. Namun demikian, pendapatan per kapita di negara BRICS dan MINT diidentifikasi belum mencapai titik baliknya. Kondisi ini berarti EKC yang diharapkan belum terjadi, namun untuk masa depan diperkirakan hipotesis EKC dapat tercapai.

Penggunaan energi teridentifikasi menunjukkan pengaruh yang positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan. Pemanfaatan energi menjadi elemen esensial dalam mendorong aktivitas perekonomian, namun hal ini juga berpotensi meningkatkan dampak degradasi lingkungan yang timbul dari proses pembakaran bahan bakar fosil. Terutama di negara berkembang seperti BRICS dan MINT, dimana penggunaan energi bahan bakar fosil sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan energi yang terus meningkat. Negara-negara ini menghadapi tantangan ekonomi dan berupaya meningkatkan standar hidup masyarakat dengan memproduksi lebih banyak barang, yang menyebabkan peningkatan penggunaan energi dari sumber bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang dapat menyebabkan eksternalitas negatif berupa peningkatan degradasi lingkungan. Ketergantungan fasilitas energi pada bahan bakar fosil membuat perubahan menuju alternatif energi lebih sulit. Banyak negara masih sangat bergantung pada sumber energi ini untuk memenuhi kebutuhan energi mereka. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan (Tang, 2017; Oktavilia *et al.*, 2019; Zulaicha *et al.*, 2020; Alaganthiran & Anaba, 2022; Barış-Tüzemen & Tüzemen, 2022; Asliyana, 2023).

Keterbukaan perdagangan diperoleh terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan. Keterbukaan perdagangan membuka pintu bagi peningkatan produksi industri, menghasilkan kenaikan dalam volume barang yang diperdagangkan antarnegara. Adanya persaingan global seringkali mendorong perusahaan untuk mengejar efisiensi biaya. Namun demikian, dalam beberapa kasus, upaya untuk meminimalkan biaya produksi bisa menghasilkan penggunaan teknologi yang kurang ramah lingkungan atau praktik produksi yang lebih berfokus pada hasil yang cepat namun kurang memperhatikan dampak lingkungan. Hal ini sesuai dengan teori-teori pemikiran seperti keunggulan absolut oleh Adam Smith dan teori keunggulan komparatif oleh David Ricardo yang menekankan pada produksi efisien untuk keuntungan negara tanpa mempertimbangkan biaya lingkungan dari perdagangan internasional. Teori H-O juga berpendapat bahwa keberhasilan

perdagangan internasional terutama bergantung pada ketersediaan sumber daya alam di suatu wilayah tertentu, yang dapat tersedia dalam bentuk bahan mentah, fosil (misalnya gas, batu bara, minyak), dan mineral lainnya yang berkontribusi pada degradasi lingkungan (Jiang *et al.*, 2023). Beberapa hasil penelitian terdahulu juga membenarkan bahwa keterbukaan perdagangan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan (Perwithosuci *et al.*, 2020; Emalia *et al.*, 2020; Chien, 2020; Rahma *et al.*, 2022).

Kepadatan penduduk diidentifikasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan. Kepadatan penduduk yang tinggi sering menjadi pendorong utama dalam meningkatkan penggunaan energi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, transportasi, dan infrastruktur. Di daerah padat penduduk seperti negara BRICS dan MINT, terdapat lebih banyak kendaraan, rumah tangga, dan sektor industri yang membutuhkan energi dalam jumlah besar, sehingga mengakibatkan peningkatan penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, kepadatan penduduk yang tinggi juga memengaruhi tata ruang perkotaan yang padat. Pandangan ini sejalan dengan aliran teoritis kepadatan penduduk oleh Malthusian dan Paul Ehrlich yang menyoroti bahwa ketersediaan sumber daya alam yang terbatas tidak dapat mengimbangi pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan penduduk yang tidak seimbang dengan ketersediaan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan pangan bisa menjadi tantangan utama (Zuhri, 2014). Temuan dari penelitian ini didukung oleh penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kepadatan penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan (Firdaus, 2017; Zulaicha *et al.*, 2020; Faizah *et al.*, 2021; Widyawati *et al.*, 2021; Hariani *et al.*, 2022; Mahendra *et al.*, 2022; Prinadi *et al.*, 2022; Vikia *et al.*, 2023).

Terakhir, ditemukan bahwa terdapat pengaruh positif dan signifikan antara pendapatan per kapita, penggunaan energi, keterbukaan perdagangan, dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan di negara BRICS dan MINT tahun 2010-2022. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas dan demografis dapat berdampak negatif pada kualitas lingkungan. Dengan demikian, dinilai perlu untuk meningkatkan efisiensi energi dengan mengembangkan teknologi energi terbarukan, menerapkan kebijakan pengurangan emisi gas rumah kaca seperti prinsip Protokol Kyoto, mengembangkan industri hijau, mengembangkan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan dan mengembangkan program pendidikan lingkungan serta pembangunan ekonomi yang tinggi dan ramah lingkungan yang akan menghasilkan kualitas lingkungan yang lebih baik.

SIMPULAN

Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif dan signifikan antara pendapatan per kapita, penggunaan energi, keterbukaan perdagangan, dan kepadatan penduduk terhadap degradasi lingkungan di negara BRICS dan MINT tahun 2010-2022, serta terbuktinya *Environmental Kuznets Curve* (EKC) secara teori di negara BRICS dan MINT tahun 2010-2022 dengan titik balik pendapatan per kapita sebesar US\$ 16.414. Namun, secara keseluruhan negara BRICS dan MINT belum mencapai titik balik pendapatan per kapita tersebut. Hal ini berarti EKC yang diharapkan saat ini belum terjadi di BRICS dan MINT, namun dalam jangka panjang EKC dapat terjadi. Berlakunya EKC ini memiliki arti bahwa pada masa yang akan datang setelah melalui titik balik pendapatan per kapita, BRICS dan MINT akan mampu menurunkan degradasi lingkungan.

Dalam kaitannya dengan teori EKC, para pengambil kebijakan disarankan untuk meningkatkan pendapatan per kapita negara dengan mendorong pembangunan di sektor-sektor yang lebih ramah lingkungan. Upaya perlu diperkuat dengan meningkatkan mitigasi lingkungan dan kerjasama

antarnegara sejalan dengan prinsip-prinsip seperti Protokol Kyoto dalam kebijakan lingkungan. Selain itu, diperlukan peningkatan pada pengawasan spesialisasi komoditas ekspor dengan tingkat degradasi yang rendah serta kebijakan distribusi populasi penduduk dan peningkatan *human capital* penduduk yang berfokus pada keberlanjutan lingkungan. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan lebih berhati-hati dan teliti dalam menentukan cara metodologi dan memilih data penelitian, karena teori EKC sangat peka terhadap perbedaan dalam kedua aspek tersebut. Penggunaan metode penelitian yang berbeda bisa berpengaruh besar pada hasil dan interpretasi yang diperoleh.

REFERENSI

- Abdullah, M. H. (2019). Relevansi teori environmental kuznets curve terhadap degradasi lingkungan di tiga klasifikasi negara tahun 1985-2014. *Tesis*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/48044>.
- Akhirul, Witra, Y., Umar, I., & Erianjoni. (2020). Dampak negatif pertumbuhan penduduk terhadap lingkungan dan upaya mengatasinya. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan LignKeyan*, 1(3), 76–84. <http://jkpl.ppj.unp.ac.id/index.php/JKPL/article/view/82>.
- Alaganthiran, J. R., & Anaba, M. I. (2022). The effects of economic growth on carbon dioxide emissions in selected Sub-Saharan African (SSA) countries. *Heliyon*, 8(11), e11193. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11193>.
- Allard, A., Takman, J., Uddin, G. S., & Ahmed, A. (2018). The N-shaped environmental Kuznets curve: An empirical evaluation using a panel quantile regression approach. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(6), 5848-5861. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0907-0>.
- Arsyad, L. (2015). *Ekonomi pembangunan (Edisi 5)*. UPP STIM YKPN.
- Asliyana, M. (2023). The impact of economic globalization on CO2 emissions. *MICEB: Medan International Conference On Economic and Business*, 1, 1403–1409. <https://doi.org/10.30596/miceb.v1i0.245>.
- Barış-Tüzemen, Ö., & Tüzemen, S. (2022). The impact of foreign direct investment and biomass energy consumption on pollution in BRICS countries: A panel data analysis. *Global Journal of Emerging Market Economies*, 14(1), 76–92. <https://doi.org/10.1177/09749101211067092>.
- Bashir, A., Susetyo, D., Suhel, S., & Azwardi, A. (2021). Relationships between urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from Indonesia. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(3), 79–90. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no3.0079>.
- Cahyani, M. D., & Aminata, J. (2020). Peran energi terbarukan dan energi nuklir: Analisis empiris environmental Kuznets curve di negara BRICS periode 1996-2016. *Diponegoro Journal of Economics*, 9(1), 142–155. <https://doi.org/10.14710/djoe.31499>.
- Caraka, R. E. (2017). *Spatial data panel (Pertama)*. Wade Group.
- Chalid, P. (2015). Teori dan isu pembangunan. Universitas Terbuka. <http://repository.ut.ac.id/4601/>.
- Chien, N. V. (2020). Energy consumption, income, trading openness, and enviromental pollution: Testing environmental Kuznets curve hypothesis. *Journal Of Southwest Jiaotong University*, 55(1), 655–666. <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.55.1.49>.
- Dewi, S. A., & Bima, E. (2022). Faktor faktor australia menetapkan kebijakan anti-dumping terhadap produk kertas a4 Indonesia periode 2017-2019. *MJIR Moestopo Journal International Relations*, 2(2), 184–200. <https://journal.moestopo.ac.id/index.php/mjir/article/view/2625>.
- Dinayah, I. P., & Novembrianto, R. (2023). Analisis emisi CO2 dari penggunaan listrik di lingkungan kampus UPN “Veteran” Jawa Timur. *EnviroUS*, 4(1), 122–125. <http://envirous.upnjatim.ac.id/>.

- Emalia, Z., Moniyana, R., & Murniati. (2020). Economic determinants of carbon dioxide emissions: A proof of the environmental Kuznet curve hypothesis in Asia. *TEST Engineering & Management*, 82, 6877–6885. <http://www.testmagazine.biz/index.php/testmagazine>.
- Faizah, N., Togar, L., & Jalunggono, G. (2021). Analisis determinan degradasi lingkungan: pengujian EKC di 9 negara Asean periode 2000-2017. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 3(2), 463–480. <https://doi.org/10.31002/dinamic.v3i2.2661>.
- Fauzi, R. (2017). Effects of energy consumption, forest areas and economic growth toward CO2 emissions in 6 (six) ASEAN member countries: A panel data analysis approach. *Ecolab*, 11(1), 1–52. <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JKLH/article/view/3086/2217>.
- Firdaus, I. A. (2017). Pengaruh pertumbuhan dan keterbukaan ekonomi terhadap perubahan kualitas lingkungan: Analisis environmental Kuznet curve (Studi kasus negara-negara anggota regional comprehensive economic partnership tahun 1999-2014). *Jurnal Ilmiah Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya*, 5(2), 1–15. <https://jimfeb.ub.ac.id/index.php/jimfeb/article/view/4171>.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 25 (Edisi 9)*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ghozali, I., & Ratmono, D. (2017). *Analisis multivariat dan ekonometrika dengan Eviews 10*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ginting, R. F., Prajanti, S. D. W., & Setyadharma, A. (2023). Determinan indeks kualitas lingkungan hidup dengan pengujian environmental Kuznet curve. *Business and Economic Analysis Journal*, 3(1), 16–24. <https://doi.org/10.15294/beaj.v3i1.41646>.
- Global Carbon Project. (2022). *The global carbon project's fossil CO2 emissions*. Global Carbon Atlas. <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>.
- Global Carbon Project. (2023). *Carbon emissions*. Global Carbon Atlas. <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>.
- Global Monitoring Laboratory NOAA. (2022). *Trends in atmospheric carbon dioxide*. Global Monitoring Laboratory. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html>.
- Gujarati, N. D. (2015). *Dasar-dasar ekonometrika (Buku 1)*. Salemba Empat.
- Hariani, E., Febriyastuti, R. W., & Tamonsang, M. (2022). Analysis of factors that affect CO2 emissions in 5 ASEAN country in 2011-2018. *Optimum: Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 12(1), 76–86. <https://doi.org/10.12928/optimum.v12i1.5824>.
- Irham, A. R., & Putri, R. M. (2023). Kepadatan penduduk terhadap indeks pembangunan manusia di Provinsi Lampung. *Media Komunikasi Geografi*, 24(1), 91–100. <https://doi.org/10.23887/mkg.v24i1.60261>.
- Jiang, Y., Hossain, M. R., Khan, Z., Chen, J., & Badeeb, R. A. (2023). Revisiting research and development expenditures and trade adjusted emissions: Green innovation and renewable energy R&D role for developed countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 2156-2191. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01220-0>.
- Karedla, Y., Mishra, R., & Patel, N. (2021). The impact of economic growth, trade openness and manufacturing on CO2 emissions in India: An autoregressive distributive lag (ARDL) bounds test approach. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 26(52), 376–389. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-05-2021-0057>.
- Mahendra, Y. I., Marselina, Wahyudi, H., & Ciptawati, U. (2022). Pengaruh populasi penduduk, FDI dan control of corruption terhadap emisi CO2 di 9 negara ASEAN. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 2(10), 3741–3753. <https://doi.org/10.55927/mudima.v2i10.1462>.
- Mankiw, N. G. (2018). *Pengantar ekonomi mikro*. Salemba Empat.
- Nikensari, S. I., Destilawati, S., & Nurjanah, S. (2019). Studi environmental Kuznets curve di Asia: sebelum dan setelah millennium development goals. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 27(2),

- 11–25. <https://doi.org/10.14203/jep.27.2.2019.11-25>.
- Nurhayati, N. S. (2019). The Influence of profitability, liquidity, and investment opportunity to dividend policy on companies listed in the LQ-45 index. *Proceedings of the 1st International Conference on Economics, Business, Entrepreneurship, and Finance (ICEBEF 2018): Advances in Economics, Business and Management Research Series*, 65, 247–254. <https://doi.org/10.2991/icebef-18.2019.57>.
- Oktavilia, S., Sugiyanto, F. X., Firmansyah, Pujiati, A., & Setyadharma, A. (2019). Effect of energy consumption and economic growth towards the environmental quality of Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 125(2019), 7–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912510007>.
- Our World In Data. (2022). *Energy use*. Our World In Data. <https://ourworldindata.org/energy>.
- Paryadi, D. (2020). Potensi kerjasama bilateral indonesia bangladesh dalam kerangka preferential trade agreement. *Cendikia Niaga*, 4(2), 16–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.52391/jcn.v4i2.510>.
- Perwithosuci, W., Mafruhah, I., & Gravitiani, E. (2020). The effect of population, GDP, oil consumption, and FDI on CO2 emissions in ASEAN 5 developing countries. *International Journal of Economics, Business and Management Research*, 4(06), 211–220. <https://ijebmr.com/link/560>.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2014). *Mikroekonomi (8 ed.)*. Erlangga.
- Prinadi, A. N., Sarungu, J. J., Suryantoro, A., & Gravitiani, E. (2022). Dampak pertumbuhan ekonomi, nilai tambah industri, dan populasi terhadap emisi karbon dioksida di kawasan ASEAN. *Prosiding Nasional UNARS*, 1(1), 6–15. <https://unars.ac.id/ojs/index.php/prosidingSDGs/article/view/2303>.
- Rahma, L., Firmansyah, R., & Revindo, M. D. (2022). The nexus between FDI, per capita income, energy consumption, trade openness, and carbon dioxide emissions: Panel data analysis of ASEAN plus six. *Jurnal Kajian Wilayah*, 11(2), 141–162. <https://doi.org/10.14203/jkw.v11i2.842>.
- Rahman, M. M., & Vu, X. B. (2021). Are energy consumption, population density and exports causing environmental damage in China? Autoregressive distributed lag and vector error correction model approaches. *Sustainability*, 13(7), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13073749>.
- Santi, R., & Sasana, H. (2021). Analisis pengaruh pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, foreign direct investment (FDI), energy use/consumption dan krisis ekonomi terhadap kualitas lingkungan ditinjau dari tingkat carbon footprint di Asean 8. *Diponegoro Journal of Economics*, 10(2), 343–354. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jme/article/view/31595>.
- Setiawan, B., Marselina, & Wahyudi, H. (2023). Pengaruh keterbukaan perdagangan, pengeluaran pemerintah, dan angkatan kerja terhadap produk domestik bruto di 10 negara ASEAN tahun 2016-2020. *Journal Unbara*, 03(01), 12–20. <https://journal.unbara.ac.id/index.php/klassen>.
- Subair. (2015). Relevansi teori Malthus dalam diskursus kependudukan kontemporer. *Dialetika*, 9(2), 96–110. <https://doi.org/10.33477/dj.v9i2.224>.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. CV. Alfabeta.
- Sukirno, S. (2015). *Makroekonomi, teori pengantar (Edisi ketiga)*. Rajawali Pers.
- Syarif, L. M., & Wibisana, A. G. (2015). *Hukum lingkungan: Teori, legislasi dan studi kasus*. https://perpustakaan.icel.or.id:443/index.php?p=show_detail&id=3782.
- Tang, E. (2017). Pengaruh penanaman modal asing, pendapatan domestik bruto, konsumsi energi, konsumsi listrik, dan konsumsi daging terhadap kualitas lingkungan pada 41 negara di dunia dan 17 negara di Asia periode 1999-2013. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 6(2), 1896–1914. <https://doi.org/10.4135/9781483381411.n400>.
- Trimarjunita, V., & Azwardi. (2023). Pengaruh pertumbuhan ekonomi, populasi, dan industri pengolahan terhadap kualitas lingkungan di Indonesia. *Tesis*. Fakultas Ekonomi Universitas

- Sriwijaya. <http://repository.unsri.ac.id/id/eprint/118704>.
- Vikia, Y. M., Sekar, V., Wibowo, A., & Maulana, F. (2023). *The nexus between economic demography and carbon emission: A case study in South American Region*. 7(1), 49–59. <https://doi.org/10.18196/jerss.v7i1.15893>.
- Widyawati, R. F., Hariani, E., Ginting, A. L., & Nainggolan, E. (2021). Pengaruh pertumbuhan ekonomi, populasi penduduk kota, keterbukaan perdagangan internasional terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂) di negara ASEAN. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 37–47. <https://doi.org/10.37046/jaj.v3i1.11193>.
- World Bank Open Data on. (2023). *GNI per capita, atlas method (Current US\$)*. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD>.
- World Bank Open Data on. (2023). *Population density (people per sq. km of land area)*. https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST?intcid=ecr_hp_BeltC_en_ext.
- World Bank Open Data on. (2023). *Trade (% of GDP)*. world bank. <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS>.
- Zuhri, M. S. (2014). Pengaruh faktor-faktor demografi terhadap emisi udara di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Pembangunan*, 14(2), 13–37. <https://doi.org/10.20961/jiep.v14i2.9880>.
- Zulaicha, A. U., Sasana, H., & Septiani, Y. (2020). Analisis determinasi emisi CO₂ di Indonesia tahun 1990-2018. *Dinamic*, 2(123), 487–500. <https://doi.org/10.31002/dinamic.v2i2.1384>.