

Pengaruh Aktivitas Penggunaan Energi terhadap Emisi CO₂ (Studi Kasus: Sembilan Negara dengan Kumulatif Emisi Terbesar)

Shereen^{1)*}, Nasar Buntu Laulita²⁾

^{1),2)} Prodi Manajemen Fakultas Ekonomi, Universitas Internasional Batam, Indonesia

^{1)*} E-mail corresponding author: 2041052.shereen@uib.edu

Ecoplan

Submitted: July 11, 2023

Accepted: Apr 28, 2023

Published: Oct 30, 2023

Keywords: CO₂ Emissions;
Energy Use; Foreign Direct
Investment; Gross
Domestic Product;
International Trade;
Urbanization

Abstract - The decline of the living environment is caused by the increasing pollution and damage to the environment, especially CO₂ emissions. Given this situation, developed countries in the world are worried about excessive carbon dioxide emissions, because CO₂ emissions are directly related to economic growth and energy consumption. Three sectors that have the highest emissions are the electricity sector at 42%, the transportation sector at 23%, and the housing sector at 6%. The purpose of this study was to examine the effect of energy consumption, gross domestic product, international trade, foreign direct investment, and urbanization on CO₂ emissions from 1990-2014. The examination focused on countries, like the United States, China, Russia, Brazil, Indonesia, Germany, India, England, and Japan. To achieve this aim, this research used a quantitative approach. The data were gathered from secondary data obtained through a literature study on World Bank data. It involved panel data totaling 225 observations. The data were analyzed using panel linear regression analysis with the Fixed Effect Model (FEM). The results showed that the variables, such as energy and urbanization, had a positive and significant effect on CO₂ emissions. Meanwhile, gross domestic product, international trade, and foreign direct investment had a negative and significant effect on CO₂ emissions. Simultaneously, the independent variables affected the dependent variable.

Abstrak - Lingkungan hidup yang menurun disebabkan karena terjadinya pencemaran dan kerusakan pada lingkungan, terutama pada emisi CO₂ yang terus meningkat seiring berjalannya waktu. Negara-negara terkemuka di dunia mengalami kekhawatiran akibat emisi karbon dioksida yang berlebihan, sebab emisi CO₂ terkait secara langsung dengan pertumbuhan ekonomi dan berhubungan dengan pemakaian energi. Tiga sektor yang memiliki emisi tertinggi yaitu sektor ketenagalistrikan dengan jumlah 42%, sektor transportasi di 23% dan sektor perumahan di 6%. Tujuan dari penelitian adalah untuk menguji pengaruh variabel pemakaian energi, produk domestik bruto, perdagangan internasional, investasi asing secara langsung dan urbanisasi terhadap emisi CO₂ pada tahun 1990-2014 di negara Amerika Serikat, China, Russia, Brazil, Indonesia, Jerman, India, Inggris dan Jepang. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh melalui studi kepustakaan pada data World Bank dengan data panel berjumlah 225 observasi. Model analisis data yang digunakan adalah analisa regresi linier panel dengan model analisis Fixed Effect Model (FEM). Penelitian menghasilkan bahwa variabel penggunaan energi dan urbanisasi berpengaruh signifikan positif terhadap emisi CO₂. Perdagangan internasional, produk domestik bruto dan investasi asing secara langsung berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi CO₂. Secara simultan, variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen.

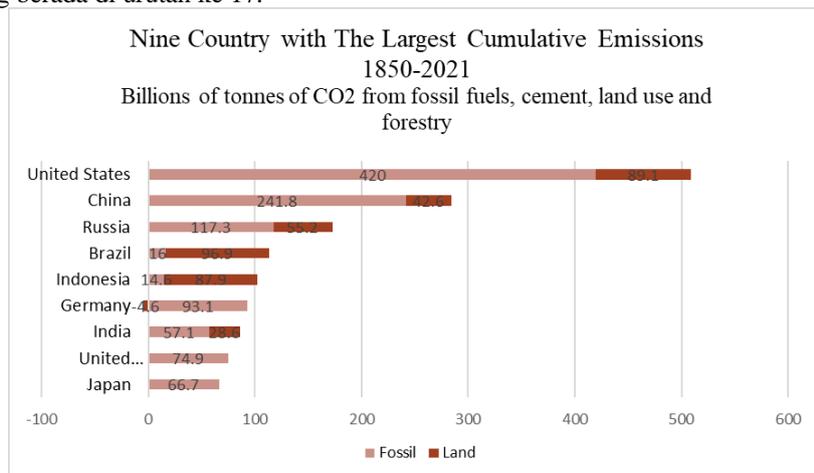
Kata Kunci: Emisi CO₂; Penggunaan Energi; Investasi Asing secara Langsung; Pertumbuhan Ekonomi; Perdagangan Internasional; Urbanisasi

PENDAHULUAN

Dunia sedang mengalami isu lingkungan hidup. Kerusakan lingkungan hidup yang menurun disebabkan karena terjadinya pencemaran udara dan pencemaran lingkungan, terutama emisi CO₂ yang meningkat seiring berjalannya waktu. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya kualitas hidup, kesehatan dan suhu bumi dapat meningkat. Menurut Kurniarahma et al. (2020) konsumsi energi yang besar dan pertumbuhan ekonomi yang signifikan menjadi penyebab emisi karbon dioksida meningkat secara proporsional dalam

jangka waktu yang panjang, sedangkan urbanisasi berpengaruh dalam jangka waktu yang pendek. Populasi urbanisasi yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi energi, sehingga akan berdampak pada emisi CO₂ (Agung et al., 2017) Selain itu, menurut Muhammad et al. (2020) perdagangan internasional ekspor-impor dan FDI menyumbang emisi CO₂ yang menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Tiga sektor yang memiliki emisi tertinggi yaitu sektor ketenagalistrikan dengan jumlah 42%, sektor transportasi di 23% dan sektor perumahan di 6% (Subkhan et al., 2017).

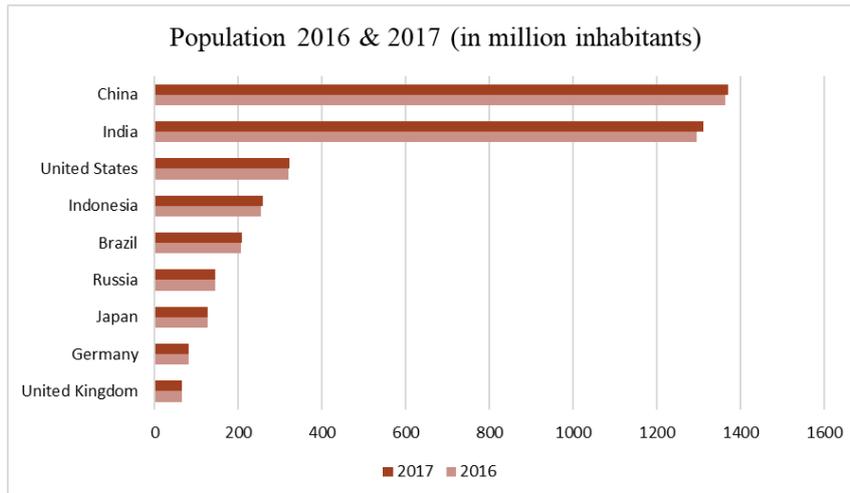
Emisi CO₂ terkait secara langsung dengan pertumbuhan ekonomi dan berhubungan dengan pemakaian energi. Pertumbuhan ekonomi dapat meningkatkan dan mengurangi emisi CO₂ tergantung dari negara-negara yang dituju oleh peneliti (Nikensari et al., 2019). Penggunaan energi yang berlebihan menjadi salah satu akibat yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan hidup. Penggunaan energi dengan konsumsi yang besar dapat termasuk dari pemakaian sumber energi gas, minyak dan batu bara dari bahan bakar fosil yang merupakan salah satu sumber utama transportasi yang dapat berpengaruh bagi lingkungan (Rahman, 2017). FDI dapat mengurangi dan meningkatkan emisi CO₂ tergantung dari pelaku penanam modal, jika penanam modal tidak memperhatikan dampak lingkungan maka emisi CO₂ akan meningkat, namun sebaliknya jika para penanam modal memperhatikan dampak-dampaknya terhadap lingkungan maka akan membantu mencegah terjadinya peningkatan emisi CO₂ (Fatoni, 2021). Menurut Marpaung & Kambono (2020), investasi asing secara langsung juga dapat membantu meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi, pemerataan dan peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat, serta dapat membantu mengurangi emisi karbon. Negara-negara terkemuka di dunia mengalami kekhawatiran akibat emisi karbon dioksida yang berlebihan. Sembilan negara dengan emisi CO₂ tertinggi di dunia adalah United States, China, Russia, Brazil, Indonesia, Germany, India, United Kingdom dan Japan. Penelitian dengan sembilan negara dipilih berdasarkan kumulatif dari emisi tertinggi yang ada di dunia dari tahun 1850 hingga tahun 2021. Akumulasi emisi karbon di benua Asia terutama negara China dan Indonesia menempati peringkat lima besar di dunia. Pada tahun 2022 dari kesembilan negara yang dituju oleh penelitian masuk kedalam 20 negara GDP terbesar di dunia. Peringkat paling rendah dari negara yang dituju oleh peneliti adalah Indonesia yang berada di urutan ke 17.



Gambar 1. Sembilan Negara dengan Kumulatif Emisi Terbesar

Sumber: Carbonbrief.org (2021)

Berdasarkan data tahunan di World Bank (2016, 2017) dianalisis bahwa dalam jangka waktu satu tahun emisi CO₂ di negara India telah mengalami penurunan 0,1 metrik ton per kapita dengan jumlah penduduk yang bertambah sebesar 15,8 juta. Di negara China emisi CO₂ meningkat 0,9 metrik ton per kapita dengan jumlah populasi yang meningkat sebesar 6,9 juta. Negara Indonesia telah mengalami peningkatan sebesar 0,4 metrik ton per kapita dengan jumlah populasi yang ikut meningkat sebesar 3,1 juta. Amerika Serikat mengalami penurunan emisi CO₂ sebesar 0,6 metrik ton per kapita dengan jumlah populasi yang bertambah sebesar 2,5 juta. Negara Brazil emisi CO₂ mengalami peningkatan 0,3 metrik ton per kapita dengan jumlah populasi yang bertambah sebesar 1,7 juta. Russia emisi CO₂ menurun sejumlah 0,1 metrik ton per kapita dengan jumlah populasi yang bertambah 0,3 juta. Dari data dan penjelasan diatas dapat dilihat bahwa India mengalami peningkatan jumlah populasi yang paling tinggi dibandingkan dengan delapan negara lainnya dan hanya dalam jangka waktu satu tahun emisi CO₂ di India mengalami penurunan sebesar 0,1 metrik ton per kapita. Negara dengan populasi yang tertinggi tidak menjadi salah satu faktor meningkatnya emisi CO₂, terdapat faktor-faktor lain yang harus diteliti lebih lanjut oleh peneliti.



Gambar 2. Populasi Negara-Negara pada Tahun 2016 dan 2017

Sumber: data.worldbank.org (2016-2017)

Setiap negara memiliki masing-masing wilayah yang strategis dalam menjalankan kegiatan perdagangan internasional. Dampak positif dari perdagangan internasional adalah dapat mendorong pertumbuhan ekonomi negara dan kebutuhan negara akan terpenuhi serta dapat mengembangkan lapangan kerja bagi masyarakat (Widyawati et al., 2021). Namun, terdapat dampak negatif yang timbul dari perdagangan internasional yaitu masyarakat akan melakukan berbagai transaksi perdagangan dari berbagai negara dan menjual serta mengirimnya ke berbagai negara, kota dan pulau. Akibatnya masyarakat akan mengalami ketergantungan tanpa memperhatikan dampak negatif yang akan terjadi terhadap lingkungan sekitarnya, terutama terhadap emisi CO₂ yang dapat meningkat dari segi transportasi (Mahanani, 2020).

Berdasarkan pada latar belakang, dapat menunjukkan bahwa emisi CO₂ yang terlalu berlebih dapat diakibatkan dari kegiatan dan aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh perdagangan internasional, penggunaan energi, pertumbuhan ekonomi, investasi asing secara langsung dan urbanisasi terhadap emisi CO₂ dari sembilan negara, dengan kumulatif emisi CO₂ terbesar adalah negara United States, China, Russia Federation, Brazil, Indonesia, Germany, India, United Kingdom dan Japan.

TINJAUAN PUSTAKA

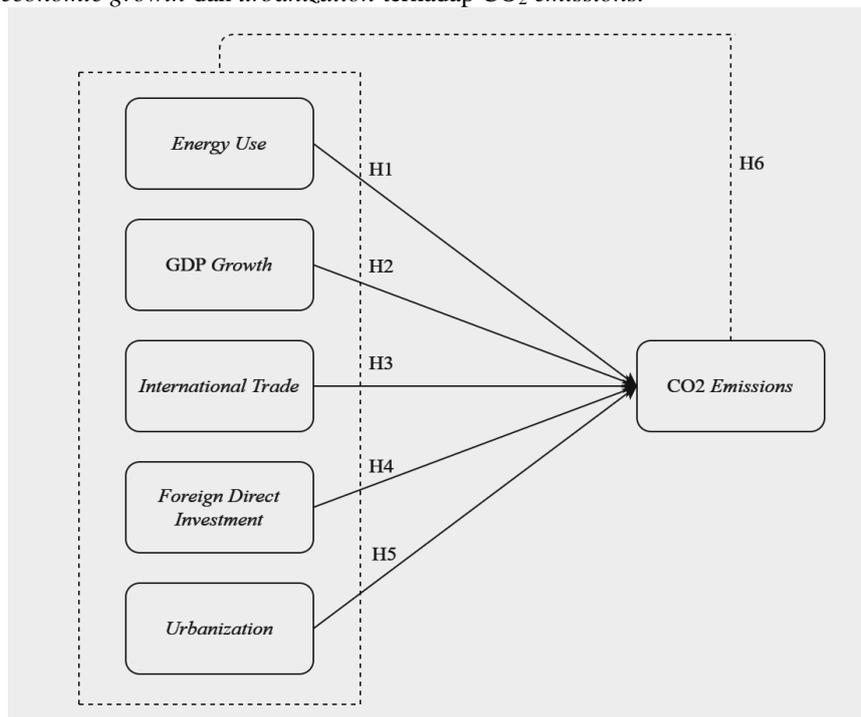
Landasan Teori

Bui (2020) mendefinisikan CO₂ emissions merupakan salah satu kegiatan manusia yang memberikan dampak pada kerusakan lingkungan dari dampak yang positif bahkan dampak negatif. Menurut Bui (2020) terdapat faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan (CO₂ emissions), yang pertama ada konsumsi energi yang berlebihan, yang kedua pendapatan yang besar dapat memungkinkan terjadinya kerusakan lingkungan. Menurut Putri et al., (2022) pembakaran bahan bakar seperti fosil dapat menyebabkan CO₂ emissions meningkat yang dapat mengakibatkan pemanasan global. Penggunaan energi yang meningkat seiring berjalannya waktu diakibatkan oleh pertumbuhan ekonomi yang cepat, pertumbuhan penduduk yang bertambah dan peningkatan teknologi yang makin berkembang. Semakin kaya suatu negara, kebutuhan energi pun akan meningkat. Seiring berjalannya waktu, meningkatnya konsumsi energi dapat mengakibatkan peningkatan CO₂ emissions. Permintaan energi bergantung pada perilaku suatu negara dan jenis produksi negara tersebut (Hamdi, 2016). Penggunaan energi berhubungan dengan perdagangan internasional dan konsumsi energi, sebagai contoh perubahan iklim dapat mempengaruhi penggunaan energi dan meningkatkan kegiatan produktivitas (Rahman, 2017). Pertumbuhan ekonomi adalah pengembangan sektor atau kegiatan riil yang berkaitan dengan produksi barang dan jasa yang dihasilkan dari suatu negara (Sukirno, 2015). Pertumbuhan ekonomi termasuk salah satu faktor pendorong degradasi (penurunan kualitas) lingkungan dan pencemaran di udara akibat meningkatnya emisi CO₂ di atmosfer (Rahman, 2017).

Pengertian perdagangan internasional adalah media pertukaran produk dan jasa skala internasional. Perdagangan internasional termasuk bagian yang paling penting dalam proses globalisasi (Rusyiana, n.d.). perdagangan internasional termasuk peranan yang sangat penting dalam menyumbang emisi CO₂, tingginya keterbukaan perdagangan internasional maka akan membuat emisi CO₂ memiliki tingkat yang semakin tinggi (Widyawati et al., 2021). Perdagangan internasional berkaitan erat dengan kerusakan lingkungan yaitu meningkatnya emisi CO₂ dari hasil kegiatan produktivitas dan transportasi. Meningkatnya emisi dapat mengakibatkan perubahan pada iklim (Rahman, 2017). Investasi asing secara

langsung adalah salah satu sistem ekonomi global. FDI memainkan peranan yang sangat penting dalam perekonomian dunia dan seiring berjalannya waktu akan berdampak pada peningkatan CO₂ emissions (Lee, 2013). Investasi energi dari kemitraan publik dan swasta dapat menghambat peningkatan kinerja lingkungan (Udemba & Yalçıntaş, 2021). Urbanisasi adalah perpindahan yang aktual dan populasi yang berdampak pada hubungan penduduk akibat dari faktor ekonomi, budaya, sosial dan politik. Seperti yang diketahui secara umum, bahwa kegiatan ekonomi berhubungan dengan peningkatan urbanisasi penduduk (Behera & Dash, 2017). Pertumbuhan ekonomi yang meningkat akan meningkatkan konsumsi energi. Seiring berjalannya waktu, peningkatan urbanisasi dapat meningkatkan konsumsi energi dan dapat berakibat pada peningkatan CO₂ emissions. Separuh dari populasi di dunia yang tinggal di daerah kota mengonsumsi lebih dari 50% energi yang berkontribusi besar terhadap meningkatnya emisi CO₂ yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Poumanyvong & Kaneko, 2010).

Berdasarkan hasil dari *database* yang sudah dikumpulkan, maka penulis memutuskan untuk melakukan penelitian mengenai variabel aktivitas *international trade*, *energy consumption*, *foreign direct investment*, *economic growth* dan *urbanization* terhadap CO₂ emissions.



Gambar 3. Kerangka Konseptual Pengaruh *Energy Use*, *GDP Growth*, *International Trade*, *Foreign Direct Investment* dan *Urbanization* terhadap CO₂ Emissions

Pengembangan Hipotesis

Kegiatan manusia dalam aktivitas sehari-hari dapat memberikan dampak pada kerusakan lingkungan hidup yang dapat mengakibatkan pada peningkatan maupun penurunan CO₂ emissions. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan CO₂ emissions yakni: (i) konsumsi energi yang berlebihan; (ii) pendapatan yang besar dapat memungkinkan terjadinya kerusakan lingkungan, (iii) penanaman atau investasi energi dapat menghambat kinerja lingkungan (iv) pertumbuhan penduduk yang makin bertambah; (v) teknologi yang semakin berkembang untuk melakukan perdagangan secara bebas.

Berdasarkan penelitian Rahman (2017) menunjukkan bahwa *energy consumption*, *exports*, *GDP* berpengaruh terhadap CO₂ emissions. Kasman & Duman (2015) meneliti bahwa *international trade and urbanization* berpengaruh terhadap CO₂ emissions. Namun, hasil penelitian berbeda dengan Muhammad et al. (2020) yang meneliti bahwa perdagangan internasional dalam ekspor tidak berpengaruh signifikan terhadap CO₂ emissions, Tang (2017) meneliti bahwa GDP tidak berpengaruh signifikan terhadap CO₂ emissions dan Agung et al. (2017) yang meneliti bahwa urbanisasi tidak berpengaruh signifikan terhadap CO₂ emissions. Karena itu, hipotesis pada penelitian ini adalah:

H1: *Energy use* mempengaruhi emisi CO₂ secara signifikan

Usaha untuk meningkatkan GDP dapat meningkatkan aktivitas manufaktur yang akan membutuhkan tambahan lebih dalam sumber daya energi yang besar dan kegiatan tersebut akan

menghasilkan lebih banyak emisi dalam bentuk limbah, sehingga dapat meningkatkan kadar emisi dan menimbulkan degradasi lingkungan (Rizki & Anggaeni, 2022).

Berdasarkan temuan oleh Maulidina & Maulana (2022) yang menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*, dikarenakan pertumbuhan ekonomi serta kenaikan konsumsi energi yang tidak ramah lingkungan terus meningkat yang berakibat kurang baik terhadap lingkungan. Namun, hasil penelitian Tang (2017) menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu bahwa GDP tidak berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*. Karena itu, hipotesis pada penelitian ini adalah: H2: *GDP growth* mempengaruhi emisi *CO₂* secara signifikan

Semakin terbuka suatu negara terhadap perdagangan internasional, maka semakin rendah emisi *CO₂*. Arus yang makin tinggi akan menurunkan emisi *CO₂*. Dikarenakan negara yang memiliki keutamaan pada komparatif dapat mengalokasikan sumber dayanya dengan lebih optimal (Widyawati, Hariani, Ginting, & Nainggolan, 2021).

Berdasarkan temuan oleh To et al. (2019) yang menunjukkan bahwa perdagangan internasional (ekspor-impor) berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*, dikarenakan jumlah ekspor-impor yang meningkat pada setiap periode jangka panjang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Karena itu, hipotesis pada penelitian ini adalah:

H3: *International trade* mempengaruhi emisi *CO₂* secara signifikan

Investasi asing dalam negeri dapat mempengaruhi jumlah emisi karbon yang dapat dihasilkan oleh suatu negara secara langsung maupun tidak langsung. Dampak secara langsung dapat melalui pada struktur industri dan dampak secara tidak langsung adalah dari proses pembangunan ekonomi menggunakan konsumsi energi (Hergert, M & Marton, C, 2017).

Berdasarkan temuan oleh Huynh & Hoang (2019) yang menunjukkan bahwa FDI berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*. Namun, hasil penelitian berbeda dengan (Chan-dran & Tang, 2013) yang menunjukkan bahwa FDI tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *CO₂ emissions*. Karena itu, hipotesis pada penelitian ini adalah:

H4: *Foreign direct investment* mempengaruhi emisi *CO₂* secara signifikan

Meningkatnya penduduk di suatu perkotaan dari desa dapat meningkatkan aktivitas yang dapat menyebabkan semakin tingginya energi yang dihabiskan. Kegiatan yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi adalah penggunaan energi seperti transportasi dan infrastruktur. Jumlah penduduk di perkotaan dapat berpengaruh terhadap peningkatan emisi *CO₂*. Hal tersebut dapat meningkatkan pencemaran terhadap lingkungan atau emisi *CO₂* (Widyawati, Hariani, Ginting, & Nainggolan, 2021).

Berdasarkan temuan oleh Behera & Dash (2017) yang menunjukkan bahwa urbanisasi berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*, dikarenakan urbanisasi selalu meningkat dalam beberapa dekade dan setengah dari populasi di dunia tinggal di kota besar yang akan mengkonsumsi energi lebih tinggi, sehingga akan menghasilkan emisi karbon dioksida yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Namun, hasil penelitian berbeda dengan Agung et al. (2017) yang menunjukkan bahwa urbanisasi tidak berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*. Karena itu, hipotesis pada penelitian ini adalah:

H5: *Urbanization* mempengaruhi emisi *CO₂* secara signifikan

Berdasarkan penelitian Rahman (2017) menunjukkan bahwa *energy consumption, exports, GDP* berpengaruh terhadap *CO₂ emissions*. Kasman & Duman (2015) meneliti bahwa *international trade and urbanization* berpengaruh terhadap *CO₂ emissions*. Namun, hasil penelitian berbeda dengan Muhammad et al. (2020) yang menunjukkan bahwa perdagangan internasional dalam ekspor tidak berpengaruh signifikan terhadap *CO₂ emissions*. Karena itu, hipotesis utama pada penelitian ini adalah:

H6: *Energy use, gross domestic product, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization* mempengaruhi emisi *CO₂* secara simultan

METODE PENELITIAN

Penelitian memakai data kuantitatif yang diperlukan untuk menghasilkan data panel berupa angka yang kemudian akan diolah menggunakan metode statistika. Data penelitian yang dipakai telah diteliti dengan menggunakan aplikasi program komputer adalah *Eviews (Econometric Views)* yang digunakan untuk menganalisa data statistika. Berdasarkan hasil data statistika tersebut akan digunakan untuk melihat apakah

data yang dipakai normal atau signifikan sesuai dengan metode uji. Analisis statistik hakekatnya adalah membuat data penelitian kuantitatif melalui angka. Penelitian menggunakan data statistik deskriptif untuk mendeskripsikan data yang dikumpulkan secara nyata tanpa bermaksud untuk menarik kesimpulan umum (Sugiyono, 2018). Tujuannya adalah untuk digunakan untuk memberi wawasan terkait suatu subjek yang akan diteliti melalui data populasi dan sampel tanpa inferensi lebih lanjut. Statistik deskriptif memakai fasilitas pelayanan data melalui tabel yang teratur atau distribusi frekuensi, bagan garis atau barang, bagan usia, pictogram, penjelasan pengelompokan mode, nilai rata-rata, median dan variasi grup interval dan standar deviasi. Empat analisis statistik deskriptif yang dipakai adalah mean (nilai rata-rata), maksimum (nilai tertinggi), minimum (nilai terendah) dari data yang ditinjau dan standar deviasi (variasi penyimpangan dari rata-rata data).

Penelitian diuji untuk mengetahui pengaruh variabel X (*energy use, GDP growth, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization*) terhadap variabel Y (*CO₂ emissions*). Teknik yang digunakan untuk menganalisa pengaruh dari tiap variabel adalah teknik regresi linier berganda. Alasan dari peneliti memilih jenis penelitian dari variabel tersebut adalah untuk mengetahui apakah aktivitas perdagangan internasional, penggunaan energi, pertumbuhan ekonomi, investasi asing dan urbanisasi memiliki pengaruh yang besar terhadap kualitas lingkungan (*CO₂ emissions*) di negara United States, China, Russia, Brazil, Indonesia, Germany, India, United Kingdom dan Japan.

Objek penelitian yang digunakan peneliti adalah analisis menggunakan data *time series* dan data diambil dari World Bank dari tahun 1990 sampai tahun 2014. Kriteria sampel yang diambil adalah: 1) Sembilan negara dengan kumulatif paling tinggi di dunia dalam *carbon emissions*. 2) Negara dengan laporan data yang lengkap dari tahun 1990-2014 untuk mengukur variabel *CO₂ emissions, energy use, GDP growth, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization*.

Data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data atau informasi yang diperoleh oleh individu yang meneliti sumber yang ada (Hasan, 2002). Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dan dikumpul secara tidak langsung dari berbagai media dan sumber melalui situs internet, buku, majalah, jurnal dan karya ilmiah penelitian terdahulu yang dapat mendukung penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi pustaka. Studi pustaka menurut Martono (2011) dibuat untuk menambah pengetahuan tentang berbagai konsep yang dijadikan landasan selama mempelajari penelitian. Tujuan digunakan teknik studi pustaka adalah untuk menambah pengetahuan mengenai berbagai rancangan sebagai dasar dalam melakukan proses penelitian dan untuk mencari kebenaran atau fakta dan teori dari topik yang diteliti.

Analisis data adalah meneliti dan menggabungkan data secara sistematis dari dokumen lainnya, agar mudah dipahami dan hasilnya dapat dibagikan dan dikomunikasikan kepada orang lain. Peneliti menggunakan aplikasi program *Eviews 12* untuk melakukan uji data. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian adalah menguji data statistik deskriptif, pemilihan model regresi panel terbaik dengan melakukan uji chow dan uji hausman, pengukuran *goodness of fit model*, uji f dan uji t. Data yang digunakan untuk variabel GDP menggunakan hasil dari transformasi logaritma (Ln), dikarenakan data yang dimiliki tidak memenuhi asumsi pengaruh aditif. Data yang digunakan sudah di transformasi $\log X + 1$, semua data asli dikalikan 10 sebelum dijadikan menjadi logaritma.

Analisa regresi linier panel diperlukan untuk mengetahui pengaruh variabel independen pada variabel dependen dengan cara menggabungkan data *time series* dan data *cross-sectional* (Basuki et al., 2016). Berikut model regresi data panel yang merupakan gabungan dari data *cross section* dan data *time series*.

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \beta_4 X_{4it} + \beta_5 X_{5it} + e_{it}$$

dimana:

α = Nilai konstanta

β = Koefisien variabel

Y_{it} = variabel terikat (dependen)

X_{it} = variabel bebas (independen)

i = entitas ke i

t = periode ke- t

e = error term

Persamaan tersebut merupakan model regresi linier berganda dari variabel bebas dan variabel terikat. Tujuannya adalah untuk memprediksi parameter model regresi nilai *konstanta* dan *koefisien* regresi. Selanjutnya untuk menestimasi parameter model regresi data panel ada tiga, yaitu FEM, CEM dan REM. *Fixed effect model* merupakan metode yang memperkirakan data panel memiliki kaitan antar waktu ke waktu maupun individu. Nilai *probability Chi Square* signifikan sebesar 0,0000 berarti uji FEM adalah yang terbaik. Keuntungan dari menggunakan metode ini adalah memungkinkan untuk membedakan antara

efek individual dan efek waktu. Dalam memilih model regresi yang terbaik dapat di uji dengan uji chow yang merupakan uji yang digunakan untuk memastikan model efek tetap atau efek acak yang paling cocok digunakan untuk pertimbangan dalam data panel. Jika nilai *probability* diatas 0,05 maka hipotesa diterima dan model yang akan digunakan adalah CEM (*common effect model*). Sebaliknya jika nilai *probability* dibawah 0,05 maka hipotesa ditolak dan model yang digunakan adalah FEM. Yang kedua adalah uji hausman merupakan uji statistik untuk menentukan model antara FEM atau REM yang paling cocok. Jika nilai *probability* diatas 0,05 maka hipotesa diterima dan model yang akan digunakan adalah REM (*random effect model*). Sebaliknya jika nilai *probability* dibawah 0,05 maka hipotesa ditolak dan model yang digunakan adalah FEM (Basuki et al., 2016).

Goodness of fit model dipakai untuk mengartikan bobot variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen apakah layak di uji atau tidak (Zailani et al., 2020). Nilai dari koefisien determinan R adalah dari 0 hingga 1. Uji hipotesis simultan atau Uji F secara khusus merupakan uji koefisien regresi gabungan untuk uji signifikan atau tidak pengaruh variabel independen dengan variabel terikat (Priyatno, 2017). Hal ini dilakukan untuk uji variabel independen secara simultan mempengaruhi dependen atau tidak. Jika *probability* (signifikan) > 0,05 maka variasi independen tidak secara simultan mempengaruhi variabel dependen. Jika *probability* < 0,05 maka variabel independen secara simultan mempengaruhi variabel dependen. Uji hipotesis parsial atau uji t merupakan uji signifikansi untuk memahami masing-masing variabel berpengaruh signifikan atau tidak signifikan (Priyatno, 2017). Cara melihatnya adalah jika nilai *probability* $t < 0,05$ maka terdapat pengaruh antara variabel x dan y (ditolak).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang bersumber dari World Bank dan *Carbon Brief* dengan objek berupa sembilan negara United States, China, Russia, Brazil, Indonesia, Germany, India, United Kingdom dan Japan dengan emisi CO₂ tertinggi yang ada di dunia. Periode dilakukan dari tahun 1990 hingga tahun 2014 selama 25 tahun. Data mengenai sampel penelitian yang digunakan dari keseluruhan variabel ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Emisi CO2	225	647,46	20469,81	6793,391	5724,035
Energy Use	225	351,21	9908,43	3642,979	2988,859
GDP	225	-0,157	0,133	0,033	0,043
International Trade	225	0,152	1,105	0,418	0,184
FDI	225	0,00	3,49E+11	5,55E+10	8,00E+10
Urbanization	225	44733264	7,44E+08	1,79E+08	1,49E+10

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil analisis data deskriptif untuk variabel emisi CO₂ memiliki nilai minimum 647,46 dan nilai maksimum 20469,81 dengan nilai rata-rata (*mean*) 6793,391 dan nilai standar deviasi 5724,035. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam periode penelitian, tingkat emisi CO₂ terendah adalah 0.6% dengan tingkat emisi CO₂ tertinggi sebesar 20%. Variabel *energy use* memiliki nilai minimum 351,21 dan nilai maksimum 9908,43 dengan nilai rata-rata (*mean*) 3642,979 dan nilai standar deviasi 2988,859. Variabel data GDP yang sudah di transformasi logaritma memiliki nilai minimum -0,157 dan nilai maksimum 0,133 dengan nilai rata-rata (*mean*) 0,033 dan nilai standar deviasi 0,043. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam periode penelitian, tingkat GDP terendah sebesar -15,2% dan tingkat tertinggi sebesar 13,3% dengan tingkat rata-rata GDP adalah 34,6%. Variabel *international trade* memiliki nilai minimum 0,152 dan nilai maksimum 1,105 dengan nilai rata-rata (*mean*) 0,418 dan nilai standar deviasi 0,184. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam periode penelitian, tingkat perdagangan internasional (*international trade*) terendah sebesar 15% dan tingkat tertinggi sebesar 110% dengan tingkat rata-rata 41,8%. Variabel FDI memiliki nilai minimum 0,00 dan nilai maksimum 3,49 dengan nilai rata-rata (*mean*) 5,55 dan nilai standar deviasi 8,00. Variabel *urbanization* memiliki nilai minimum 44733264 dan nilai maksimum 7,44 dengan nilai rata-rata (*mean*) 1,79 dan nilai standar deviasi 1,49.

Hasil Uji Model Regresi

Uji Chow

Pada hasil uji chow digunakan untuk menentukan model yang akan dipakai antara CEM atau FEM. Jika nilai *probability* diatas 0,05 maka menggunakan CEM, sebaliknya jika dibawah 0,05 yang digunakan adalah model FEM.

Tabel 2. Hasil Uji Chow

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section Chi-square	994,585551	8	0,0000

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Berdasarkan tabel 2, hasil uji chow yang digunakan adalah model FEM (*Fixed Effect Model*) dengan nilai *probability* 0,0000 yaitu dibawah angka 0,05.

Uji Hausman

Uji hausman digunakan untuk menentukan model yang akan dipakai antara FEM atau REM. Nilai *probability* diatas 0,05 maka model yang digunakan adalah REM dan sebaliknya dibawah 0,05 model yang dipakai adalah FEM.

Tabel 3. Hasil Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	51,919313	5	0,0000

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Berdasarkan tabel 3, hasil uji hausman yang digunakan adalah model FEM (*Fixed Effect Model*) dengan nilai *probability* di 0,0000 yaitu dibawah 0,05.

Uji Regresi Linier Panel

Hasil Uji Goodness of Fit Model

Goodness of Fit Model digunakan untuk menunjukkan bobot variabel dependen dalam fungsi yang bersangkutan. Jika hasil determinasi mendekati angka 1 maka hasil model tersebut dikatakan baik.

Tabel 4. Hasil Uji Goodness of Fit Model

Variable	Adjusted R Square
Emisi CO	0,994766

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Berdasarkan hasil uji *Goodness of Fit Model* tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai *adjusted R-square* adalah 0,994766 atau 99,48% mendekati 1 dimana tergolong sangat baik dan bagus karena mendekati nilai 1.

Uji F Statistik

Uji f dilakukan untuk menguji pengaruh variabel independen dengan variabel dependen. Jika hasil *probability* uji f (signifikan) lebih dari 0,05 maka variasi independen secara tidak simultan mempengaruhi variabel dependen. Sebaliknya jika kurang dari 0,05 maka variabel independen secara simultan mempengaruhi variabel dependen.

Tabel 5. Hasil Uji F

Variable	Sig.	Kesimpulan
Emisi CO ₂	0,000000	Signifikan

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Berdasarkan hasil uji pada tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai *probability* (*F-statistic*) 0,000 yaitu kurang dari 0,05, yang artinya variabel x (*energy use, gross domestic product, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization*) secara simultan bersama-sama berpengaruh terhadap variabel y (emisi CO₂).

Uji t Statistik

Uji t dilakukan untuk melihat masing-masing variabel berpengaruh secara signifikan atau tidak. Jika nilai *probability* t dibawah dari 0,05 maka variabel x dan y berpengaruh (ditolak).

Tabel 6. Hasil Uji t

Variable	Coefficient	Sig.	Kesimpulan	Hipotesis
(Constanta)	-2117,196			
Energy Use	2,365322	0,0000	Sig Positif	H1 diterima
GDP	-1715,726	0,0417	Sig Negatif	H2 diterima
International Trade	-1302,884	0,0000	Sig Negatif	H3 diterima
FDI	-1,56E-09	0,0088	Sig Negatif	H4 diterima
Urbanization	5,49E-06	0,0000	Sig Positif	H5 diterima

Sumber: data sekunder diolah (2023)

Berdasarkan hasil uji t di tabel 6, dapat dilihat bahwa semua variable independen yaitu *energy use, GDP, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization* berada dibawah 0,05 yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen yaitu emisi CO₂.

Persamaan regresi dari model penelitian disajikan sebagai berikut.

$$\text{Emisi CO}_2 = -2117,196 + 2,365322X_1 + -1715,726X_2 + -1302,884X_3 + -1,56X_4 + 5,49X_5 + e$$

Keterangan:

X_1 = *Energy Use*

X_2 = Logaritma Natural *Gross Domestic Product*

X_3 = *International Trade*

X_4 = *Foreign Direct Investment*

X_5 = *Urbanization*

e = *Error*

Energy use berpengaruh signifikan positif terhadap emisi CO₂. Hal ini berarti hipotesis yang diajukan oleh peneliti diterima. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa *energy use* memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai signifikansi $0.000 < 0.05$ dengan nilai *coefficient* 2.365322, yang artinya *energy use* berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2017) yang mengatakan bahwa *energy use* berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂. Kurniarahma et al. (2020) meneliti bahwa *energy consumption* berpengaruh terhadap CO₂ *emissions* di Indonesia, dikarenakan pola konsumerisme di Indonesia yang masih tinggi. Nasreen et al. (2017) meneliti bahwa *energy consumption* berpengaruh secara signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* di seluruh negara Asia Selatan, berdasarkan bukti empiris dari peneliti yang menyatakan bahwa konsumsi energi merupakan sumber utama dalam terjadinya pencemaran lingkungan. Hal ini sejalan dengan penelitian Akadiri et al. (2019); Raggad (2020) Rahman (2017) yang meneliti bahwa *energy consumption* berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* di beberapa negara Asia. (Wang et al., 2018) meneliti bahwa *energy consumption* berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* dikarenakan aktivitas manusia dan permintaan konsumsi energi yang semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Ali et al. (2019) meneliti bahwa *energy consumption* berpengaruh secara signifikan negatif terhadap CO₂ *emissions*.

Gross domestic product signifikan dan negatif terhadap emisi CO₂. Hal ini berarti hipotesis yang diajukan oleh peneliti diterima. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa GDP tidak memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai signifikansi $0,0417 < 0,05$ dengan nilai *coefficient* -1715,726 yang artinya GDP berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi CO₂. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Prasetyawati (2019) yang meneliti bahwa GDP berpengaruh signifikan negatif terhadap CO₂ *emissions*. Begitu pula dengan penelitian (Akram, 2012; Lee, 2013) yang meneliti bahwa GDP berpengaruh signifikan negatif terhadap CO₂ *emissions*. (Maulidina & Maulana, 2022) meneliti bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh signifikan positif terhadap CO₂ *emissions*, dikarenakan pertumbuhan ekonomi serta kenaikan konsumsi energi yang tidak ramah lingkungan terus meningkat yang berakibat kurang baik terhadap lingkungan.

Penelitian ini bertentangan dengan Tang (2017) meneliti bahwa GDP tidak berpengaruh signifikan terhadap CO₂ *emissions* di 17 negara Asia, dimungkinkan karena sampel yang diuji terlalu sedikit sehingga hasil tidak signifikan dan dapat disimpulkan bahwa GDP memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap CO₂ *emissions*.

International trade berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi CO₂. Hal ini berarti hipotesis yang diajukan oleh peneliti diterima. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa *international trade* memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ dengan nilai *coefficient* -1302,884 yang artinya *international trade* berpengaruh secara signifikan dan negatif terhadap emisi CO₂. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad et al. (2017); Ali et al. (2019); To et al. (2019) meneliti bahwa perdagangan internasional (ekspor-impor) berpengaruh signifikan dan negatif terhadap CO₂ *emissions*, dikarenakan jumlah ekspor-impor yang meningkat pada setiap periode jangka panjang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Putriani et al. (2018) meneliti bahwa perdagangan internasional (ekspor) berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emission*. Seiring berjalannya waktu, CO₂ *emissions* akan meningkat dan berakibat kurang baik terhadap kualitas lingkungan, dikarenakan adanya peningkatan perdagangan barang dan jasa dalam transportasi. Kartiasih & Setiawan (2020) meneliti bahwa perdagangan internasional (impor) berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap CO₂ *emissions*, dikarenakan konsumsi energi yang meningkat dan kegiatan perekonomian pun ikut meningkat, sehingga membentuk CO₂ *emissions*.

Penelitian ini bertentangan dengan Muhammad et al. (2020) yang meneliti bahwa perdagangan internasional dalam ekspor tidak berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* pada kelompok penghasilan menengah ke atas, namun signifikan meningkatkan CO₂ *emissions* pada kelompok menengah ke bawah. Namun, impor berpengaruh secara signifikan terhadap CO₂ pada kelompok yang berpenghasilan rendah.

Foreign direct investment berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi CO₂. Hal ini berarti hipotesis yang diajukan oleh peneliti diterima. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa FDI memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai signifikansi $0,0083 < 0,05$ dengan nilai *coefficient* $-1,56E-09$, yang artinya FDI berpengaruh secara signifikan dan negatif terhadap emisi CO₂. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Amalia Rizki & Anggaeni (2022); Fatoni (2021); Huynh & Hoang (2019) meneliti bahwa FDI berpengaruh signifikan dan negatif terhadap CO₂ *emissions*, dikarenakan perbedaan periode dan perhitungan serta beberapa perusahaan asing (multinasional) yang lebih menghemat penggunaan emisi. Sejalan dengan penelitian Amalia Rizki & Anggaeni (2022) yang meneliti bahwa FDI berpengaruh signifikan dan negatif terhadap CO₂ *emissions* dalam jangka yang panjang, namun sebaliknya dalam jangka yang pendek tidak berpengaruh secara signifikan. Shabbaz et al. (2018) meneliti bahwa FDI berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* di negara BRICS. Aisah (2019); Munir & Ameer (2020); Prasetyawati (2019); Udamba & Yalçintaş (2021) juga meneliti bahwa FDI berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions*.

Urbanization berpengaruh signifikan positif terhadap emisi CO₂. Hal ini berarti hipotesis yang diajukan oleh peneliti diterima. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa urbanization memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ dengan nilai *coefficient* $5,49E-06$, yang artinya *urbanization* berpengaruh secara signifikan positif terhadap emisi CO₂. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniarahma et al. (2020) meneliti bahwa urbanisasi berpengaruh secara signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions*, faktornya dikarenakan jika terjadi lonjakan penduduk di suatu wilayah akan mempengaruhi permintaan energi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Anwar et al., 2019) bahwa urbanisasi yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi energi yang akan meningkatkan CO₂ *emissions*. Sedangkan (Wang et al., 2018) meneliti bahwa urbanisasi berpengaruh secara signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions* pada negara *lower-middle income*. (Behera & Dash, 2017) meneliti bahwa urbanisasi berpengaruh signifikan dan positif terhadap CO₂ *emissions*, dikarenakan urbanisasi selalu meningkat dalam beberapa dekade dan setengah dari populasi di dunia tinggal di kota besar yang akan mengkonsumsi energi lebih tinggi sehingga akan menghasilkan emisi karbon dioksida yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

Penelitian ini bertentangan dengan (Agung et al., 2017; Prasetyawati, 2019) yang meneliti bahwa urbanisasi tidak berpengaruh signifikan terhadap CO₂ *emissions*, hal ini dikarenakan urbanisasi tidak berpengaruh secara langsung terhadap peningkatan emisi dan jika pendapatan per kapita bertumbuh secara pesat, maka perilaku dalam mengonsumsi energi akan lebih efisien sehingga akan berdampak pada pengurangan CO₂ *emissions*.

Energy use, gross domestic product, international trade, foreign direct investment dan *urbanization* secara simultan berpengaruh terhadap emisi CO₂. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa variabel bebas bersama-sama memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO₂. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Akram, 2012) yang meneliti bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh signifikan negatif terhadap CO₂ *emissions*, pertumbuhan populasi dan urbanisasi meningkatkan CO₂ *emissions*. (Rahman, 2017) meneliti bahwa *energy consumption, exports, GDP* berpengaruh terhadap CO₂ *emissions*. (Kasman & Duman, 2015) meneliti bahwa *energy consumption, international trade, GDP and urbanization* berpengaruh terhadap CO₂ *emissions*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menggunakan data panel *Fixed Effect Model* sebagai model estimasi yang menunjukkan bahwa *energy use, gross domestic product, international trade, foreign direct investment* dan *urbanization* berpengaruh signifikan terhadap CO₂ *emissions*. Secara simultan, variabel independen berpengaruh dan dapat meningkatkan emisi CO₂.

Variabel *energy use* dan *urbanization* memiliki pengaruh positif terhadap CO₂ *emissions*. Artinya, ketika penggunaan energi dan urbanisasi diimplementasikan dapat meningkatkan CO₂ *emissions*. Sedangkan GDP, *international trade* dan FDI memiliki pengaruh yang signifikan namun negatif terhadap CO₂ *emissions*. Jadi ketika GDP, *international trade* dan FDI arusnya tinggi maka dapat menurunkan tingkat CO₂ *emissions*.

Walaupun hasil penelitian telah dicapai, penelitian ini masih memiliki keterbatasan dikarenakan hanya memberi kesimpulan secara luas dan umum pada masing-masing kelompok di negara yang memiliki emisi tertinggi di dunia, sehingga harus dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pendekatan pada setiap negara secara individu sesuai dengan kelompok Asia dan Eropa. Saran bagi pembaca yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya adalah diharapkan untuk menggunakan sampel di masing-

masing negara sehingga hasil penelitian tersebut dapat mewakili suatu negara dan menggunakan variabel penghubung antara variabel independen dan dependen untuk lebih memperjelas hubungan antar variabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P. P., Hartono, D., & Awirya, A. A. (2017). Pengaruh Urbanisasi terhadap Konsumsi Energi dan Emisi CO₂ : Analisis Provinsi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 10(2).
- Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H. Z., & Hashmi, M. Z. (2017). Modelling The CO₂ Emissions and Economic Growth in Croatia: Is There Any Environmental Kuznets Curve? *Energy*, 123, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.106>
- Aisah, S. (2019). *Pengaruh Foreign Direct Investment (FDI) dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Karbondioksida di Indonesia*.
- Akadiri, S. Saint, Bekun, F. V., Taheri, E., & Akadiri, A. C. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: a causality evidence. *International Journal of Energy Technology and Policy*, 15(2/3), 320. <https://doi.org/10.1504/IJETP.2019.098956>
- Akram, N. (2012). Is Climate Change Hindering Economic Growth of Asian Economies? *Asia-Pacific Development Journal*, 19(2), 1–18.
- Ali, H. S., Law, S. H., Leong, L. W., Yusop, Z., Chin, L., & Bare, U. A. A. (2019). Financial Development and Carbon Dioxide Emissions in Nigeria: Evidence from The ARDL Bounds Approach. *GeoJournal*, 84(3), 641–655. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9880-5>
- Amalia Rizki, C., & Anggaeni, P. W. (2022). Analisis Pengaruh Foreign Direct Investment, Penanaman Modal dalam Negeri dan Gross Domestic Product terhadap Emisi Karbon di Indonesia. *Journal of Development Economic and Social Studies*, 1(4). <https://doi.org/10.21776/jdess>
- Anwar, A., Sarwar, S., Amin, W., & Arshed, N. (2019). Agricultural practices and quality of environment: evidence for global perspective. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04957-x>
- Behera, S. R., & Dash, D. P. (2017). The Effect of Urbanization, Energy Consumption, and Foreign Direct Investment on The Carbon Dioxide Emission in The SSEA (South and Southeast Asian) Region. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 70, pp. 96–106). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.201>
- Bui, D. T. (2020). Transmission Channels Between Financial Development and CO₂ Emissions: A Global Perspective. *Heliyon*, 6(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05509>
- Fatoni, A. (2021). Pengaruh Perkembangan Keuangan Syariah, Investasi Langsung dan Perdagangan Internasional terhadap Kualitas Udara Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 7(03), 1486–1493. <https://doi.org/10.29040/jiei.v7i3.3444>
- Widyawati, R. F., Hariani, E., Lopa Ginting, A., & Nainggolan, E. (2021). *Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Populasi Penduduk Kota, Keterbukaan Perdagangan Internasional terhadap Emisi Karbon Dioksida (CO₂) di Negara ASEAN*.
- Hamdi. (2016). *Energi Terbarukan*. Jakarta: Kencana.
- Hasan, M. I. (2002). *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Huynh, C. M., & Hoang, H. H. (2019). Foreign direct investment and air pollution in Asian countries: does institutional quality matter? *Applied Economics Letters*, 26(17), 1388–1392. <https://doi.org/10.1080/13504851.2018.1563668>
- Kartiasih, F., & Setiawan, A. (2020). Aplikasi Error Correction Mechanism dalam Analisis Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi dan Perdagangan Internasional terhadap Emisi CO₂ di Indonesia. *Media Statistika*, 13(1), 104–115. <https://doi.org/10.14710/medstat.13.1.104-115>
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2015). CO₂ Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: A Panel Data Analysis. *Economic Modelling*, 44, 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.10.022>
- Kurniarahma, L., Laut, T. L., & Prasetyanto, P. K. (2020). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi CO₂ di Indonesia. *DINAMIC: Directionary Journal of Economic*, 2(2).
- Lee, J. W. (2013). The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. *Energy Policy*, 55, 483–489. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.039>
- Mahanani, E. (2020). *Bisnis Internasional* (pp. 1–67).
- Marpaung, E. I., & Kambono, H. (2020). *Pengaruh Investasi Asing dan Investasi Dalam Negeri terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia*. 12(1), 137–145. <http://journal.maranatha.edu>
- Martono, N. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: PT Raya Grafindo Persada.

- Maulidina, W., & Maulana, I. (2022). Pengaruh Gross Domestic Product (GDP) terhadap Emisi Karbon dioksida (**CO₂**) dan Forest Area di 3 (Tiga) Negara ASEAN. *Masyrif: Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen*, 3(2), 205–215.
- Muhammad, S., Long, X., Salman, M., & Dauda, L. (2020). Effect of Urbanization and International Trade on CO₂ Emissions Across 65 Belt and Road Initiative Countries. *Energy*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117102>
- Munir, K., & Ameer, A. (2020). Nonlinear effect of FDI, economic growth, and industrialization on environmental quality: Evidence from Pakistan. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(1), 223–234. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2018-0186>
- Nasreen, S., Anwar, S., & Ozturk, I. (2017). Financial Stability, Energy Consumption and Environmental Quality: Evidence from South Asian Economies. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 67, pp. 1105–1122). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.021>
- Nikensari, S. I., Destilawati, S., & Nurjanah, S. (2019). Studi Environmental Kuznets Curve di Asia: Sebelum dan Setelah Millennium Development Goals. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, 27(2).
- Prasetyawati, M. D. (2019). *How Foreign Direct Investment and Urbanization Affect The Environment of Indonesia*.
- Putri, A. R., Gunarto, T., Emalia, Z., & Murwiati, A. (2022). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(6), 1070–1080. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet>
- Putriani, Idris, & Adry, M. R. (2018). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Penggunaan Energi dan Ekspor terhadap Kualitas Lingkungan di Indonesia. *Journal Ecosains*, 7(2), 99.
- Raggad, B. (2020). Economic Development, Energy Consumption, Financial Development, and Carbon Dioxide Emissions in Saudi Arabia: New Evidence from a Nonlinear and Asymmetric Analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21872–21891. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08390-3>
- Rahman, M. M. (2017a). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 77, pp. 506–514). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.041>
- Rahman, M. M. (2017b). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries? In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 77, pp. 506–514). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.041>
- Rusydiana, A. S. (n.d.). *Perdagangan Internasional: Teori Ekonomi Modern dengan Perspektif Islam, Komparasi*. www.belajarsyariahyuk.com
- Shahbaz, M., Destek, M. A., & Polemis, M. L. (2018). Do Foreign Capital and Financial Development Affect Clean Energy Consumption and Carbon Emissions? Evidence from BRICS and Next-11 Countries. *SPOUDAI Journal of Economics and Business*, 68(4), 20–50. <http://spoudai.unipi.gr>
- Subkhan, A., Setyowati, D. L., & Setyaningsih, W. (2017). Kajian Emisi CO₂ dari Pemanfaatan Energi Rumah Tangga di Kelurahan Candi Kota Semarang. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/geoimage>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Sukirno, S. (2015). *Makroekonomi: Teori Pengantar*. Depok: Rajawali Pers.
- Tang, E. (2017). Pengaruh Penanaman Modal Asing, Pendapatan Domestik Bruto, Konsumsi Energi, Kosumsi Listrik dan Konsumsi Daging terhadap Kualitas Lingkungan pada 41 Negara dan 17 Negara di Asia Periode 1999-2013. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 6(2).
- To, A. H., Ha, D. T. T., Nguyen, H. M., & Vo, D. H. (2019). The impact of foreign direct investment on environment degradation: Evidence from emerging markets in Asia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph16091636>
- Udemba, E. N., & Yalçintaş, S. (2021). Interacting force of foreign direct invest (FDI), natural resource and economic growth in determining environmental performance: A nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) approach. *Resources Policy*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102168>
- Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, Economic Growth, Energy Consumption, and CO₂ Emissions: Empirical Evidence from Countries with Different Income Levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2144–2159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.025>
- World Bank, T. (2016). *The Little Green Data Book 2016*. <https://doi.org/10.1596/978>
- World Bank, T. (2017). *The Little Green Data Book 2017*. <https://doi.org/10.1596/978>