

1-2023

## Konsumsi Energi, Pembangunan Sektor Keuangan dan Emisi Karbon di Indonesia

Monica Ruth Karunia

*Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Padjadjaran,*  
monicaruthkarunia@gmail.com

Ahmad Komarulzaman

*Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Padjadjaran,*  
ahmad.komarulzaman@unpad.ac.id

Ari Tjahjawardita

*Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Padjadjaran,*  
ari.tjahjawardita@unpad.ac.id

Follow this and additional works at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jepi>



Part of the [Environmental Studies Commons](#), and the [Growth and Development Commons](#)

---

### Recommended Citation

Karunia, Monica Ruth; Komarulzaman, Ahmad; and Tjahjawardita, Ari (2023) "Konsumsi Energi, Pembangunan Sektor Keuangan dan Emisi Karbon di Indonesia," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*: Vol. 23: No. 1, Article 6.

DOI: 10.21002/jepi.2023.06

Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jepi/vol23/iss1/6>

This Article is brought to you for free and open access by the Faculty of Economics & Business at UI Scholars Hub. It has been accepted for inclusion in Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia by an authorized editor of UI Scholars Hub.

# Konsumsi Energi, Pembangunan Sektor Keuangan, dan Emisi Karbon di Indonesia

## *Energy Consumption, Financial Development, and Carbon Emissions in Indonesia*

Monica Ruth Karunia<sup>a,\*</sup>, Ahmad Komarulzaman<sup>a</sup>, & Ari Tjahjawardita<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Padjadjaran

[diterima: 25 Desember 2022 — disetujui: 17 Februari 2023 — terbit daring: 18 Juni 2023]

### Abstract

*This study investigates EKC hypothesis in Indonesia over the period of 1980–2019. Within the EKC framework, we examine the impact of GDP, energy consumption, and financial development on CO<sub>2</sub> emissions using ARDL bound-test. The results show that the study variables are cointegrated, representing a long-run relationship. The EKC hypothesis is not validated as we found a U-shaped relationship. Given the turning point (IDR13,274,579) has been reached in 1987, a further increase in GDP would only be associated with an increase in CO<sub>2</sub> emissions. While energy consumption increases CO<sub>2</sub> emissions, financial development seems to improve environmental quality by lowering CO<sub>2</sub> emissions.*  
**Keywords:** EKC hypothesis, energy consumption, financial development, CO<sub>2</sub> emissions, ARDL

### Abstrak

Penelitian ini menyelidiki keberadaan Hipotesis EKC di Indonesia selama periode 1980–2019. Dalam kerangka EKC, penelitian ini mengkaji pengaruh PDB, konsumsi energi, dan pembangunan sektor keuangan terhadap emisi karbon (CO<sub>2</sub>). Penelitian ini menggunakan *Autoregressive Distributed Lagged (ARDL) bound-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kointegrasi antar variabel. Sementara itu, hipotesis EKC tidak divalidasi melainkan hubungan kurva berbentuk U. *Turning point* telah tercapai pada tahun 1987, ini menyiratkan bahwa peningkatan PDB lebih lanjut hanya akan dikaitkan dengan peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Selain itu, konsumsi energi meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> dan pembangunan sektor keuangan tampak memperbaiki kualitas lingkungan dengan menurunkan emisi CO<sub>2</sub>.

**Kata kunci:** hipotesis EKC, konsumsi energi, pembangunan sektor keuangan, emisi CO<sub>2</sub>, ARDL

**Kode Klasifikasi JEL:** O13; Q43; G00

## Pendahuluan

Revolusi industri berhasil membawa perubahan signifikan pada aktivitas manusia. Namun, perubahan ini memiliki dampak negatif, yaitu emisi gas rumah kaca (GRK), khususnya emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai kontributor utama (*Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2008*). Peningkatan emisi GRK telah mengubah komposisi atmosfer sehingga akan memengaruhi masalah

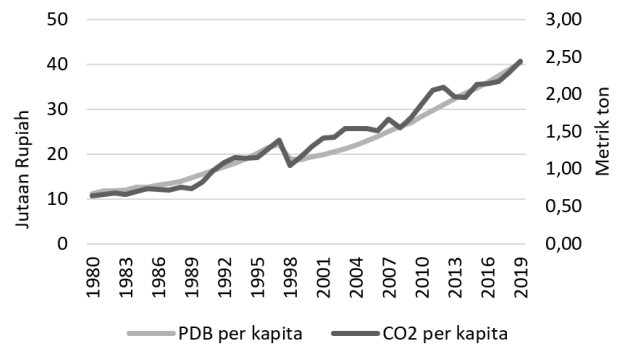
perubahan iklim (IPCC, 2008). Berbagai kebijakan dan komitmen untuk mengurangi emisi GRK telah diinisiasi dan disepakati sebagai respons global. Dua di antaranya adalah Protokol Kyoto (1997) dan Perjanjian Paris (2015). Komitmen ini kembali dibahas dan diperbarui pada *The 2021 United Nations Climate Change Conference* yang lebih sering disebut sebagai COP26 di Glasgow tahun 2021, yang bertujuan untuk menekan kenaikan suhu global tertinggi sebesar 1,5°C dengan mengurangi separuh emisi dunia pada tahun 2030 dan mencapai *net zero emission* pada tahun 2050 atau 2060.

\*Alamat Korespondensi: Jalan Dipati Ukur No.35, Kota Bandung, Jawa Barat. E-mail: monicaruthkarunia@gmail.com.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang ikut menandatangani Perjanjian Paris. Indonesia sepakat untuk mengurangi emisi dan mendukung aksi perubahan iklim lainnya, termasuk adaptasi terhadap perubahan iklim domestik dan internasional. Hal ini penting karena Indonesia dikenal memiliki kawasan hutan yang luas, yang mana hutan sangat penting dalam penyerapan karbon dioksida dan mengurangi pemanasan global. Namun, Indonesia sempat menjadi penghasil emisi GRK terbesar keempat di dunia pada tahun 2015 dan penghasil emisi terbesar kesepuluh pada tahun 2020, dengan kontribusi sebesar 590 *metric tons of carbon dioxide equivalent* (MtCO<sub>2</sub>) (CarbonBrief, 2019; Global Carbon Atlas, 2022).

Kemudian, muncul dilema antara pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dan pertumbuhan ekonomi. Di antara negara-negara ASEAN lainnya, Indonesia telah menjadi salah satu negara dengan pertumbuhan tercepat, transformasi ekonomi yang cepat, ekspansi populasi, dan konsumsi energi yang tinggi dengan peningkatan polutan udara yang signifikan yang dapat menyebabkan peningkatan pemanasan global yang cepat. Hal ini merupakan tantangan besar bagi Indonesia. World Bank memperkirakan bahwa pada tahun 2100, dampak perubahan iklim akan menelan biaya 2,5–7 persen dari produk domestik bruto (PDB) Indonesia (World Bank, 2011). Namun, pertanyaan terbesar adalah apakah membatasi emisi CO<sub>2</sub> akan menghambat pertumbuhan ekonomi Indonesia?

Pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan sering dikaitkan dengan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Konsep pemikiran hipotesis EKC berawal dari teori Kuznets (1955). Sejalan dengan teori tersebut, hipotesis EKC menjelaskan bahwa degradasi lingkungan akan meningkat seiring bertumbuhnya ekonomi, kemudian pada titik pendapatan tertentu akan menjadi titik balik yang dengan hubungan tersebut akan mengarah pada kondisi perbaikan terhadap kualitas lingkungan

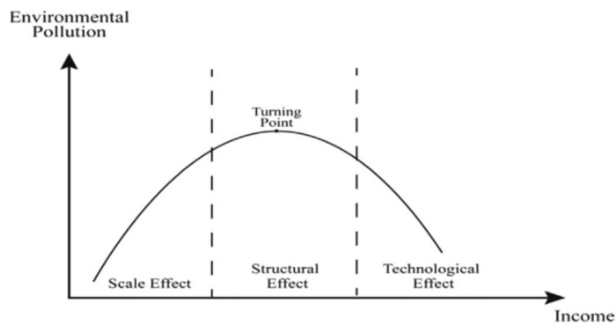


**Gambar 1.** PDB per Kapita & CO<sub>2</sub> per Kapita Indonesia  
Sumber: Ritchie & Roser (2020) dan World Bank (2022), diolah

an. Melalui proses tersebut, hipotesis EKC dapat dikatakan sebuah jalur atau fenomena yang terjadi dalam jangka panjang (Ahmed & Qazi, 2014; Dinda, 2004). Mekanisme dari hipotesis EKC (Gambar 2) dapat dijelaskan menggunakan tiga efek, yaitu *scale*, *structural*, dan *technique effects* (Grossman & Krueger, 1991). Tiga efek tersebut menjelaskan hipotesis EKC sebagai berikut:

1. *Scale effect*: pertumbuhan ekonomi mengarah pada degradasi lingkungan karena peningkatan *output* membutuhkan peningkatan input. Pada tahap ini, perekonomian hanya berfokus pada peningkatan *output* tanpa memikirkan dampaknya pada lingkungan. Umumnya, tahap ini dialami oleh negara dengan tingkat pendapatan rendah.
2. *Structural effect*: pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan bergantung pada perubahan struktural dalam perekonomian (Sarkodie & Strezov, 2019). Degradasi lingkungan cenderung meningkat karena struktur perekonomian bergeser dari agraris ke industri padat energi dan padat karbon. Selanjutnya, saat industri padat polusi berkontraksi dan beralih ke industri berorientasi jasa, degradasi lingkungan mulai menurun (Sarkodie & Strezov, 2018). Tahap ini biasa dialami oleh negara dengan tingkat pendapatan menengah.
3. *Technique effect*: adaptasi teknik produksi yang

ramah lingkungan akan mengarah pada peningkatan kualitas lingkungan. Teknologi lama mulai ditinggalkan dan beralih ke teknologi yang lebih efisien dan bersih. Tahap ini dialami oleh negara dengan tingkat pendapatan tinggi.



**Gambar 2.** *Environmental Kuznets Curve (EKC)*  
Sumber: Bilgili et al. (2016)

Sejak diawali oleh penelitian Grossman & Krueger (1991), Shafik & Bandyopadhyay (1992), dan Panayotou (1993), makin banyak literatur yang telah muncul. Identifikasi hipotesis ini dapat menunjukkan apakah suatu negara berada di jalur menuju pembangunan berkelanjutan atau tidak. Sejumlah penelitian telah menggunakan emisi CO<sub>2</sub> untuk membuktikan ide-ide ini (Ang, 2007; Farabi et al., 2019; Sugiawan & Managi, 2016; Zhang, 2021). Emisi CO<sub>2</sub> dianggap sebagai indikator degradasi lingkungan yang baik mengingat CO<sub>2</sub> memiliki persentase terbesar, yaitu 74,1 persen dari total emisi GRK (Ge et al., 2022). Selain itu, emisi CO<sub>2</sub> adalah pendorong utama perubahan iklim global.

Dalam mengkaji keberadaan hipotesis EKC, para peneliti telah menggunakan model multivariat untuk mengatasi bias variabel yang dihilangkan dan menggabungkan beberapa variabel bebas selain pendapatan. Perluasan di luar model bivariat tradisional dengan memasukkan variabel lain yang relevan dapat memengaruhi hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan (Och, 2017).

Konsumsi energi adalah salah satu faktor yang

paling sering ditambahkan dalam penelitian hipotesis EKC, baik konsumsi energi terbarukan dan bahan bakar fosil. Sebagian besar penelitian menemukan pengaruh positif dan signifikan konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub> (Alam et al., 2016; Ozturk & Acaravci, 2010; Shahbaz et al., 2013a; Sugiawan & Managi, 2016). Penelitian-penelitian tersebut sepakat bahwa alasan utamanya adalah konsumsi energi dunia, bahkan Indonesia, hingga saat ini masih didominasi oleh bahan bakar fosil yang diketahui memiliki kandungan karbon yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh bahan bakar fosil sangat mudah ditemukan dan memiliki kemampuan menghasilkan energi dalam jumlah besar. Selain itu, biayanya relatif lebih murah dan infrastrukturnya dapat dibangun di hampir semua lokasi. Namun, keuntungan dari bahan bakar fosil datang dengan kerugian yang lebih besar. Pada tahun 2021, batubara (37,62 persen) merupakan sumber pasokan energi terbesar dalam bauran energi Indonesia, diikuti oleh minyak (33,40 persen) dan gas alam (16,82 persen). Sedangkan, energi terbarukan hanya menyumbang sebesar 12,16 persen dari total keseluruhan (Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2022).

Urgensi degradasi lingkungan dan perubahan iklim juga mengarahkan perhatian para peneliti pada interaksi antara polutan dan pembangunan sektor keuangan. Secara umum, simpulan mengenai pembangunan sektor keuangan memiliki pengaruh yang tidak pasti terhadap kualitas lingkungan. Hal ini mencerminkan kompleksitas hubungan keduanya yang tidak dapat dengan mudah dideteksi atau dijelaskan (Jiang & Ma, 2019). Di satu sisi, pembangunan sektor keuangan dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dengan mendorong pembiayaan teknologi produksi yang lebih ramah lingkungan (Charfeddine & Khediri, 2016; Shahbaz et al., 2013b). Pembangunan sektor keuangan juga dapat mengurangi biaya produksi dan energi serta pembiayaan proyek-proyek hijau (Jiang & Ma, 2019; Tamazian et al., 2009). Selain itu, pembangunan sektor keuangan dapat me-

meningkatkan kegiatan penelitian dan pengembangan yang dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi dan karenanya memengaruhi kualitas lingkungan menjadi lebih baik (Frankel & Romer, 1999).

Di sisi lain, pembangunan sektor keuangan menjadi faktor peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Seperti halnya kemudahan perusahaan untuk mendapatkan modal pinjaman dengan biaya yang rendah. Perusahaan akan menggunakan kesempatan ini untuk memperluas skala produksi yang kemudian menghasilkan lebih banyak emisi CO<sub>2</sub> (Jiang & Ma, 2019). Kemudahan dalam memperoleh akses pendanaan juga memicu konsumen untuk membeli *durable goods* yang rawan energi dan memicu permasalahan lingkungan (Baloch *et al.*, 2019). Selain itu, kinerja pasar saham yang baik menyiratkan pertumbuhan yang cepat dan kemakmuran ekonomi. Hal ini akan merangsang kegiatan produksi dan konsumsi lebih banyak sehingga menyebabkan peningkatan konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub> (Jiang & Ma, 2019).

Di Indonesia, berbagai usaha telah dioptimalkan untuk mendorong sektor keuangan hijau dan berkelanjutan. Seperti halnya Otoritas Jasa Keuangan (OJK) yang menerbitkan *Peta Jalan Keuangan Berkelanjutan 2015–2019* pada tahun 2014. Kemudian di tahun 2017, OJK mengeluarkan Peraturan OJK 51/POJK.03/2017 tentang Penerapan Keuangan Berkelanjutan bagi Lembaga Jasa Keuangan, Emiten, dan Perusahaan Publik. Di tahun 2022, OJK juga merilis *Taksonomi Hijau* yang memberikan pemahaman yang lebih baik bagi sektor keuangan mengenai klasifikasi aktivitas hijau (OJK, 2022). Hal ini diharapkan dapat menjadi pedoman pengembangan produk keuangan hijau dan berkelanjutan di Indonesia nantinya.

Dari sudut pandang empiris, penelitian mengenai keberadaan hipotesis EKC termasuk studi yang menambahkan konsumsi energi dan pembangunan sektor keuangan telah mendapatkan perhatian (Dar & Asif, 2018; Islam, 2022; Shahbaz *et al.*, 2013a). Dar & Asif (2018) menemukan bahwa pertumbuhan

*Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia Vol. 23 No. 1 Januari 2023, hlm. 81–92*

ekonomi dan konsumsi energi memberikan kontribusi yang signifikan dalam peningkatan emisi CO<sub>2</sub>, sedangkan pembangunan sektor keuangan telah menyebabkan penurunan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Turki. Temuan serupa ditemukan dalam penelitian Shahbaz *et al.* (2013a) di Indonesia. Di sisi lain, penelitian Islam (2022) menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan pembangunan sektor keuangan berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan dengan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> di Asia Selatan. Selain itu, dalam sepengetahuan penulis, hanya satu penelitian yang telah mengeksplorasi hubungan konsumsi energi dan pembangunan sektor keuangan dalam kerangka analisis hipotesis EKC di Indonesia (Shahbaz *et al.*, 2013a). Namun, penelitian-penelitian tersebut hanya mengkaji sektor keuangan secara parsial dengan menggunakan satu atau beberapa indikator. Hal ini dapat memberikan simpulan yang membingungkan karena penggunaan proksi pembangunan sektor keuangan yang berbeda-beda (Paudel & Alharthi, 2021). Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan indeks pembangunan sektor keuangan yang bersifat lebih luas dan komprehensif. Penelitian ini mencoba untuk memenuhi kesenjangan ini dan secara substansial dapat mengurangi bias estimasi variabel yang dihilangkan. Oleh karena itu, kontribusi utama penelitian ini dimaksudkan untuk melengkapi bukti empiris tentang hipotesis EKC di Indonesia dalam kasus emisi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan variabel yang tepat dan relevan. Penelitian ini juga menekankan perlunya menganalisis keberadaan EKC spesifik satu negara dengan emisi CO<sub>2</sub> untuk mengembangkan kebijakan lingkungan yang efektif untuk pembangunan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memperkaya literatur Indonesia tentang hipotesis EKC.

Dengan kondisi saat ini, penulis mengekspektasikan bahwa Indonesia tengah berada dalam jalur peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini didasarkan pada dugaan bahwa perubahan struktural dalam pereko-

nomian sedang terjadi dengan peralihan sektor industri menjadi sektor jasa yang makin berkembang dan mulai mengambil alih. Begitu pula konsumsi energi Indonesia diekspektasi meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> dikarenakan dominasi bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Sementara itu, sektor keuangan diekspektasikan mampu membantu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebagai hasil nyata usaha penerapan keuangan hijau dan berkelanjutan di Indonesia selama ini.

## Metode

Penelitian ini menggunakan data runtun waktu tahunan Indonesia dari tahun 1980 hingga 2019. Pemilihan data didasarkan pada ketersediaan data. Emisi CO<sub>2</sub> per kapita (MtCO<sub>2</sub>) diambil dari *Our World in Data* (Ritchie & Roser, 2020). PDB riil per kapita (harga konstan dalam rupiah) sebagai cerminan pertumbuhan ekonomi diambil dari *World Development Indicator*. Konsumsi energi per kapita (Gigajoule) diambil dari *British Petroleum (bp) Statistical Review of World Energy*. Indeks pembangunan sektor keuangan diambil dari International Monetary Fund (IMF) yang memungkinkan penulis untuk menyelidiki pengaruh "agregat" dari pembangunan sektor keuangan terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Semua variabel, kecuali indeks pembangunan keuangan, diubah menjadi logaritma natural. Transformasi ke dalam logaritma ditujukan untuk mengurangi masalah pada uji normalitas, autokorelasi, dan heteroskedastisitas.

Penelitian ini menggunakan metode analisis data runtun waktu *Autoregressive Distributed Lagged (ARDL) bound-test* untuk mengidentifikasi adanya kointegrasi atau hubungan jangka panjang antarvariabel penelitian. Metode *ARDL bound-test* dikembangkan oleh Pesaran et al. (2001) yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode kointegrasi lainnya. Beberapa keunggulan yang dimiliki metode ini: (i) dapat diterapkan pada data runtun waktu dengan tingkat stasioneritas I(0), I(1),

atau campuran keduanya, (ii) dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk data dengan sampel kecil, dan (iii) dapat memberikan estimasi jangka panjang dan pendek secara simultan. Ukuran sampel dalam penelitian ini berjumlah tergolong kecil dan tingkat stasioneritas variabel yang berbeda. Kondisi inilah yang mendukung penulis untuk menggunakan metode ARDL dalam analisis. Untuk memeriksa tingkat stasioneritas variabel, penulis menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* dengan mempertimbangkan satu *structural break*. Hal ini ditujukan untuk menghindari simpulan yang bias dan tidak dapat diandalkan apabila tidak mempertimbangkan adanya *structural break* dalam data runtun waktu (Enders, 2014; Gujarati & Porter, 2009).

Pada dasarnya, permodelan ARDL terdiri dari dua tahap. Pada tahap pertama, *ARDL bound-test* digunakan untuk menguji keberadaan kointegrasi di antara variabel-variabel. *Akaike Information Criterion (AIC)* digunakan untuk memilih panjang *lag* yang optimal. Kriteria ini dipilih karena cenderung memilih *lag* yang optimal, konsisten, dan efisien untuk menangkap hubungan dinamis antarvariabel (Shahbaz et al., 2013b). AIC juga bekerja relatif lebih baik dalam sampel kecil (Shahbaz et al., 2014). Kemudian, nilai F-statistik akan dibandingkan dengan nilai batas kritis. Jika nilai F-statistik lebih besar dari nilai batas kritis atas atau I(1), maka terdapat kointegrasi. Jika F-statistik berada di antara nilai kritis batas bawah dan atas, maka kesimpulan dari ada atau tidak adanya kointegrasi menjadi tidak meyakinkan. Jika nilai F-statistik lebih kecil dari nilai batas kritis bawah atau I(0), maka tidak terdapat kointegrasi antarvariabel. Mengingat ukuran sampel penelitian ini tergolong kecil, penulis menggunakan nilai batas kritis Narayan (2005) yang merancang nilai batas kritis untuk ukuran sampel yang berkisar antara 30 hingga 80. Tahap kedua adalah memperkirakan model jangka panjang dan pendek berikut yang diwakili dalam Persamaan (1) dan (2) jika terdapat bukti kointegrasi antara variabel-

variabel dalam penelitian.

$$\begin{aligned} \ln CO_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^j \delta_{1i} \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^k \delta_{2i} \ln GDP_{t-i} + \\ & + \sum_{i=0}^l \delta_{3i} \ln GDP_{t-i}^2 + \sum_{i=0}^m \delta_{4i} \ln EC_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^n \delta_{5i} FD_{t-i} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^j \alpha_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} \\ & + \sum_{i=0}^k \alpha_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^l \alpha_{3i} \Delta \ln GDP_{t-i}^2 \\ & + \sum_{i=0}^m \alpha_{4i} \Delta \ln EC_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{5i} \Delta FD_{t-i} \\ & + \theta ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

dengan  $\Delta$  adalah *difference operator*,  $\delta_1 - \delta_5$  adalah koefisien jangka panjang,  $\alpha_1 - \alpha_5$  adalah koefisien jangka pendek, dan  $ECT_{t-1}$  mewakili besarnya penyesuaian ketidakseimbangan yang terjadi dalam jangka pendek atau kecepatan penyesuaian untuk kembali mencapai keseimbangan jangka panjang. Nilai dari koefisien  $ECT_{t-1}$  diharapkan negatif dan signifikan.

Dasar untuk membuat keputusan tentang keberadaan hipotesis EKC akan menggunakan hasil estimasi jangka panjang dikarenakan hipotesis EKC dianggap sebagai fenomena yang terjadi di jangka panjang (Ahmed & Qazi, 2014; Dinda, 2004). Selanjutnya, uji diagnostik dan stabilitas (*cumulative sum of recursive residuals* [CUSUM] & *cumulative sum of squares of recursive residual* [CUSUMQ]) dilakukan untuk memastikan kesesuaian model. Mengikuti analisis ekonometrika sebelumnya, penulis mengabaikan multikolinearitas variabel dalam menerapkan model ARDL karena tingkat perbedaan data

menggunakan metode ini cenderung menguraikan residu model dan menghilangkan multikolinearitas (Shabbir *et al.*, 2019; Sinha & Shahbaz, 2018).

## Hasil dan Analisis

Sebagai langkah awal dalam menerapkan pemodelan ARDL, uji stasioneritas perlu dilakukan. Tabel 1 berisi ringkasan hasil uji ADF dengan mempertimbangkan satu *structural break*. Hasil uji ADF menunjukkan bahwa terdapat variabel yang tidak stasioner pada tingkat yang sama. Namun, di antara variabel yang digunakan, tidak ada variabel yang terintegrasi dalam I(2). Oleh karena itu, valid untuk melakukan ARDL *bound-test* untuk memeriksa adanya kointegrasi antarvariabel.

Selanjutnya, pemilihan *lag* optimal dilakukan dengan menggunakan metode AIC dan didapatkan bahwa panjang *lag* optimal adalah ARDL(4,2,2,4,0).

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai F-statistik (4,84) melebihi nilai kritis yang dikembangkan oleh Narayan (2005) pada tingkat signifikansi 5 persen. Artinya, terdapat kointegrasi antarvariabel. Oleh karena itu, dapat dilakukan estimasi jangka panjang dan pendek.

Tabel 3 menyajikan hasil estimasi jangka pendek dan panjang. Di bawah hipotesis EKC, nilai-nilai koefisien jangka panjang GDP dan GDP<sup>2</sup> diharapkan  $\delta_1 > 0$  dan  $\delta_2 < 0$  atau menunjukkan hubungan kurva berbentuk U terbalik. Namun, baik koefisien GDP dan GDP<sup>2</sup> jangka pendek dan panjang membuktikan bahwa hipotesis EKC tidak valid di Indonesia. Koefisien GDP bernilai negatif dan koefisien GDP<sup>2</sup> bernilai positif serta keduanya signifikan secara statistik. Temuan ini sejalan dengan Massagony & Budiono (2022) dan Saboori & Sulaiman (2013).

Berdasarkan perhitungan, titik balik berada pada Rp13.274.579 (dihitung dengan  $\exp^{-\left(\frac{-14,914250}{2(0,454665)}\right)}$ ) atau setara dengan US\$904,42. Besaran PDB per kapita ini telah dilampaui oleh Indonesia sekitar tahun

**Tabel 1.** Uji Stasioneritas

	Level		First difference		Kesimpulan
	Probabilitas	Periode Break	Probabilitas	Periode Break	
LN_CO <sub>2</sub>	0,0524	1990	<0,01***	1997	I(1)
LN_GDP	<0,01***	1997	<0,01***	1997	I(0)
LN_GDP <sup>2</sup>	<0,01***	1997	<0,01***	1997	I(0)
LN_EC	0,3714	1998	<0,01***	2013	I(1)
FD	0,0897	2002	<0,01***	2012	I(1)

Keterangan: \*\*\* signifikan pada taraf 1%

**Tabel 2.** Uji Kointegrasi dan Lag Optimal

Lag Optimal	ARDL(4,2,2,4,0)	
k	4	
F-statistik	4,84**	
Signifikansi	Bound critical values <sup>a</sup>	
	I(0)	I(1)
1%	4,76	6,20
5%	3,51	4,58
10%	2,98	3,92

<sup>a</sup> Nilai batas kritis diperoleh dari Narayan (2005, p. 1987), nilai batas kritis untuk uji batas: case IV: unrestricted intercept and trend.

Keterangan: \* signifikan pada taraf 10%  
 \*\* signifikan pada taraf 5%  
 \*\*\* signifikan pada taraf 1%

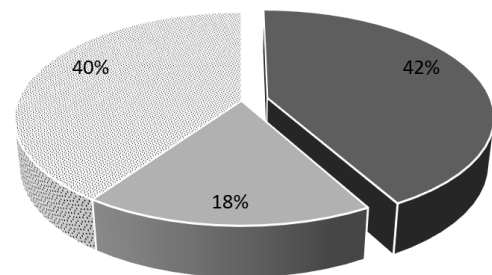
**Tabel 3.** Hasil Estimasi ARDL Jangka Panjang dan Pendek

Variabel	Koefisien	Std. Error	Prob.
Estimasi Jangka Panjang			
LN_GDP	-14,91	4,33	0,00***
LN_GDP <sup>2</sup>	0,45	0,13	0,00***
LN_EC	1,22	0,17	0,00***
FD	-0,27	0,15	0,07*
@TREND	-0,03	0,01	0,00***
Estimasi Jangka Pendek			
D(LN_GDP)	-122,30	43,96	0,01***
D(LN_GDP <sup>2</sup> )	3,66	1,30	0,01***
D(LN_EC)	0,93	0,27	0,00***
D(FD)	-0,51	0,26	0,06*
ECT(-1)	-1,87	0,30	0,00***
C	223,90	36,78	0,00***

Keterangan: \* signifikan pada taraf 10%  
 \*\*\* signifikan pada taraf 1%

1987. Hal ini memperkuat kondisi bahwa Indonesia tengah berada di daerah peningkatan emisi CO<sub>2</sub> seiring dengan meningkatnya PDB per kapita. Saat ini, Indonesia sedang menghadapi *middle-income trap* sehingga tidak mengherankan apabila Indonesia mengejar peningkatan PDB per kapitanya untuk mengatasi masalah ini. Massagony & Budiono (2022) juga menyatakan hal yang sama.

Sayangnya, peningkatan emisi CO<sub>2</sub> ini mungkin muncul karena kebijakan lingkungan yang ada di Indonesia belum begitu ketat diterapkan. Selain itu, ketergantungan suatu negara pada satu sektor ekonomi dapat berkontribusi besar terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub> (Wang et al., 2021). Berdasarkan rata-rata kontribusi per sektor dalam perekonomian, sektor industri merupakan sektor yang paling mendominasi dibandingkan dengan sektor lain di Indonesia (Gambar 3). Daya dukung lingkungan yang terbatas dalam menangani limbah dan emisi menyebabkan eksternalitas negatif seperti emisi CO<sub>2</sub> meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan.



**Gambar 3.** Rata-rata Kontribusi Sektor Usaha terhadap PDB Tahun 1983–2019  
 Sumber: World Bank (2021), diolah

Selain itu, konsumsi energi diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan produksi dan konsumsi dalam perekonomian (Farabi et al., 2019). Bauran energi Indonesia untuk mendukung perekonomian masih didominasi oleh bahan bakar



fosil. Alasan lainnya yang ditemukan berdasarkan kajian empiris adalah hasil yang bervariasi dalam studi empiris hipotesis EKC ini dapat terjadi karena perbedaan pendekatan metode estimasi, objek kajian, dan periode penelitian, khususnya jenis polutan yang digunakan. Hipotesis EKC tampaknya cenderung tervalidasi untuk jenis polutan lokal karena diyakini melibatkan biaya jangka pendek lokal daripada polutan yang melibatkan biaya jangka panjang, seperti emisi CO<sub>2</sub> (Akbostanci *et al.*, 2009). Sementara itu, emisi CO<sub>2</sub> diyakini memiliki efek global yang lebih komprehensif, seperti pemanasan global (Kaika & Zervas, 2013). Tidak terbuktinya hipotesis EKC menunjukkan tantangan bagi Indonesia dalam menjalankan salah satu komitmennya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> guna mitigasi dan beradaptasi dengan dampak perubahan iklim. Pemerintah perlu sepenuhnya mempromosikan upaya pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan untuk mengurangi biaya dampak perubahan iklim yang diperkirakan World Bank mencapai 2,5–7 persen dari PDB Indonesia.

Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa koefisien konsumsi energi (*energy consumption* [EC]) positif dan secara signifikan memengaruhi emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya di Indonesia (Alam *et al.*, 2016; Sugiawan & Managi, 2016). Penelitian-penelitian ini sepakat bahwa efek positif ditemukan karena dominasi bahan bakar fosil dalam bauran energi. Pada 2019, kontribusi sumber energi batu bara di Indonesia mendominasi sumber energi lainnya sebesar 37,31 persen dari total sumber energi primer. Kontribusinya masih akan mendominasi hingga tahun 2021 mencapai 37,62 persen (Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2022). Hal ini menjadikan batu bara sebagai bahan bakar fosil berbasis energi primer yang paling banyak dikonsumsi, disusul oleh minyak dan gas alam. Terdapat program subsidi pemerintah untuk produksi batu bara di Indonesia dan hingga saat ini Indonesia masih melanjutkan

rencana untuk memperluas kapasitas produksi batu bara tersebut (*Climate Transparency*, 2021). Sayangnya, kontribusi energi terbarukan terhadap bauran energi di tahun 2019 cukup kecil, yaitu 9,19 persen (Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2022). Intensitas karbon Indonesia juga meningkat (+9%, 2013–2018) (*Climate Transparency*, 2019). Peningkatan intensitas karbon biasa terjadi di wilayah di mana sebagian besar listrik dihasilkan melalui pembangkit listrik tenaga batu bara, seperti Indonesia. Selanjutnya, penelitian ini menemukan bahwa koefisien konsumsi energi di jangka panjang lebih besar daripada jangka pendeknya. Hasil serupa ditemukan dalam penelitian Gessesse & He (2020) dan Sinha & Shahbaz (2018). Hal ini diyakini karena kemungkinan penggunaan energi yang tidak efisien yang disebabkan oleh teknologi hemat energi yang tidak memadai dan ketergantungan suatu negara pada energi berbasis bahan bakar fosil (Gessesse & He, 2020; Sinha & Shahbaz, 2018).

Meskipun pengaruh pembangunan sektor keuangan masih dalam perdebatan dalam literatur, penelitian ini menemukan bahwa pembangunan sektor keuangan (*financial development* [FD]) mampu meningkatkan kualitas lingkungan. Hasil ini sejalan dengan Dar & Asif (2018), Shahbaz *et al.* (2013b), dan Tamazian *et al.* (2009). Hal ini diyakini sebagai efek dari kebijakan sektor keuangan yang mendukung. OJK menerbitkan *Roadmap Keuangan Berkelanjutan Tahap 1* tahun 2014 yang bertujuan untuk memberikan pedoman untuk mendorong kegiatan keuangan berkelanjutan dalam memprioritaskan upaya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi, serta menyalurkan pembiayaan kepada industri sektor strategis. Selain itu, OJK juga menerbitkan Peraturan OJK No. 51/POJK.03/2017 tentang penerapan keuangan berkelanjutan bagi lembaga jasa keuangan, emiten, dan perusahaan publik, serta pemberian insentif yang dibuat berdasarkan peraturan tersebut.

Implementasi kebijakan tersebut akan mendo-

rong pembiayaan teknologi produksi yang lebih ramah lingkungan sehingga dampaknya akan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> (Jiang & Ma, 2019). Selain itu, kebijakan yang berlaku dapat mengurangi biaya produksi dan energi serta membiayai proyek hijau (Jiang & Ma, 2019). Kegiatan penelitian dan pengembangan juga akan didorong untuk menemukan teknik produksi ramah lingkungan dan karenanya memengaruhi kualitas lingkungan menjadi lebih baik. Pada akhirnya, keuangan berkelanjutan diharapkan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan memberikan pasar yang lebih besar bagi industri jasa keuangan. Hal ini merupakan sinyal baik bagi pembangunan berkelanjutan di Indonesia untuk membangun dan mengembangkan infrastruktur hijau serta peran sektor keuangan dalam mitigasi perubahan iklim.

Penelitian ini juga melihat besaran koefisien tren yang bernilai negatif dan signifikan. Ini berarti bahwa dengan periode sampel dari tahun 1980 hingga 2019, persentase penurunan tahunan emisi CO<sub>2</sub> adalah 0,03 persen. Koefisien  $ECT_{t-1}$  juga negatif dan signifikan secara statistik, mengonfirmasi kointegrasi antarvariabel. Hal ini menyimpulkan bahwa perubahan emisi CO<sub>2</sub> terkoreksi sebesar 187 persen setiap tahun dalam jangka panjang. Koefisien yang tinggi menunjukkan kembalinya keseimbangan yang lebih cepat.

**Tabel 4.** Uji Diagnostik

Uji	Probabilitas
Normalitas	0,49***
Otokorelasi	0,57***
Heteroskedastisitas	0,99***

Keterangan: \*\*\* signifikan pada taraf 1%

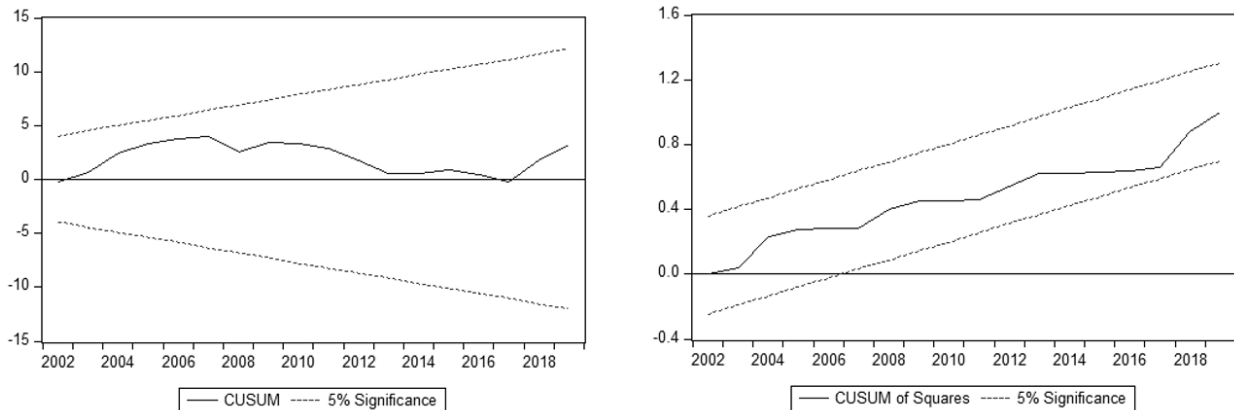
Tabel 4 menunjukkan hasil uji diagnostik dengan residual telah terdistribusi normal, tidak terdapat masalah autokorelasi maupun masalah heteroskedastisitas. CUSUM dan CUSUMSQ menunjukkan stabilitas koefisien jangka pendek maupun jangka panjang. Gambar 4 menunjukkan bahwa kedua garis berada dalam batas-batas kritis, yang berarti

bahwa semua parameter dalam model telah stabil.

## Simpulan

Penelitian ini berkontribusi pada literatur yang ada dengan menginvestigasi keberadaan hipotesis EKC di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2019. Hasil empiris penulis menunjukkan bahwa ada hubungan jangka panjang di antara variabel-variabel tersebut. Namun, hipotesis EKC tidak terbukti untuk *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini. Pola kurva yang terbentuk adalah kurva berbentuk U. Titik balik PDB per kapita adalah sebesar Rp13.274.579, ini adalah titik balik ketika emisi CO<sub>2</sub> mulai meningkat. Jumlah PDB per kapita dicapai Indonesia sekitar tahun 1987. Hal ini memperkuat kondisi bahwa Indonesia berada di area peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Penulis juga menemukan bahwa konsumsi energi memengaruhi peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini mencerminkan bahwa bahan bakar fosil masih mendominasi bauran energi di Indonesia. Selain itu, penulis menemukan bahwa pembangunan sektor keuangan mampu meningkatkan kualitas lingkungan dalam hal ini, mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Ini membuktikan bahwa sektor keuangan memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas lingkungan dan secara lebih luas dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim.

Hasil ini menunjukkan penerapan pentingnya kebijakan lingkungan yang ketat dalam menciptakan proses pengendalian emisi CO<sub>2</sub> dengan memprioritaskan kerangka pertumbuhan hijau Indonesia dan mempercepat pengembangan energi terbarukan. Pemerintah juga dapat melakukan pemetaan (*mapping*) berdasarkan sektor dalam perekonomian ataupun daerah yang merupakan pencemar tertinggi hingga terendah sehingga pemerintah dapat dengan mudah melihat dan bertindak dengan cepat dan tepat terhadap sektor dan daerah tersebut dalam mengatasi dampak lingkungannya. Selain itu, pemerintah perlu mempercepat pengembangan



Gambar 4. Uji Kestabilan Model (CUSUM & CUSUMQ)

energi terbarukan dan mempertimbangkan relokasi subsidi energi berbasis bahan bakar fosil untuk kegiatan produktif dan ramah lingkungan. Adanya investasi dan insentif dalam adopsi teknologi energi yang lebih canggih dan ramah lingkungan diharapkan membantu mewujudkan efisiensi penggunaan energi secara keseluruhan dan penggunaan energi bersih. Terakhir, sektor keuangan harus selektif dalam mengalirkan dana, terutama bagi kegiatan yang tidak ramah lingkungan. Hal ini dapat diimplementasikan dengan mengembangkan mekanisme untuk memastikan bahwa sumber daya keuangan yang dialokasikan tidak diinvestasikan dengan mengorbankan kualitas lingkungan.

Terlepas dari temuan penting, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. *Pertama*, terdapat keterbatasan data emisi yang tersedia sehingga penelitian ini berfokus pada emisi CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, jika ketersediaan data memungkinkan, penelitian ini merekomendasikan penelitian lebih lanjut untuk memperluas analisis di luar emisi CO<sub>2</sub>. *Kedua*, rentang waktu pengamatan yang terbatas. Penelitian ini menggunakan data tahunan tahun 1980–2019. Idealnya, data yang lebih baru akan memungkinkan lebih banyak pengamatan dan tingkat kebebasan yang lebih tinggi untuk menerapkan pemodelan ekonometrika ke data deret waktu yang berbeda.

*Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia* Vol. 23 No. 1 Januari 2023, hlm. 81–92

*Ketiga*, analisis potensi eksternalitas negatif dari polutan udara dapat menimbulkan implikasi kerugian lainnya sehingga dengan memasukkan variabel lain yang relevan dapat memberikan pandangan yang lebih luas tentang determinan emisi GRK di Indonesia

## Daftar Pustaka

- [1] Ahmed, K., & Qazi, A. Q. (2014). Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emission in Mongolia: an empirical analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(4), 505-516. doi: <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2013-0017>.
- [2] Akbostanci, E., Türüt-Aşik, S., & Tunç, G. I. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, 37(3), 861-867. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.088>.
- [3] Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466-479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.043>.
- [4] Ang, J. B. (2007). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772-4778. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.032>.
- [5] Baloch, M. A., Zhang, J., Iqbal, K., & Iqbal, Z. (2019). The effect of financial development on ecological footprint in BRI countries: evidence from panel data estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 6199-6208. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3992-9>.

- [6] Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO<sub>2</sub> emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>.
- [7] CarbonBrief. (2019, 27 Maret). *The carbon brief profile: Indonesia*. Diakses 22 Februari 2022 dari <https://www.carbonbrief.org/the-carbon-brief-profile-indonesia/>.
- [8] Charfeddine, L., & Khediri, K. Ben. (2016). Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 1322-1335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.059>.
- [9] Climate Transparency. (2019). *Brown to green report 2019: The G20 transition towards a net-zero emissions economy*. Diakses 22 Februari 2022 dari <http://www.climate-transparency.org/g20-climate-performance/g20report2019>.
- [10] Climate Transparency. (2021). *Climate transparency report 2021: Comparing G20 climate action towards net zero: Indonesia*. Diakses 22 Februari 2022 dari <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/10/CT2021Indonesia.pdf>.
- [11] Dar, J. A., & Asif, M. (2018). Does financial development improve environmental quality in Turkey? An application of endogenous structural breaks based cointegration approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(2), 368-384. doi: <https://doi.org/10.1108/MEQ-02-2017-0021>.
- [12] Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>.
- [13] Enders, W. (2014). *Applied econometric time series* (4th edition). Wiley.
- [14] Farabi, A., Abdullah, A., & Setianto, R. H. (2019). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Indonesia and Malaysia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 338-345. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.32479/ijeep.6573>.
- [15] Frankel, J. A., & Romer, D. (1999). Does trade cause growth?. *American Economic Review*, 89(3), 379-399. doi: <https://doi.org/10.1257/aer.89.3.379>.
- [16] Ge, M., Friedrich, J., & Vigna, L. (2022). *4 charts explain greenhouse gas emissions by countries and sectors*. World Resource Institute. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>.
- [17] Gessesse, A. T., & He, G. (2020). Analysis of carbon dioxide emissions, energy consumption, and economic growth in China. *Agricultural Economics*, 66(4), 183-192. doi: <https://doi.org/10.17221/258/2019-AGRICECON>.
- [18] Global Carbon Atlas. (2022). *CO<sub>2</sub> emissions*. Diakses 22 Februari 2022 dari <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>.
- [19] Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a north american free trade agreement*. NBER Working Paper, 3914. National Bureau of Economic Research. doi: 10.3386/w3914.
- [20] Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th edition). McGraw-Hill/Irwin.
- [21] IPCC. (2008). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories – A primer*, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Miwa K., Srivastava N., & Tanabe K. (eds). Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Diakses 10 Mei 2022 dari [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer\\_2006GLs.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf).
- [22] Islam, M. S. (2022). Does financial development cause environmental pollution? Empirical evidence from South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 4350-4362. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16005-8>.
- [23] Jiang, C., & Ma, X. (2019). The impact of financial development on carbon emissions: a global perspective. *Sustainability*, 11(19), 5241. doi: <https://doi.org/10.3390/su11195241>.
- [24] Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory-Part A: Concept, causes and the CO<sub>2</sub> emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392-1402. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>.
- [25] Kementerian ESDM Republik Indonesia. (2022). *Handbook of energy & economic statistics of Indonesia 2021*. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2021.pdf>.
- [26] Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28. <https://www.jstor.org/stable/1811581>.
- [27] Massagony, A., & Budiono. (2022). Is the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis valid on CO<sub>2</sub> emissions in Indonesia?. *International Journal of Environmental Studies*, 80(1), 20-31. doi: <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2029097>.
- [28] Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990. doi: <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>.
- [29] Och, M. (2017). Empirical investigation of the environmental Kuznets curve hypothesis for nitrous oxide emissions for Mongolia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 117-128.
- [30] OJK. (2022). *Taksonomi hijau Indonesia* (Edisi 1.0). Otoritas Jasa Keuangan. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://www.ojk.go.id/keuanganberkelanjutan/id/publication/detailsflibrary/2352/taksonomi-hijau-indonesia-edisi-1-0-2022>.
- [31] Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO<sub>2</sub> emissions, energy

- consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>.
- [32] Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *World Employment Programme research working paper, WEP 2-22/WP*. 238. International Labour Organization. Diakses 10 Mei 2022 dari [https://ilo.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay/alma992927783402676/41ILO\\_INST:41ILO\\_V2](https://ilo.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay/alma992927783402676/41ILO_INST:41ILO_V2).
- [33] Paudel, R. C., & Alharthi, M. (2021). Role of financial development in the export performance of a land-locked developing country: The case of Nepal. *Cogent Economics and Finance*, 9(1), 1973653. doi: <https://doi.org/10.1080/23322039.2021.1973653>.
- [34] Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. doi: <https://doi.org/10.1002/jae.616>.
- [35] Ritchie, H., & Roser, M. (2020). *Indonesia: CO<sub>2</sub> country profile*. Our World in Data. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://ourworldindata.org/co2/country/indonesia#per-capita-how-much-co2-does-the-average-person-emit>.
- [36] Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55, 813-822. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.038>.
- [37] Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2018). Assessment of contribution of Australia's energy production to CO<sub>2</sub> emissions and environmental degradation using statistical dynamic approach. *Science of the Total Environment*, 639, 888-899. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.204>.
- [38] Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on Environmental Kuznets Curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649, 128-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>.
- [39] Shabbir, A. H., Zhang, J., Liu, X., Lutz, J. A., Valencia, C., & Johnston, J. D. (2019). Determining the sensitivity of grassland area burned to climate variation in Xilingol, China, with an autoregressive distributed lag approach. *International Journal of Wildland Fire*, 28(8), 628-639. doi: <https://doi.org/10.1071/WF18171>.
- [40] Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence. *Policy Research Working Paper, WPS904*. World Bank. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://documents1.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/pdf/multi-page.pdf>.
- [41] Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013a). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO<sub>2</sub> emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.009>.
- [42] Shahbaz, M., Solarin, S. A., Mahmood, H., & Aroui, M. (2013b). Does financial development reduce CO<sub>2</sub> emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Economic Modelling*, 35, 145-152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.06.037>.
- [43] Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H., & Ozturk, I. (2014). Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. *Ecological Indicators*, 45, 622-631. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.05.022>.
- [44] Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO<sub>2</sub> emission: Role of renewable energy generation in India. *Renewable Energy*, 119, 703-711. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.058>.
- [45] Sugiawan, Y., & Managi, S. (2016). The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy. *Energy Policy*, 98, 187-198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.029>.
- [46] Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries. *Energy Policy*, 37(1), 246-253. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>.
- [47] Wang, M., Arshed, N., Munir, M., Rasool, S. F., & Lin, W. (2021). Investigation of the STIRPAT model of environmental quality: a case of nonlinear quantile panel data analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 23(8), 12217-12232. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01165-3>.
- [48] World Bank. (2011). *Climate risk and adaptation country profile, April 2011: Vulnerability, risk reduction, and adaptation to climate change: Indonesia*. Diakses 10 Mei 2022 dari [https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2018-10/wb\\_gfdr climate\\_change\\_country\\_profile\\_for\\_IDN.pdf](https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2018-10/wb_gfdr climate_change_country_profile_for_IDN.pdf).
- [49] World Bank. (2021). *Manufacturing, value added (% of GDP) - Indonesia*. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS?locations=ID>.
- [50] World Bank. (2022). *GDP per capita (constant LCU) - Indonesia*. Diakses 10 Mei 2022 dari <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KN?locations=ID>.
- [51] Zhang, J. (2021). Environmental Kuznets Curve hypothesis on CO<sub>2</sub> emissions: Evidence for China. *Journal of Risk and Financial Management Provided*, 14(3), 93. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jrfm14030093>.