PARADOKS Jurnal Ilmu Ekonomi Vol. 8 No. 4, Oktober 2024
e-ISSN : 2622-6383

# Analisis Pembangunan Keuangan dan PDB Terhadap Emisi CO2 di Kelompok Negara Pendapatan

Lina Absharina Fildzah[1*], Rossanto Dwi Handoyo[2]
lina.absharina.fildzah-2023@feb.unair.ac.id [1*]

Magister Ilmu Ekonomi, Universitas Airlangga, Indonesia [1*,]
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga, Indonesia [2]

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan non-liniear antara pembangunan keuangan dan produk domestik bruto (PDB) terhadap emisi CO2 serta mengevaluasi pengaruh interaksi antar variabel tersebut. Pendekatan kuantitatif digunakan dengan menerapkan metode Regresi Data Panel Fixed Effect Model (FEM) dan data menggunakan dari 20 negara yang dikelompokkan berdasarkan tingkat pendapatan (tinggi, menengah atas, menengah bawah dan rendah) selama periode 2013-2023. Model yang digunakan mencakup bentuk non-linier dengan memasukkan variabel kuadrat dan kubik dari pembangunan keuangan untuk menguji keberadaan pola kurva kuznet lingkungan dan kurva N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan FD dan emisi CO2 bersifat non-linier ditemukan pada kelompok pendapatan tinggi yakni mengonfirmasi hipotesis kurva kuznet lingkungan bentuk N, kelompok pendapatan menengah atas berbentuk Kurva U normal, sementara negara berpendapatan rendah menunjukkan kurva N terbalik. Interaksi FD dan GDP terhadap emisi CO2 tidak signifikan di semua kelompok. Temuan ini menekankan pentingnya penguatan regulasi lingkungan melalui penerapan prinsip ESG (*environmental, social, governance*) untuk sektor keuangan dan penerapan taksonomi keuangan berkelanjutan untuk mendorong investasi teknologi ramah lingkungan, khususnya di negara pendapatan tinggi dan menengah atas sebagai langkah menuju ekonomi rendah karbon.

**Kata Kunci**: *Emisi CO2; Pembangunan Keuangan, PDB, Kurva Kuznet Lingkungan, Data Panel*
This work is licensed under a **Creative Commons Attribution 4.0 International License**.

## Pendahuluan

Kondisi saat ini dimana seluruh dunia sedang menghadapi dampak dari adanya peningkatan suhu atmosfer, laut dan daratan dan peningkatan tersebut disebut efek rumah kaca. Penyebab perubahan iklim tersebut salah satunya dihasilkan oleh kontribusi dari gas emisi karbondioksida yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara sehingga menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat dan memicu adanya kerusakan lingkungan. Terjadinya perubahan iklim dalam beberapa tahun kebelakang menyebabkan fenomena baru yang dikhawatirkan akan berdampak pada perekonomian dunia. Sebagian besar negara mulai menyadari dampak negative dari peningkatan kadar CO2 dan di antara polutan buatan manusia, sumber kontaminasi terhadap lingkungan yang paling signifikan adalah emisi CO2 ((Majeed & Ozturk, 2020).

Serangkaian masalah yang dihasilkan oleh perubahan iklim khususnya dampak dari kontribusi emisi CO2 akan menyebabkan kerugian besar bagi masyarakat dalam jangka panjang. Banyak negara menghadapi dilemma antara menjaga pertumbuhan ekonomi dan menurunkan emisi CO2 untuk keberlanjutan lingkungan. Hal tersebut masih menjadi topik pembahasan yang dilakukan oleh peneliti terdahulu terkait ekonomi dan lingkungan, yaitu studi empiris oleh (Gyamfi et al., 2021) meneliti jangka panjang dan jangka pendek serta arah kasualitas pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO2 mengkonfirmasi bahwa meningkatkan kerusakan lingkungan dan didukung oleh temuan (Wang et al., 2023)bahwa emisi CO2 meningkatkan kerusakan lingkungan di seluruh negara yang terdampak.

Kontribusi yang dihasilkan oleh emisi CO2 mencapai rekor tertinggi pada tahun 2023 yang diperoleh dari world bank dan meningkat dibandingkan tahun sebelumnya. Menurut data world bank 2024, emisi CO2 selama 20 tahun mengalami tren peningkatan. Pada tahun 2004 jumlah emisi CO2 28,94 metric ton namun meningkat berturut-turut hingga tahun 2008 mencapai 32,43 metric ton. Kontribusi yang dihasilkan tumbuh dengan cepat sehingga meningkat hingga pada tahun 2014 mencapai 36,42 metric ton. Grafik menunjukkan tren turun ditahun 2020 karena terjadinya pandemi wabah penyakit Covid-19 yang mengurangi mobilitas masyarakat di luar rumah sehingga emisi CO2 juga berkurang, namun ketika pandemi tersebut dinyatakan selesai terjadi Kembali peningkatan emisi CO2 hingga tahun 2023 yaitu sebesar 39.02 metric ton. Hal tersebut bisa menjadi ancaman untuk kerusakan lingkungan dan juga perekonomian di dunia (World Development Indicators, 2025.)

Ancaman pada perubahan lingkungan merupakan ancaman yang krusial dari sistem energi untuk saat ini. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk serta tingginya konsumsi energi akibatnya emisi CO2 juga meningkat yang berdampak negative pada kualitas udara dan lingkungan. Selain itu, peningkatan pada pertumbuhan ekonomi juga diiringi dengan penggunaa energi yang tinggi sehingga adanya hubungan dengan meningkatnya emisi karbondioksida. Peneliti (Thangaiyarkarasi et al., 2021)menemukan bahwa polusi memiliki hubungan yang erat dengan pembangunan keuangan dan ekonomi suatu negara. Sementara itu, menurut (Hasan et al., 2021)sektor keuangan memiliki peran penting dalam meningkatkan permintaan energi karena sektor keuangan memiliki peran yang kuat sehingga bisa meningkatkan konsumsi energi dan emisi CO2.

Pengembangan sektor keuangan juga akan menyediakan layanan kredit konsumsi untuk rumah tangga sehingga mendorong untuk membeli komoditas berbahan bakar seperti mobil dan motor yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan emisi CO2 (Heliyon & 2020). Porter mengungkapkan bahwa terhadap hubungan pembangunan keuangan dan lingkungan dimana relugasi yang ketat dalam sektor lingkungan dapat memacu invoasi yang memperbaiki efisiensi energi. Pada saat itulah sektor keuangan memainkan peran kunci dalam mendanai teknologi dan inovasi (Porter & Van Der Linde, 2017). Inovasi teknologi terbaru akan lebih banyak menggunakan bahan bakar sehingga konsumsi energi dipastikan juga akan meningkat.

Sebagian besar penelitian mengenai perekonomian dan kualitas lingkungan didukung oleh Kurva Kuznet Lingkungan, yang mengemukakan pada tahap awal pertumbuhan ekonomi peningkatan output cenderung disertai dengan penurunan kualitas lingkungan. Namun, setelah melewati ambang batas tertentu kerusakan lingkungan justru berkurang seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang berlanjut. Hubungan antara lingkungan dengan output cenderung berbentuk U terbalik (Bibi & Jamil, 2021). Menurut hipotesis kurva kuznet lingkungan, hubungan tidak selalu linier atau konsisten antar negara (Grossman et al.,1993) Dalam perkembangan hipotesis kurva kuznet lingkungan juga terdapat hasil berbentuk kurva N yang berarti bahwa degradasi lingkungan akan mulai meningkat lagi melampaui tingkat pendapatan tertentu (Ali et al., n.d.; Awan & Azam, 2022; Gyamfi et al., 2021).

Setiap negara memiliki karakteristik ekonomi, tingkat pembangunan, kapasitas teknolgoi dan kebijakan lingkungan yang berbeda. Sehingga hasil yang ditemukan disetiap negara belum tentu bisa digeneralisasikan ke negara lain. Sementara itu, pengelompokan berdasarkan tingkat pendapatan memungkinkan lebih sistematis terhadap tren dan pola kebijakan yang berlaku karena memiliki kondisi ekonomi serupa. Menurut klasifikasi Bank Dunia, negara dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan pendapatan yakni pendapatan tinggi, menengah atas, menengah bawah dan rendah. Kelompok tersebut diperbarui setiap tahun pada tanggal 1 Juli berdasarkan Pendapatan Nasional Bruto (PNB) per kapita tahun kalender sebelumnya (World Development Indicators, 2025). Dengan adanya pengelompokan negara berdasarkan tingkat pendapatan, maka akan memberikan wawasan yang lebih dalam memahami

bagaimana hubungan variasi di kelompok negara dengan tingkat pendapatan yang berbeda.

Berbagai studi sebelumnya telah meneliti hubungan antara ekonomi dan lingkungan dalam kerangka kurva kuznet lingkungan, sebagaian besar penelitian cenderung menguji hubungan langsung tanpa mempertimbangkan peran variabel interaksi (Hasan et al.,.; Heliyon & 2020, .; Porter & Van Der Linde, 2017; Thangaiyarkarasi et al.,.). Belum banyak studi yang secara eksplisit menganalisis kontribusi interaksi antara pembangunan keuangan terhadap emisi CO2, mengingat bahwa pembangunan keuangan dapat mempercepat investasi baik di sektor ramah lingkungan maupun yang intensif karbon. Oleh karena itu, kesenjangan literatur ini menunjukkan kurangnya pendekatan yang mengintegrasikan variabel interaksi antara pembangunan keuangan dengan produk domestik bruto secara komperehensif.

Kebaruan penelitian ini akan mengkaji hubungan non-linear (kuadrat dan kubik) antara pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2 dalam kerangka kurva kuznet lingkungan termasuk kurva- N dan interaksi antar variabel pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2 dalam konteks lintas kelompok pendapatan negara. Kontribusi penelitian ini terhadap literatur yang ada akan memperluas cakupan analisis kurva kuznet lingkungan tidak hanya menguji hubungan langsung, namun memasukkan elemen interaksi dan bentuk hubungan kubik yang mengidentifikasi pola dinamika emisi yang lebih kompleks. Dengan demikian, studi ini akan memperkaya pemahaman teoritis mengenai jalur transisi lingkungan dalam perkembangan sektor keuangan dan pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2, serta mengevaluasi pengaruh interaksinya di berbagai kelompok pendapatan negara. Adapun pertanyaan penelitian yang diajukan adalah: (1) bagaimana hubungan antara pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2 di kelompok negara pendapatan? Dan (2) bagaimana interaksi antara pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2 di kelompok negara pendapatan?. Peran faktor lain sebagai variabel kontrol seperti kualitas lembaga dan populasi ditambahkan untuk memberikan hasil yang lebih komperehensif. Hasil studi diharapkan mampu memberikan bukti empiris yang lebih kontekstual untuk mendukung formulasi kebijakan pembangunan berkelanjutan.

## Metode Analisis

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan data panel regresi pada empat kelompok berdasarkan tingkat pendapatan yaitu pendapatan tinggi, menengah atas, menengah bawah dan rendah. Menurut data World bank, sebanyak 217 negara yang tergabung dalam kelompok pendapatan, namun pada penelitian ini negara dipilih berdasarkan teknik stratified sampling. Metode pengambilan sampel tersebut dimana populasi dibagi terlebih dahulu kedalam subkelompok atau strata yang homogen pada penelitian ini yaitu strata pendapatan. Jumlah unit sampel yang diambil dari setiap strata atau kelompok adalah sama yaitu teknik rata *(equal allocation)(Etikan et al., 2017)*.

Proses stratifikasi dimulai dengan ketersediaan data yang bersumber dari world development indicators dan world governance indicators. Karena keterbatasan data, penelitian hanya mengambil jangka waktu 10 tahun periode 2013-2023 dan terpilih 20 negara yang dibagi menjadi empat kelompok yaitu negara-negara pendapatan tinggi terdiri dari negara Italy, United States of America (USA), Jerman, Jepang, Korea Selatan; negara-negara pendapatan menengah atas terdiri dari negara Turki, Mexico, Indonesia, Brazil, Afrika Selatan; negara-negara pendapatan menengah bawah terdiri dari negara Egypt, India, Vietnam, Philiphine, Pakistan dan negara-negara pendapatan rendah terdiri dari Burkina Faso, Madagascar, Mali, Mozambique, Uganda.

Pada penelitian ini, peneliti memodifikasi model EKC alih-alih menggantikan variabel

pertumbuhan ekonomi (PDB) dengan indikator pembangunan keuangan yang memiliki peran signifikan dalam menentukan dampak aktifitas ekonomi terhadap lingkungan. Sesuai dengan tujuan penelitian, untuk menganalisis hubungan antara pembangunan keuangan terhadap emisi CO2 dengan mempertimbangkan bentuk kuadrat dan kubik dari kedua variabel tersebut dalam mengonfirmasi hipotesis Kurva Kuznet Lingkungan. Model penelitian ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$lnCO2it = ai + \beta_1 lnFDit + \beta_2 lnFD^2it + \beta_3 lnPDBit + \beta_4 lnIQit + \beta_5 lnPOPit + e \quad (1)$$

$$lnCO2it = ai + \beta_1 lnFDit + \beta_2 lnFD^2it + \beta_3 lnFD^3it + \beta_4 lnPDBit + \beta_5 lnIQit + \beta_6 lnPOPit + e \quad (2)$$

Pada model 1 dan 2 menunjukkan dimana variabel dependen merupakan emisi CO2 dalam (metric ton) di negara i pada periode t. Untuk variabel independen terdapat FD sebagai indikator pembangunan keuangan diukur oleh kredit domestik untuk sektor swasta (% ) di negara i pada periode t; FD2 merupakan bentuk kuadrat; PDB sebagai PDB Per Kapita (US$) di negara i pada periode t. Selanjutnya penelitian ini memiliki variabel kontrol untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara lebih pasti yakni IQ merupakan kualitas lembaga yang diukur oleh indeks skala -2,5 hingga 2,5 di negara i pada periode t; POP adalah populasi yang diukur oleh jumlah total populasi di negara i pada periode t dan e untuk error. Pada model 2 menambahkan bentuk kubik dalam persamaan model FD3 untuk melihat lebih komplek mengenai kurva kuznet lingkungan mengonfirmasi bentuk N.

Penelitian ini juga menguji interaksi antar variabel independen yakni PDB dengan FD pada model regresi ketiga untuk melihat pengaruh gabungan variabel tersebut. Model kedua ini tetap menggunakan pendekatan logaritma seperti model pertama, namun menambahkan unsur interaksi dalam persamannya. Berikut bentuk persamaan regresi dengan interaksi ditulis sebagai berikut:

$$lnCO2_{it} = ai + \beta_1 lnFD_{it} + \beta_2 lnFD^2it + \beta_3 lnFD^3it + \beta_4 lnPDBit + \beta_5 lnIQit + \beta_6 lnPOPit + \beta_7 lnPDB*FDit + e \quad (3)$$

Dalam penelitian ini, ketiga model diatas akan diregresi masing-masing sebanyak 4 kali dengan menggunakan persamaan yang sama untuk masing-masing kelompok negara yang berbeda sesuai dengan tujuan penelitian. Mengingat adanya perbedaan satuan dan skala pada variabel bebas, maka model regresi menggunakan model logaritma. Pemilihan model log bertujuan untuk menyamakan skala antar variabel serta memperoleh koefisien yang mempresentasikam elastisitas.

Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan uji pemilihan model yaitu dengan membandingkan tingkat pendekatan utama dalam model regresi panel: uji *Common Effect*, *Fixed effect Model* dan *Random Effect*. Untuk menentukan model yang paling sesuai dengan karakteristik data, menggunakan kriteria pengujian melalui Uji Chow dan Uji Hausman. Setelah model terbaik terpilih, maka selanjutnya melakukan analisis asumsi klasik yaitu uji heteroskedastisitas dan multikorelinearitas.

# Hasil dan Pembahasan

## Hasil Penelitian

Hasil Uji Kelompok Pendapatan Tinggi, Menengah Atas, Menengah Bawah dan Rendah

**Tabel 1. Hasil Uji Chow Kelompok Pendapatan Tinggi, Menengah Atas, Menengah Bawah dan Rendah**

| Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | |
|---|---|---|---|---|---|
| **F-Statistic** | **Model Yang Dipilih** | **F-Statistic** | **Model Yang Dipilih** | **F-Statistic** | **Model yang dipilih** |
| 0.0000 | FEM | 0.0000 | FEM | 0.0000 | FEM |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Pada penelitian ini menentukan model yang tepat maka dilakukan uji Chow dengan membandingkan model *common effect model* (CEM) dan *fixed effect model* (FEM). Berdasarkan hasil uji Chow yang dilakukan untuk seluruh kelompok pendapatan dan ketiga model serentak menunjukkan prob 0.0000 yang berarti < 0.05 jadi tolak H0. Maka dari itu, model terbaik yang terpilih adalah *fixed effect model* (FEM) dibandingkan dengan commont effect model (CEM). Hal ini sesuai dengan argumen (Gujarati & Porter, 2009) yang menyatakan bahwa model fixed effect model lebih tepat digunakan ketika terdapat heterogenitas yang tidak diamati antar individu yang dapat mempengaruhi variabel dependen. Selanjutnya dilakukan uji Hausman untuk melihat model terbaik dari *fixed effect model* (FEM) dan *random effect model* (REM).

**Tabel 2. Hasil Uji Hausman Kelompok Pendapatan Tinggi, Menengah Atas, Menengah Bawah dan Rendah**

| Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | |
|---|---|---|---|---|---|
| **F-Statistic** | **Model Yang Dipilih** | **F-Statistic** | **Model yang dipilih** | **F-Statistic** | **Model yang dipilih** |
| 0.0002 | FEM | 0.0003 | FEM | 0.0002 | FEM |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Berdasarkan hasil uji Hausman serentak pada seluruh kelompok pendapatan menunjukkan prob yang < 0.05 yang berarti terdapat korelasi antara efek individual dengan variabel independent. Dengan demikian model random effect tidak memenuhi asumsi ketidakterkaitan antara efek individual dan variabel penjelas, yang telah disyaratkan oleh temuan (Hausman, 1978). Maka dari itu, model terbaik yang terpilih adalah fixed effect model (FEM) dibandingkan dengan *random effect model* (REM). Selanjutnya adalah hasil dari regresi model terbaik yaitu *fixed effect model* (FEM) berdasarkan masing-masing kelompok pendapatan.

**Tabel 3. Hasil Uji FEM Kelompok Negara Pendapatan Tinggi**

| **Variabel** | **Model 1** | | **Model 2** | | **Model 3** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Coef (Prob)** | **Robust** | **Coef (Prob)** | **Robust** | **Coef (Prob)** | **Robust** |
| Lnfd | 4.7706 (0.037) | 1.54884 | 114.976 (0.036) | 36.8765 | -5.1121 (0.697) | 12.2285 |
| Lnfd2 | -0.5243 (0.032) | 0.16270 | -23.693 (0.038) | 7.78582 | 0.5200 (0.839) | 2.40438 |
| Lnfd3 | - | - | 1.6131 (0.041) | 0.54418 | -0.0079 (0.967) | 0.18194 |
| LnPDB | -0.0024 (0.975) | 0.08912 | 0.2227 (0.007) | 0.04452 | -0.433 (0.711) | 1.09116 |
| Lniq | 1.1083 (0.058) | 0.42079 | 1.7597 (0.019) | 0.46478 | 0.3620 (0.095) | 0.16659 |
| Lnpop | 0.2467 (0.801) | 0.91813 | -0.7318 (0.352) | 0.69618 | 1.5016 (0.022) | 0.41364 |
| LnPDBfd | - | - | - | - | 0.1718 (0.533) | 0.25188 |
| **R2** | 0.5504 | | 0.6425 | | 0.7019 | |
| Obs | 55 | | 55 | | 55 | |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Hasil uji sebagaimana tampilan tabel 3, model 1 pada Lnfd dan Lnfd2 signifikan dan berbentuk kurva U terbalik yaitu koefisien positif (4.770605) dan negatif (-0.5243569) sehingga mengonfirmasi kurva kuznet lingkungan untuk negara pendapatan tinggi dan variabel LnPDB tidak signifikan hasilnya (prob = 0.975) > 0.05. Pada model 2 menunjukkan

bahwa Lnfd, Lnfd2 dan Lnfd3 signifikan secara statistiik sehingga mengonfirmasi kurva kuznet bentuk N secara teori dimana pada awalnya pembangunan keuangan meningkatkan emisi ditunjukkan hasil positif (114.976), kemudian menurunkan emisi dengan hasil negative (-23.693), lalu emisi meningkat Kembali yaitu hasil positif (1.613) dan variabel lnPDB menunjukkan signifikan positif yang menunjukkan efek pertumbuhan ekonomi terhadap peningkatan emisi.

Model 3 interaksi antar variabel PDB dan fd dengan koefisien positif (0.171868) namun tidak signifikan (prob = 0.533) yang menunjukkan bahwa secara statistic tidak ada bukti kuat bahwa tingkat PDB mempengaruhi hubungan antara FD dan emisi. Dalam ketiga model untuk variabel kontrol lniq secara konsisten menunjukkan hubungan positif terhadap emisi CO2 dengan signifikansi bervariasi. Sedangkan variabel lnpop serentak hanya signifikan pada model 3 yaitu dengan nilai prob = 0.022 < 0.05, untuk model 1 dan 2 tidak signifikan.

Hasil R-Square pada model 1 menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0.5504 yang artinya bahwa sebesar 55% dari variabel pada penelitian ini mampu menjelaskan terhadap variabel dependen sedangkan sisanya 45% dijelaskan oleh variabel lain. Dengan menambahkan model kubik pada model 2, kemampuan model meningkat sehingga koefisien determinasi pada model 2 sebesar 64% variasi emisi CO2 bisa dijelaskan dan model 3 memberikan hasil R2 paling tinggi sebesar 70% yang mampu menjelaskan variasi emisi CO2 menunjukkan bahwa penambahan interaksi bisa memberi nilai tambah terhadap kemampuan model dalam menjelaskan data.

**Tabel 4. Hasil Uji FEM Kelompok Negara Pendapatan Menengah Atas**

| Variabel | Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coef (Prob) | Robust | Coef (Prob) | Robust | Coef (Prob) | Robust |
| Lnfd | -2.744 (0.072) | 1.1295 | 1.192 (0.830) | 5.208 | -5.112 (0.697) | 12.2285 |
| Lnfd2 | 0.367 (0.058) | 0.1395 | -0.608 (0.630) | 1.168 | 0.520 (0.839) | 2.4044 |
| Lnfd3 | - | - | 0.079 (0.403) | 0.085 | -0.008 (0.967) | 0.1819 |
| LnPDB | 0.285 (0.029) | 0.0858 | 0.275 (0.044) | 0.095 | -0.434 (0.711) | 1.0912 |
| Lniq | 0.312 (0.118) | 0.1569 | 0.323 (0.118) | 0.163 | 0.362 (0.095) | 0.1666 |
| Lnpop | 1.320 (0.025) | 0.3783 | 1.354 (0.019) | 0.355 | 1.502 (0.022) | 0.4136 |
| LnPDBfd | - | - | - | - | 0.172 (0.533) | 0.2519 |
| **R2** | 0.6992 | | 0.7015 | | 0.7099 | |
| Obs | 55 | | 55 | | 55 | |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Berdasarkan tabel 4, pada model 1, hasil pada lnfd negatif dan cukup signifikan pada 10% (p= 0.072), sedangkan lnfd2 positif dan signifikan (p=0.058) ini berarti bahwa terdapat hubungan non-linier yang berbentuk U. Kurva bentuk U memiliki artinya pada awal peningkatan FD cenderung menurunkan emisi namun setelah titik tertentu peningkatan FD justru meningkatkan emisi CO2 sementara itu pada model 2 dan 3 menunjukkan tidak signifikan. Variabel lnPDB hasil estimasi signifikan positif pada model 1 dan 2 menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi meningkatkan emisi CO2 di negara pendapatan menengah atas, namun tidak signifikan pada model 3 yaitu (p= 0.711).

Variabel kontrol kualitas Lembaga menunjukkan serentak koefisien positif disemua model namun tidak signifikan. Kualitas Lembaga belum terbukti berdampak langsung signifikan terhadap pengurangan emisi CO2 di negara pendapatan menengah atas. Sementara itu variabel lnpop menunjukkan konsisten positif dan signifikan secara statistic di semua model dimana jumlah penduduk yang meningkat sangat berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO2. Pada model 3 interaksi PDB dan fd menunjukkan tidak signifikan (p= 0.533) yang artinya pengaruh pembangunan keuangan terhadap emisi tidak berubah secara signifikan ditingkat PDB yang berbeda-beda.

Nilai koefisien determinasi (R-squared) dari ketiga model untuk kelompok pendapatan menengah atas menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan cukup baik dalam menjelaskan variasi emisi CO2. Model pertama menghasilkan R2 sebesar 0.6992

yang mengindikasikan bahwa sekitar 69% variasi emisi CO2 mampu dijelaskan oleh variabel independent yang digunakan dan sisanya 31% dijelaskan oleh pengaruh faktor lain. Selanjutnya untuk model 2 dan 3 masing-masing sebesar 70% dan 71% yang berarti bahwa kompleksitas hubungan non-linear antara pembangunan keuangan dan emisi CO2 mampu meningkatkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi emisi CO2 meskipun interaksi pada model ke 3 tidak signifikan secara statistik.

**Tabel 5. Hasil Uji FEM Kelompok Negara Pendapatan Menengah Bawah**

| Variabel | Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coef (Prob) | Robust | Coef (Prob) | Robust | Coef (Prob) | Robust |
| Lnfd | -1.5309 (0.266) | 1.1854 | 4.8705 (0.177) | 2.9779 | 3.49561 (0.452) | 4.19477 |
| Lnfd2 | 0.2912 (0.129) | 0.1527 | -1.471 (0.152) | 0.83367 | -1.6594 (0.171) | 0.99683 |
| Lnfd3 | - | - | 0.1557 (0.112) | 0.07672 | 0.15551 (0.165) | 0.09163 |
| LnPDB | 0.1857 (0.428) | 0.2106 | 0.1406 (0.556) | 0.21900 | -1.1487 (0.394) | 1.20263 |
| Lniq | 0.1099 (0.707) | 0.2726 | -0.106 (0.658) | 0.223059 | -0.1644 (0.579) | 0.27236 |
| Lnpop | 0.8984 (0.076) | 0.3772 | 1.3262 (0.037) | 0.43008 | 1.45944 (0.022) | 0.40039 |
| LnPDBfd | - | - | - | - | 0.34448 (0.343) | 0.32076 |
| **R2** | 0.6992 | | 0.7015 | | 0.7099 | |
| Obs | 55 | | 55 | | 55 | |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Berdasarkan ketiga model belum ditemukan hubungan yang signifikan, meskipun pada model 1 1nfd bernilai negatif dan lnfd2 bernilai positif, namun lnfd tidak signfiikan (p= 0.129) sehingga tidak bisa disimpulkan adanya kurva kuznet lingkungan U terbalik pada kelompok pendapatan menengah bawah. Pada model 2 menunjukkan potensi bentuk kurva N, namun hasil pada lnfd, $lnfd^2$, dan $lnfd^3$ tidak signifikan secara statistic sehingga tidak bisa mengonfirmasi kurva kuznet bentuk N. Sementara itu untuk model 3 yang menambahkan interaksi antara PDB dan FD menunjukkan bahwa variabel interaksi ini tidak signifikan (p=0.343) dan disimpulkan tidak ada bukti bahwa efek pembangunan keuangan terhadap emisi berbeda ditingkat PDB yang berbeda di kelompok pendapatan menengah bawah.

Variabel kontrol seperti kualitas Lembaga juga populasi tidak menunjukkan signifikan secara statistic. Sehingga disimpulkan tidak ada bukti kuat untuk pola EKC maupun pengaruh signifikan pembangunan keuangan terhadap emisi di kelompok pendapatan menengah atas. Semua model memiliki nilai R2 yang relative tinggi yaitu >78% menunjukkan bahwa model-model ini baik dalam menjelaskan perubahan emisi CO2 di kelompok pendapatan menengah bawah. Peningkatan dari R2 dari model 1 ke model 3 menunjukkan bahwa penambahan kompleksitas model dari kuadrat, kubik hingga interaksi meningkatkan kemampuan prediktif meskipun peningkatanya tidak drastis.

**Tabel 6. Hasil Uji FEM Kelompok Negara Pendapatan Rendah**

| Variabel | Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coef (Prob) | Robust Std. Eror | Coef (Prob) | Robust Std. Eror | Coef (Prob) | Robust Std. Eror |
| Lnfd | 0.167 (0.840) | 0.7756 | -11.590(0.000) | 0.85130 | -14.316(0.003) | 2.1635 |
| Lnfd2 | -0.021 (0.793) | 0.0744 | 3.0480 (0.000) | 0.20940 | 2.805 (0.000) | 0.2719 |
| Lnfd3 | - | - | -0.2263(0.000) | 0.01520 | -0.232 (0.000) | 0.0098 |
| LnPDB | -0.013 (0.967) | 0.2913 | -0.0957(0.666) | 0.20530 | -2.102 (0.306) | 1.7937 |
| Lniq | -0.406 (0.511) | 0.5626 | -0.3935(0.117) | 0.19770 | -0.354 (0.088) | 0.1578 |
| Lnpop | 2.220 (0.005) | 0.3888 | 1.9044 (0.001) | 0.18950 | 1.837 (0.001) | 0.1831 |
| LnPDBfd | - | - | - | - | 0.668 (0.300) | 0.5611 |
| **R2** | 0.7679 | | 0.8771 | | 0.8814 | |
| Obs | 55 | | 55 | | 55 | |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Hasil pada model 1 kelompok pendapatan rendah tidak mengonfirmasi kurva U terbalik karena prob menujukkan tidak signifikan dengan nilai probabilitas lnfd (0.840) dan lnfd2 (0.793). Namun pada model 2 variabel pembangunan keuangan menunjukan

hubungan non-linear berbentuk kurva N terbalik terhadap emisi CO2 yang signifikan. Masing-masing hasilnya pada model 2 menunjukkan lnfd (-11.5907), lnfd2 (3.0480), lnfd3 (-0.2263). Sementara itu, lnpop signifikan disemua model yang menandakan bahwa pertumbuhan penduduk adalah kontributor utama dan faktor penting terhadap peningkatan emisi CO2 di kelompok negara pendapatan rendah.

Variabel lnPDB dan kualitas Lembaga tidak signifikan di ketiga model. Terakhir, interaksi antara PDB dan FD pada model 3 juga menunjukkan positif (0.6676) namun tidak signifikan (p = 0.300) yang berarti efek pembangunan keuangan terhadap emisi tidak bervariasi secara nyata di tingkat PDB yang berbeda. Peningkatan dari R2 dari model 1 ke model 3 menunjukkan bahwa penambahan kompleksitas model dari kuadrat, kubik hingga interaksi meningkatkan kemampuan prediktif meskipun peningkatanya tidak drastis. Semua model memiliki nilai R2 yang relative tinggi yaitu >79% menunjukkan bahwa model-model ini baik dalam menjelaskan perubahan emisi CO2 di kelompok pendapatan menengah bawah.

Uji Asumsi Klasik

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji asumsi klasik yaitu uji multikolinearitas dan uji heteroskedastisitas. Dikarenakan pada penelitian ini melibatkan model kudratik, kubik dan interaksi yang melibatkan variabel independent seperti x dan $x^2$, terdapat kemungkinan besar bahwa kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang tinggi karena hubungan matematisnya. Menurut (Gujarati, 2002) multikolinearitas dianggap wajar dan tidal bermasalah secara signifikan dalam konteks ini. Keberadaan multikolinearitas dalam model semacam ini tidak menimbulkan konsekuensi negative yang berarti. Meskipun demikian, regresi jenis ini tetap mampu memberikan estimasi yang efisien karena variabel seperti $x^2$,$x^3$,$x^4$ dan seterusnya merupakan turunan non-linier dari variabel x.

Penggunaan model bisa tetap dilanjutkan dan dipertahankan namun untuk memastikan bahwa multikolineraitas dalam penelitian ini hanya terjadi antara variabel FD dan $FD^2$, FD dan $FD^3$, dan interaksi PDB*FD maka peneliti mengecualikan $FD^2$, $FD^3$ dan PDB*FD dari perhitungan uji VIF. Pendekatan ini merujuk pada metode yang digunakan oleh (Allard et al., 2018). Hasil pengujian VIF untuk masing-masing kelompok pendapatan disajikan sebagai berikut:

**Tabel 7. Hasil Uji Multikolineritas Seluruh Kelompok Pendapatan**

| Variabel | Atas (VIF) | Menengah Atas (VIF) | Menengah Bawah (VIF) | Rendah (VIF) |
|---|---|---|---|---|
| Lnfd | 2.99 | 1.84 | 3.22 | 1.13 |
| lnPDB | 5.40 | 1.25 | 3.07 | 1.37 |
| LnIQ | 1.59 | 1.36 | 3.61 | 1.33 |
| lnpop | 7.69 | 1.93 | 2.51 | 1.10 |
| Mean VIF | 4.41 | 1.60 | 3.11 | 1.23 |

***Sumber:*** *Data diolah, 2025*

Hasil Uji VIF menunjukkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas serius pada seluruh kelompok pendapatan. Kelompok pendapatan tinggi memiliki VIF tertinggi sebesar 7.69 (lnpop) dengan rata-rata 4.41 masih di bawah ambang batas kritis yaitu VIF < 10. Seluruh model regresi memenuhi asumsi bebas multikolinearitas dan layak untuk dianalisis lebih lanjut.

Model kurva kuznet lingkungan umumnya rentan terhadap masalah heteroskedastisitas karena struktur datanya bersifat panel dan adanya hubungan non-linearitas antara pembangunan ekonomi dan emisi. Dalam model EKC, variabel seperti PDB khususnya dalam bentuk kuadrat atau kubik seringkali menghasilkan residual yang variansnya tidak konstan antar observasi (Özcan & Öztürk, 2019). Oleh karenanya, peneliti telah memberikan solusi dengan menggunakan estimasi robust dalam melakukan regresi

khususnya data panel yang terpilih dalam model fixed effect model mode dan sesuai dengan penelitian (Kézdi, n.d.). Sehingga hasil yang telah dibahas sebelumnya pada tabel 3 untuk pendapatan tinggi, tabel 4 untuk pendapatan menengah atas, tabel 5 untuk pendapatan menengah bawah dan tabel 6 untuk pendapatan rendah dianggap bebas dari permasalahan heteroskedastisitas.

***Pembahasan***

*Pengaruh Pembangunan Keuangan Terhadap Emisi CO2*

Hubungan non-linier EKC hanya terkonfirmasi pada negara pendapatan tinggi yakni pola kurva U terbalik dan kurva N. Pola U terbalik di negara pendapatan tinggi menunjukkan hasil FD linear koefisien positif signifikan dengan (p = 0.037) dan hasil FD kuadrat non-linear koefisien negatif signifikan dengan (p = 0.032), lalu kurva N dikonfirmasi pada hasil FD kubik dengan koefisien positif signifikan (p = 0.041). Pola tersebut menunjukkan bahwa pembangunan keuangan sebagai pendapatan awalnya mendorong emisi, sampai pada batas ambang tertentu emisi CO2 menurun seiring efisiensi dan investasi hijau yang telah diterapkan, namun emisi CO2 meningkat Kembali akibat konsumsi energi tak berkelanjutan sehingga kurva berbentuk N.

Pada kelompok pendapatan menengah atas mengonfirmasi bentuk kurva U normal. Pola U normal di negara pendapatan menengah atas menunjukkan hasil FD linear koefisien negatif signifikan dengan (p = 0.072) dan hasil FD kuadrat non-linear koefisien positif signifikan dengan (p = 0.058). Pola tersebut mencerminkan penurunan emisi akibat inovasi teknologi dan regulasi, namun Kembali meningkat karena aktivitas sektor keuangan yang berlebihan. Sebaliknya, negara berpendapatan rendah menunjukkan kurva N terbalik, dimana penurunan emisi CO2 bersifat sementara karena keterbatasan sistem keuangan dan regulasi dan kelompok pendapatan menengah bawah tidak menunjukkan signifikansi dalam konfirmasi kurva kuznet lingkungan.

Tidak ditemukannya hubungan signifikan antara pembangunan keuangan terhadap emisi CO2 pada Kelompok pendapatan menengah bawah menegaskan bahwa hipotesis EKC (*environmental kuznets curve*) tidak bersifat universal. Hal ini menunjukkan bahwa dampak pembangunan keuangan terhadap emisi CO2 sangat bergantung pada konteks ekonomi, kelembagaan dan kesiapan teknologi hijau masing-masing negara. Memperkuat pentingnya kebijakan yang kontekstual untuk negara menengah bawah perlu diarahkan pada penguatan kapasitas kelembagaan dan insentif bagi pembiayaan berkelanjutan sebelum efek positif terhadap emisi CO2 dapat terlihat signfiikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Aljadani et al., 2023; Jóźwik et al., 2023; Sheraz et al., 2021) yang menunjukkan kurva U normal, kurva N dan kurva N terbalik di berbagai kelompok negara dengan ketidakkonsistenan pola EKC dijelaskan oleh perbedaan struktur ekonomi dan energi, kebijakan yang diterapkan dan kapasitas kelembagaan antarnegara.

Pengaruh PDB Terhadap Emisi CO2

Peran PDB dalam penelitian ini lebih ditujukan untuk mengontrol pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO2, guna memastikan bahwa hubungan pembangunan keuangan dan emisi CO2 tidak bias akibat dinamika ekonomi makro lainnya. Hasil estimasi pada PDB terhadap emisi CO2 menunjukkan bersifat heterogen tergantung pada tingkat pendapatan negara. Pada kelompok pendapatan tinggi dan menengah atas, PDB memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi CO2 akibat konsumsi dan ekspansi industri yang sejalan dengan temuan (Zou et al., 2023) yang menyoroti peran konsumsi energi non-terbarukan dalam mendorong emisi di negara dengan pertumbuhan ekonomi pesat.

Hasil yang tidak signifikan antara PDB dan emisi CO2 pada kelompok negara pendapatan rendah dan menengah bawah. Hal tersebut dapat dijelaskan karena struktur

ekonomi nya masih didominasi oleh sektor pertanian dan jasa tradisional yang memiliki akses energi rendah dan intesintas karbon yang rendah. Selain itu, keterbatasan dalam akses terhadap teknologi ramah lingkungan juga menyebabkan pertumbuhan ekonomi di negara-negara ini tidak secara langsung berkorelasi dengan peningkatan emisi CO2.

Temuan ini relevan dengan studi (Khan et al., 2021) tidak menemukan hubungan signifikan antara pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO2 di negara-negara anggota ECOWAS. Implikasi bagi penelitian ini adalah dengan terbentuknya rancangan kebijakan yang lebih komprehensif untuk negara pendapatan menengah bawah dan rendah. Hal tersebut bertujuan untuk fokus pada penguatan kapasitas kelembagaan, peningkatan akses terhadap pembiayaan hijau serta transisi menuju struktur ekonomi yang lebih berorientasi pada keberlanjutan.

Pengaruh Interaksi Variabel Pembangunan Keuangan dan PDB Terhadap Emisi CO2

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara pembangunan keuangan dengan PDB di seluruh kelompok negara pendapatan tidak signifikan. Hal ini mengindisikan bahwa keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi dan pembangunan keuangan terhadap emisi CO2 bersifat independent dan tidak saling memperkuat satu sama lain secara langsung dalam konteks regresi panel ini. Ketidaksignifikan ini dijelaskan oleh beberapa faktor yakni struktur ekonomi dan keuangan di seluruh kelompok pendapatan sangat bervariasi, sehingga ketika digabungkan efek antara pertumbuhan ekonomi dan ekspansi keuangan terhadap emisi CO2 sulit digeneralisasikan.

Pembangunan keuangan belum secara sistematis diarahkan untuk mendukung kegiatan ekonomi yang ramah lingkungan, sehingga interaksi kedunya tidak menghasilkan efek yang signifikan. Perbedaan kelembagaan dalam adopsi teknologi rendah karbon juga mempengaruhi hubungan ini. Temuan ini sejalan dengan studi (Gill et al., 2019) dan (Omri et al., 2021) bahwannya hubungan antara pembangunan keuangan dan lingkungan bersifat kompleks dan tergantung pada struktur kelembagaan, kapasitas teknologi serta efisiensi pasar energi di tiap negara.

Bagi penelitian ini, temuan tersebut memperkuat pandangan bahwa pendekatan berbasis interaksi antara variabel ekonomi dan keuangan perlu mempertimbangkan faktor kontekstual seperti arah alokasi keuangan, kebijakan lingkungan dan kesiapan teknologi di masing-masing kelompok negara. Oleh karena itu, hasil ini menegaskan bahwa meskipun pembangunan keuangan dan pertumbuhan ekonomi penting sebagai determinan emisi CO2, hubungan keduanya tidak selalu bersifat interaksi terutama di lingkungan ekonomi yang memiliki karakteristik yang berbeda.

## Simpulan dan Saran

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hubungan pembangunan keuangan dan emisi CO2 bersifat non-linier dan bervariasi antar kelompok pendapatan. Kelompok negara pendapatan tinggi mengonfirmasi kurva kuznet lingkungan berbentuk U terbalik dan kurva N, kelompok negara pendapatan menengah atas berbentuk kurva U normal, kelompok negara pendapatan rendah menunjukkan kurva N terbalik sementara tidak ditemukan bentuk kurva kuznet lingkungan pada kelompok pendapatan menengah bawah. Pengaruh PDB terhadap emisi CO2 signifikan hanya di kelompok pendapat tinggi dan menengah atas, sedangkan pada kelompok lainnya tidak signifikan. Interaksi variabel pembangunan keuangan dan PDB terhadap emisi CO2 di seluruh kelompok pendapatan menunjukkan tidak signfikan, sehingga lebih pada kontribusi independent masing-masing variabel.

Nilai penting dari penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam menguji secara komprehensif bentuk hubungan non-linier antara pembangunan keuangan dan emisi CO2 dengan mempertimbangkan interaksi antar variabel tersebut serta memberikan pemahaman baru mengenai keberagaman dinamika emisi yang dipengaruhi oleh sistem

keuangan suatu negara. Temuan ini bermanfaat tidak hanya bagi pengembangan teori lingkungan dan ekonomi, tetapi juga sebagai rujukan praktis dalam merumuskan kebijakan yang disesuaikan dengan konteks pendapatan negara. Implikasi dari penemuan ini menegaskan perlunya pengutan regulasi lingkungan melalui penerapan prinsip ESG (*environmental, social and Governance*) dalam sektor lingkungan dimana lembaga keuangan harus menilai dampak lingkungan sebelum menyalurkan pembiayaan. Serta penggunaan taksonomi hijau untuk klasifikasikan proyek-proyek ramah lingkungan dan mengarahkan aliran investasi ke sektor-sektor yang rendah karbon.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan pendekatan kuantitatif belum menangkap faktor sosial-politik yang juga mempengaruhi efektivitas kebijakan. Selain itu, pembangunan keuangan dalam penelitian ini diukur melalui indikator sektor keuangan domestik ke swasta yang bersifat agregat, sehingga belum mampu membedakan kontribusi kredit konsumtif dan produktif yang dapat memiliki dampak berbeda terhadap emisi CO2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membedakan jenis pembiayaan keuangan serta mengombinasikan metode kuantitatif dan kualitatif guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika pembangunan keuangan dan emisi CO2 lintas kelompok pendapatan.

## Referensi


Ali, W., Abdullah, A., reviews, M. A.-R. and sustainable energy, & 2017, undefined. (n.d.). Re-visiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Malaysia: Fresh evidence from ARDL bounds testing approach. *ElsevierW Ali, A Abdullah, M AzamRenewable and Sustainable Energy Reviews, 2017•Elsevier*. Retrieved October 29, 2024, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116310127?casa_token=2dQzNJCrfnIAAAAA:EATZH03kruGC9QV8wC0BmA_uy43shYvJfJ72R8DSoNbQXD8C0dQSvmn-S0OB6EZiL3n82exoTQ

Aljadani, A., Toumi, H., Pollution, M. H.-E. S. and, & 2023, undefined. (2023). Exploring the interactive effects of environmental quality and financial development in top ten remittance-receiving countries: do technological effect matter? *SpringerA Aljadani, H Toumi, M HsiniEnvironmental Science and Pollution Research, 2023•Springer*, *30*(19), 56930–56945. https://doi.org/10.1007/s11356-023-26256-2

Awan, A. M., & Azam, M. (2022). Evaluating the impact of GDP per capita on environmental degradation for G-20 economies: Does N-shaped environmental Kuznets curve exist? *Environment, Development and Sustainability*, *24*(9), 11103–11126. https://doi.org/10.1007/S10668-021-01899-8

Bibi, F., & Jamil, M. (2021). Testing environment Kuznets curve (EKC) hypothesis in different regions. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(11), 13581–13594. https://doi.org/10.1007/S11356-020-11516-2/TABLES/4

Etikan, I., Journal, K. B.-B. & B. I., & 2017, undefined. (n.d.). Sampling and sampling methods. *Academia.EduI Etikan, K BalaBiometrics & Biostatistics International Journal, 2017•academia.Edu*. Retrieved April 20, 2025, from https://www.academia.edu/download/76605654/BBIJ-05-00149.pdf

Gill, A. R., Hassan, S., & Haseeb, M. (2019). Moderating role of financial development in environmental Kuznets: a case study of Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(33), 34468–34478. https://doi.org/10.1007/S11356-019-06565-1

Grossman, G., Trade, A. K.-T. M.-U. F., & 1993, undefined. (n.d.). 2 Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *Books.Google.ComGM Grossman, AB*

*KruegerThe Mexico-US Free Trade Agreement, 1993•books.Google.Com*. Retrieved November 17, 2024, from https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=aA8SOiFWxZgC&oi=fnd&pg=PA13&ots=fX2uCDJp6P&sig=rPndiZTgymFrPO_ClPRmjCrnNqQ

Gujarati, D. (2002). *Basic Econometrics 4th ed.* http://dspace.kottakkalfarookcollege.edu.in:8001/jspui/bitstream/123456789/3846/1/Basic%20Econometrics%20(%20PDFDrive%20).pdf

Gyamfi, B. A., Adedoyin, F. F., Bein, M. A., & Bekun, F. V. (2021). Environmental implications of N-shaped environmental Kuznets curve for E7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(25), 33072–33082. https://doi.org/10.1007/S11356-021-12967-X

Hasan, H., Oudat, M., … A. A.-… of G. and, & 2021, undefined. (n.d.). Investigating the causal relationship between financial development and carbon emission in the emerging country. *Virtusinterpress.OrgH Hasan, MS Oudat, AA Alsmadi, M Nurfahasdi, BJ AliJournal of Governance and Regulation/Volume, 2021•virtusinterpress.Org*. Retrieved November 19, 2024, from https://virtusinterpress.org/IMG/pdf/jgrv10i2art5.pdf

Heliyon, D. B.-, & 2020, undefined. (n.d.). Transmission channels between financial development and CO2 emissions: A global perspective. *Cell.Com*. Retrieved February 25, 2025, from https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)32352-5

Jóźwik, B., Gürsoy, S., & Doğan, M. (2023). Nuclear Energy and Financial Development for a Clean Environment: Examining the N-Shaped Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Top Nuclear Energy-Consuming Countries. *Energies 2023, Vol. 16, Page 7494*, *16*(22), 7494. https://doi.org/10.3390/EN16227494

Kézdi, G. (n.d.). ROBUST STANDARD ERROR ESTIMATION IN FIXED-EFFECTS PANEL MODELS* estimated linear FE models on panel data with time-series within the individual units were considered. *Quarterly Journal of Economics*, *88*(4). Retrieved April 18, 2025, from http://www.stata.com/support/faqs/stat/aregclust.html.

Khan, M., management, I. O.-J. of environmental, & 2021, undefined. (n.d.). Examining the direct and indirect effects of financial development on CO2 emissions for 88 developing countries. *ElsevierM Khan, I OzturkJournal of Environmental Management, 2021•Elsevier*. Retrieved November 29, 2024, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721008744?casa_token=BfCNO9cOV8wAAAAA:VJ2NhKRJ7RvfAWHNGTdb-XjqamHuLSMo1tVIn7Te5kyAXoLsG5gB0SvtL9we05E2FNO0atQbOA

Majeed, M. T., & Ozturk, I. (2020). Environmental degradation and population health outcomes: a global panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(13), 15901–15911. https://doi.org/10.1007/S11356-020-08167-8

Omri, A., Kahia, M., & Kahouli, B. (2021). Does good governance moderate the financial development-CO2 emissions relationship? *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(34), 47503–47516. https://doi.org/10.1007/S11356-021-14014-1

Özcan, B., & Öztürk, I. (2019). *Environmental Kuznets curve (EKC): a manual*. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=TrWXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=burcu+ozcan+dan+ilhan+ozturk+environmental+kuznet+curve&ots=KPJF4FCmDC&sig=x1t3jpU8GCoKxpqChuSpq3QeGYo

Porter, M. E., & Van Der Linde, C. (2017). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Corporate Environmental Responsibility*, 61–82. https://doi.org/10.1257/JEP.9.4.97

Sheraz, M., Deyi, X., Ahmed, J., Ullah, S., & Ullah, A. (2021). Moderating the effect of globalization on financial development, energy consumption, human capital, and carbon emissions: evidence from G20 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(26), 35126–35144. https://doi.org/10.1007/S11356-021-13116-0

Thangaiyarkarasi, N., Policy, S. V.-J. of E. E. and, & 2021, undefined. (n.d.). The impact of financial development on decarbonization factors of carbon emissions: A global perspective. *Zbw.Eu*. Retrieved April 18, 2025, from https://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/7898/1/1787100537_0.pdf

Wang, Q., Zhang, F., & Li, R. (2023). Revisiting the environmental kuznets curve hypothesis in 208 counties: The roles of trade openness, human capital, renewable energy and natural resource rent. *Environmental Research*, *216*, 114637. https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.114637

*World Development Indicators | DataBank*. (n.d.). Retrieved April 20, 2025, from https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&country=IDN#

Zou, Z., Zhang, Y., Liu, X., Li, X., & Wang, M. (2023). Dynamic nexus between non-renewable energy consumption, economic growth and CO2 emission: A comparison analysis between major emitters. *Energy and Environment*. https://doi.org/10.1177/0958305X231180700