



ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EMISI KARBONDIOKSIDA DI NEGARA INDUSTRI BARU TAHUN 2000-2020

Septa Tri Setyo¹⁾, Sudati Nur Sarfiah²⁾, Jalu Aji Prakoso³⁾

Universitas Tidar

e-mail: septa.setyo29@gmail.com

ABSTRAK

Pemanasan global merupakan isu yang sangat serius di era globalisasi ini dan pemberitaannya selalu ada di seluruh dunia. Salah satu penyebab pemanasan global adalah peningkatan gas rumah kaca (GRK). Dari berbagai jenis gas rumah kaca (GRK) tersebut, emisi karbon (CO₂) menjadi sumber permasalahan yang paling utama. Hal tersebut dikarenakan emisi karbon memberikan sumbangan paling tinggi yaitu sebesar 76 persen dalam perubahan pemanasan global. Negara Industri Baru menjadi salah satu kelompok negara dengan penyumbang tingkat emisi CO₂ tertinggi di dunia yang terus mengalami peningkatan setiap tahunnya dalam kurun waktu 21 tahun terakhir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru selama tahun 2000 sampai dengan tahun 2020. Jenis dan sumber data yang digunakan berbasis model IPAT (*Impact-Population-Affluence-Technology*) dengan metode deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan data sekunder berupa data *time series* selama 21 tahun dan *cross section* dengan menggunakan 10 negara di Negara Industri Baru. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel laju pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pendapatan per kapita, dan keterbukaan perdagangan memberikan dampak yang positif dan signifikan terhadap tingkat emisi karbondioksida (CO₂) di Negara Industri Baru tahun 2000-2020. Sementara variabel jumlah pengguna internet berpengaruh negatif dan signifikan terhadap tingkat emisi karbondioksida (CO₂) di Negara Industri Baru tahun 2000-2020.

Kata Kunci: *Emisi CO₂, Gas Rumah Kaca, Negara Industri Baru.*

ABSTRACT

*Global warming is a very serious issue in this era of globalization and there is always news all over the world. One of the causes of global warming is an increase in greenhouse gases (GHG). Of the various types of greenhouse gases (GHG), carbon emissions (CO₂) are the most important source of problems. This is because carbon emissions make the highest contribution, namely 76 percent, to changes in global warming. Newly Industrialized Countries are one of the groups of countries that contribute the highest levels of CO₂ emissions in the world, which have continued to increase every year over the last 21 years. This research aims to analyze the factors that influence carbon dioxide emissions in New Industrial Countries from 2000 to 2020. The type and source of data used is based on the IPAT (*Impact-Population-Affluence-Technology*) model with quantitative descriptive methods, using data secondary data in the form of time series for 21 years and cross section using 10 countries in the New Industrial Countries. The results of this research show that the variables of population growth rate, urbanization, per capita income, and trade openness have a positive and significant impact on the level of carbon dioxide (CO₂) emissions in Newly Industrialized Countries in 2000-2020. Meanwhile, the variable number of internet users has a negative and significant effect on the level of carbon dioxide (CO₂) emissions in New Industrial Countries in 2000-2020.*

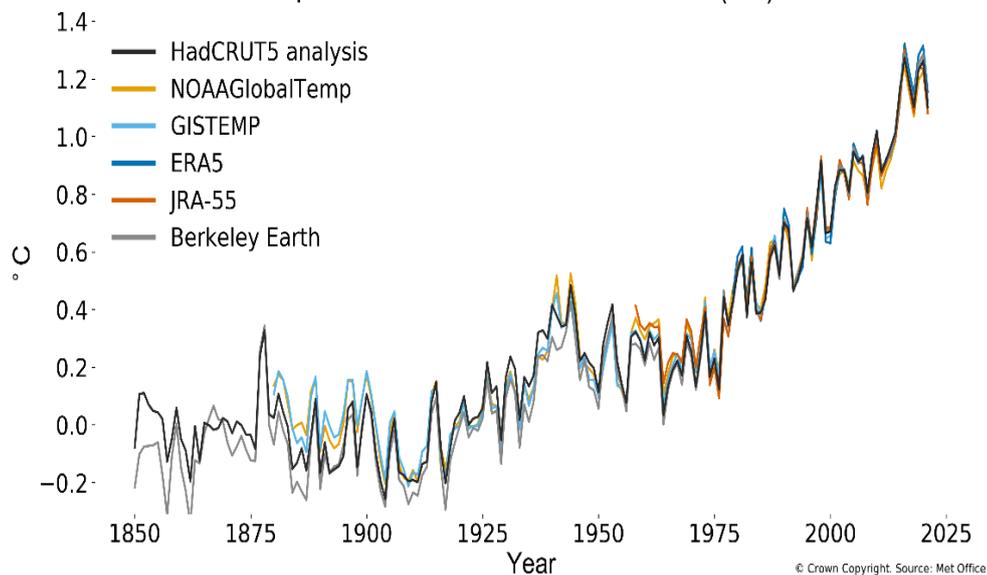
Keywords: *CO₂ Emissions, Greenhouse Gases, Newly Industrialized Countries.*



A. PENDAHULUAN

Pemanasan global menjadi isu yang sangat serius di era globalisasi ini dan pemberitaannya selalu ada di seluruh dunia. Hampir setiap saat, berita mengenai pemanasan global muncul di berbagai media. Bahkan, dampak dari pemanasan global juga sering dirasakan oleh umat manusia (Fougères et al., 2022). Peringatan keras telah diberikan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* melalui hasil laporan kelompok kerja ilmuwan IPCC berjudul “*Climate Change 2021, The Physical Science Basis*” pada tanggal 9 Agustus 2021. Laporan penting tersebut disiapkan oleh 234 ilmuwan dari 66 negara yang secara jelas dan terukur memaparkan fakta-fakta ilmiah kerusakan di muka bumi akibat ulah tangan manusia yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. Pemanasan global juga menyebabkan kualitas suhu udara di bumi semakin memburuk akibat adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Hal tersebut semakin lama terjadi akan berdampak buruk terhadap kondisi lingkungan di muka bumi.

Kerusakan muka bumi dimulai dari tahun 1000 sampai dengan abad ke-19 yang ditandai dengan naiknya suhu bumi secara lamban sekitar $0,2^{\circ}\text{C}$. Namun kenaikan terjadi secara cepat dimulai dari awal tahun 1850, dengan rentang waktu tahun 1910-1940 naik sekitar $0,35^{\circ}\text{C}$ dan rentang tahun 1990-2000 naik sekitar $0,55^{\circ}\text{C}$. Fenomena tersebut menandai adanya efek dari pemanasan global yang semakin parah. Catatan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* yang termuat pada Gambar 1 menguatkan fenomena tersebut ditandai dengan peningkatan suhu rata-rata global sebesar $0,78^{\circ}\text{C}$ dalam rentang waktu 100 tahun terakhir, dimulai dari tahun 1906 hingga tahun 2005 (SOS, 2011). Gambar 1 merupakan data peningkatan suhu rata-rata global yang dihimpun dari 6 stasiun pengamatan dunia.



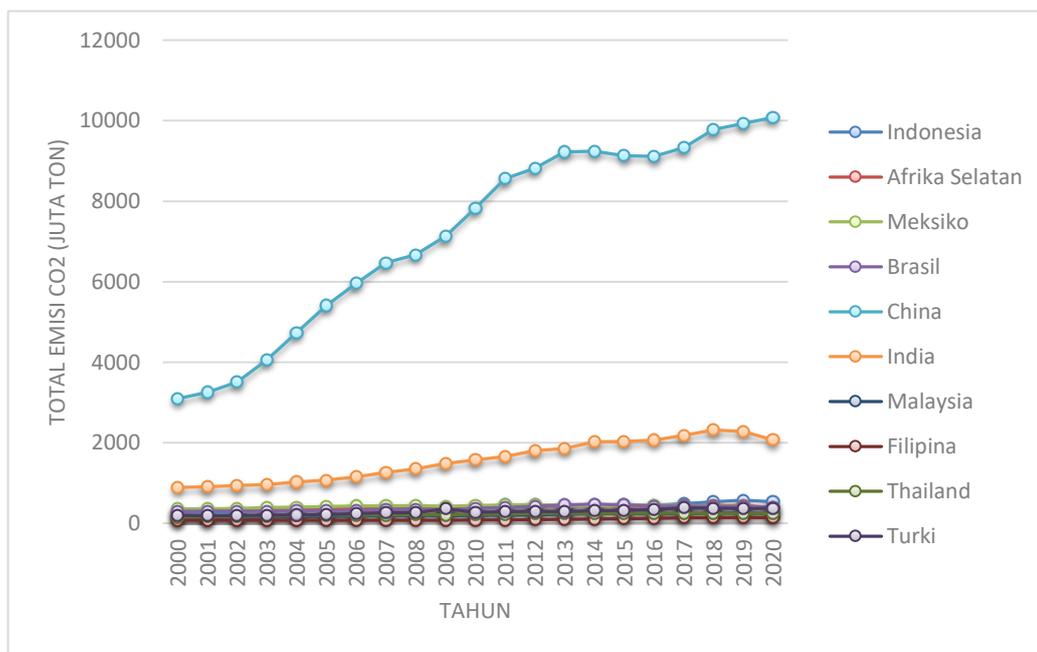
Gambar 1. Data suhu rata-rata dunia selama tahun 1850-2021
Sumber : IPCC, 2021

Peneliti dari *Center for International Forestry Research (CIFOR)*, menerangkan bahwa pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya gelombang radiasi panjang matahari (infra merah), yang dipancarkan oleh gas-gas rumah kaca (GRK) ke bumi. Menurut (Vivi Triana, 2018) gas rumah kaca (GRK) terbagi menjadi enam jenis, yaitu *Karbon Dioksida (CO₂)*, *Metana (CH₄)*, *Nitrous Oksida (N₂O)*, *Hydroperfluorokarbon (HFCs)*, *Perfluorokarbon (CFC)*, dan *Sulfur Heksaflorida (SF₆)*. Menurut (Sukadri, 2016) dari berbagai jenis GRK tersebut, emisi karbon (CO₂) menjadi sumber permasalahan paling utama. Hal tersebut dikarenakan emisi karbon memberikan sumbangan paling tinggi yaitu sebesar 76 persen dalam perubahan pemanasan global.

Sejak revolusi industri, tingkat pertumbuhan emisi CO₂ adalah 2,0 ppm per tahun dan telah melampaui angka total 410 ppm pada tahun 2017. Selama beberapa dekade yang singkat, rekor ini akan mencapai hingga 450 ppm dengan kecepatan saat ini (Delmas et al., 2017). Pertumbuhan ekonomi yang tinggi melalui hasil industri dan pengembangan teknis merupakan prioritas utama negara-negara

industri baru yang secara timbal balik meningkatkan populasi perkotaan, perdagangan internasional, dan pembangunan keuangan.

Menurut laporan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* di tahun 2021, Negara-negara Industri Baru (NIB) telah menyumbang 45 persen terhadap total emisi CO₂ global karena percepatan pertumbuhan ekonomi mereka. Oleh karena itu, pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dengan polusi lingkungan yang paling sedikit merupakan tantangan besar bagi dunia saat ini. Penelitian dan perumusan kebijakan perlu dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang bertanggung jawab atas degradasi lingkungan melalui emisi CO₂ (Pata, 2018).



Gambar 2. Emisi CO₂ Total Negara Industri Baru Tahun 2000-2020
Sumber : IEA, 2022

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa selama periode tahun 2000 sampai dengan tahun 2020 emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru terus mengalami peningkatan secara fluktuatif. Selama dua dekade terakhir telah terjadi peningkatan sebesar 9.346 Juta Ton emisi karbon, dengan puncak peningkatan tertinggi terjadi pada tahun 2019 dengan total emisi karbondioksida sebesar 15.276 Juta Ton.



Negara China menjadi penyumbang terbesar dengan total emisi karbon dioksida pada tahun 2020 sebesar 10.081,3 Juta Ton. Kemudian, diurutkan kedua diduduki oleh India dengan total emisi karbon dioksida sebesar 2.075 Juta Ton. Indonesia menempati urutan ketiga penyumbang emisi karbon dengan total sebesar 532,2 Juta Ton, diikuti dengan negara Brazil, Meksiko, Afrika Selatan, Thailand, Turki, Malaysia, dan Filipina.

Ketika membahas faktor pendorong dari emisi karbon dioksida, banyak aspek yang perlu untuk diperhatikan. Faktor-faktor antropogenik seperti penduduk, kegiatan ekonomi, teknologi, politik, dan keyakinan menjadi salah satu faktor utama dari cepatnya pertumbuhan emisi karbon dioksida (Dietz & A Rosa, 1997) dalam Hariani et al., (2022). Ditinjau dari kelima faktor tersebut, penduduk, pendapatan, dan teknologi dianggap menjadi pendorong utama dari emisi karbon dioksida. Model IPAT (*Impact, Population, Affluence, Technology*) menjadi model yang dikenal sebagai formulasi dari ketiga faktor tersebut. Sifat model yang sederhana dan sistematis membuat Model IPAT dapat digunakan untuk mengukur segala jenis dampak lingkungan. Menurut Dietz & A Rosa, (1997) dalam Hariani et al., (2022) yang membuat model tersebut sederhana adalah karena adanya faktor antropogenik yang dapat mempengaruhi dampak lingkungan, kemudian dapat dikatakan sistematis karena ada hubungan matematis antara faktor antropogenik dengan dampak lingkungan.

Hasil penelitian menggunakan model IPAT ini sudah banyak digunakan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Chontanawat, (2018) didapatkan hasil bahwa pertumbuhan penduduk dan pendapatan per kapita memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya pertumbuhan pada emisi karbon dioksida. Penelitian lain dilakukan oleh Mansoor & Sultana, (2018) dengan judul *Impact of Population, GDP and Energy Consumption on Carbon Emissions: Evidence from Pakistan Using an Analytic Tool IPAT*. Hasilnya menegaskan bahwa pertumbuhan populasi dan permintaan energi keduanya meningkatkan emisi CO₂, sedangkan hubungan antara PDB dan emisi CO₂ adalah negatif dalam jangka panjang, karena pengembangan teknologi baru rendah karbon memungkinkan suatu negara untuk mencapai tingkat produksi yang sama tetapi pada tingkat yang sama.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka akan dianalisis faktor-faktor yang mempengaruhi emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru selama tahun 2000-2020. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menguji pengaruh emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru yang ditinjau dari faktor laju pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pendapatan per kapita, keterbukaan perdagangan, dan jumlah pengguna internet. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan kajian dan pertimbangan pemerintah dalam merumuskan kebijakan untuk menekan peningkatan emisi karbon.

B. METODE

Jenis penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan bentuk data sekunder yang mencakup 10 Negara Industri Baru (Afrika Selatan, Brazil, China, Filipina, India, Indonesia, Meksiko, Malaysia, Thailand, dan Turki) dengan rentang waktu tahun 2000-2020. Sumber data dalam penelitian ini diambil dari *World Bank* dengan data yang diambil adalah *Total CO2 Emission (kt)*, *population growth (annual percent)*, *urban population*, *GDP per capita (current US\$)*, *trade openness (percent of GDP)*, dan *Individuals using the internet (percent of population)*. Teknik pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan metode statistik melalui aplikasi perangkat lunak komputer pengolah angka *STATA 17*.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis regresi. Analisis regresi mempelajari tentang bergantungnya suatu variabel pada variabel lain (Gujarati, 2013). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi data panel. Pengolahan data pada regresi data panel merupakan penggabungan data *cross section* dan *time series*. *Cross section* adalah pengambilan data pada suatu daerah dan hanya di periode tertentu, sedangkan *time series* merupakan data runtut waktu sehingga tahun yang digunakan harus berurutan dan berkelanjutan.

Model IPAT menjadi model empiris yang digunakan dalam penelitian ini. Persamaan model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut $I = f(P, A, T)$. Kemudian, persamaan model pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CO2_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LJP_{it} + \beta_2 URB_{it} + \beta_3 LnPDB_{it} + \beta_4 KEP_{it} + \beta_5 JPI_{it} + \varepsilon_{it}$$



Dimana:

CO ₂	: Emisi Karbon Dioksida (kt)
α	: Konstanta
LJP	: Laju Pertumbuhan Penduduk (%)
URB	: Populasi Penduduk Perkotaan (%)
LnPDB	: Produk Domestik Bruto per Kapita Logaritma Natural (%)
KEP	: Keterbukaan Perdagangan (%)
JPI	: Jumlah Pengguna Internet (%)
β (1,2,3,4,5)	: Koefisien regresi masing-masing variabel independent
t	: Waktu
i	: 10 Negara Industri Baru
ε	: <i>error term</i>

Terdapat tiga jenis teknik estimasi model regresi data panel, diantaranya *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Model-model yang digunakan dalam melakukan estimasi regresi data panel diantaranya (Gujarati, 2013):

- a. *Common Effect Model* merupakan teknik yang hanya mengkombinasikan data *time series* bersama data *cross section* dengan tidak memperhatikan dimensi individu ataupun antar waktu (*time invariant*). Pada model ini diasumsikan bahwa perilaku data antar negara sama dalam berbagai kurun waktu.
- b. *Fixed Effect Model* memperhitungkan kemungkinan peneliti menghadapi masalah *omitted variable*, dimana variabel tersebut dapat membaca perubahan pada *intercept time series* atau *cross section*. Dalam metode FEM ditambahkan *dummy variable* untuk mengizinkan adanya perubahan *intercept*. *Variable dummy* tersebut berguna untuk menangkap adanya perbedaan *intercept* antar *cross section*. Metode tersebut juga mengasumsikan bahwa koefisien regresi (*slope*) tetap antar negara dan antar waktu. Akan tetapi, metode ini membawa kelemahan yaitu berkurangnya derajat kebebasan (*degree of freedom*) yang pada akhirnya mengurangi efisiensi parameter.
- c. *Random Effect Model* merupakan model estimasi data panel dengan cara menghitung perbedaan antar individu dan waktu yang digambarkan melalui



intercept, jadi pada model tersebut diakomodasikan melalui *error*. Teknik ini juga memperhitungkan kemungkinan *error* berkorelasi sepanjang *time series* dan *cross section*.

Pada pemilihan model regresi data panel terdapat 6 jenis pengujian, yaitu Uji Chow, Uji Hausman, Uji Lagrange Multiplier, Uji Statistik, Uji F, dan Uji t. Uji Chow berguna menguji atau menentukan model terbaik antara *Common Effect Model* dengan *Fixed Effect Model*. Adapun ketentuan dalam Uji Chow yakni H_0 merupakan *common effect* dan H_a merupakan *Fixed Effect Model*. Apabila hasil probabilitas lebih kecil daripada 0,05 maka penolakan terhadap H_0 ditolak serta penerimaan terhadap H_a . Sehingga terpilih *Fixed Effect Model*.

Uji Hausman berguna menguji atau menentukan model terbaik antara *Fixed Effect Model* dengan *Random Effect Model*. Caranya yaitu dengan data yang sudah terkumpul, diregresikan dengan *Random Effect Model*, setelah itu data tersebut akan dibandingkan. Ketentuannya yakni H_0 merupakan *Random Effect Model* dan H_a merupakan *Fixed Effect Model*. Apabila probabilitas yang dihasilkan lebih kecil daripada 0,05, maka terjadi penolakan terhadap H_0 dan penerimaan H_a sehingga terpilih *Fixed Effect Model*.

Uji LM berguna menguji atau menentukan model terbaik antara *Common Effect Model* dengan *Random Effect Model*. Ketentuannya yakni H_0 merupakan *common effect model* dan H_a merupakan *Random Effect Model*. Apabila probabilitas yang dihasilkan lebih kecil daripada 0,05, maka terjadi penolakan terhadap H_0 dan penerimaan terhadap H_a . Sehingga terpilih *Random Effect Model*.

Uji t dilakukan untuk melihat dan mengukur tingkat signifikansi dari setiap variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial dengan melakukan perbandingan antara t_{hitung} dan t_{tabel} (Ghozali, 2018). Tingkat signifikansinya yakni $\alpha = 0,05$. Pengujian ini juga dapat dilakukan dengan cara melihat nilai probabilitas (*p-value*) setiap variabel. Apabila nilai probabilitasnya $< (1\%, 5\%, \text{ atau } 10\%)$, maka variabel bebas tersebut signifikan mempengaruhi variabel terikat karena berada pada daerah penolakan.

Uji F Statistik pada penelitian digunakan untuk mengidentifikasi apakah seluruh variabel bebas secara bersama-sama (simultan) memberikan pengaruh pada variabel terikat dengan tingkat signifikansi 5%. Nilai F tabel yang akan dibandingkan dengan F hitung diperoleh dengan melakukan penghitungan pada df_1 dan df_2 , serta melihat pada F tabel. Apabila F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak dan memiliki arti bahwa variabel independen secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap emisi CO₂.

Koefisien determinasi (R^2) menggambarkan sejauh mana variabel dependen dalam suatu model dapat diuraikan oleh variabel independen. Nilai R^2 berkisar 0-1, apabila mendekati nilai 1, maka model dapat menjelaskan variasi variabel independen pada variabel dependen. Artinya, model tersebut sudah tepat. Namun, apabila nilai yang diperoleh dari koefisien determinasi menjauhi nilai 1, maka model tersebut kurang dapat melihat dan menjelaskan variasi dari variabel independen pada variabel dependen (Ghozali, 2018).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1. Hasil Analisis Regresi

Hasil analisis regresi linier menggunakan STATA 17 meliputi regresi *common effect model*, *fixed effect model*, dan *random effect model* yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Estimasi

Variabel	Koefisien		
	CEM	FEM	REM
LJP	-0.2208205	0.6930322	0.6483946
URB	-0.1675939	0.0594764	0.0264043
LnPDB	3.510.277	3.105.723	3.244.229
KEP	-0.0272521	0.0048761	0.0029934
JPI	0.0181159	-0.0165962	-0.0129306
Prob (f-statistic)	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Sumber : Hasil olahan STATA 17, 2023

Tabel 2. Hasil Uji Chow

Uji Kesesuaian Model	F(9, 195)	Prob > F	Hasil
Uji Chow	310,70	0,0000	<i>Fixed Effect Model (FEM)</i>

Sumber : Hasil olahan STATA 17, 2023

Dari hasil pengujian Uji Chow yang dilakukan, terlihat bahwa hasil pada Tabel 2 menunjukkan Uji Chow memberikan hasil yang signifikan, yaitu memberikan *probability* sebesar 0,0000 lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah menolak H_0 dan menerima H_a dengan model yang digunakan adalah *Fixed Effect Model (FEM)*.

Tabel 3. Hasil Uji Hausman

Uji Kesesuaian Model	Chi ²	Prob > chi ²	Hasil
Uji Hausman	361,11	0,0000	<i>Fixed Effect Model (FEM)</i>

Sumber : Hasil olahan STATA 17, 2023

Dari hasil pengujian hausman yang dilakukan, terlihat bahwa hasil pada Tabel 3 tersebut memiliki Prob>chi² sebesar 0,0000, lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ artinya memberikan hasil yang signifikan. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah dikarenakan hasil pengujian memiliki p-value yang lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, maka menolak H_0 dan menerima H_a dengan model yang digunakan adalah *Fixed Effect Model (FEM)*.

C.2. Hasil Regresi Data Panel

Pada Tabel 4 berikut ini dijelaskan bahwa uji *goodness of fit* dari nilai uji F-statistic menunjukkan hasil positif dan signifikan. Hasil regresi data lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Fixed Effect Model*

Variabel	Koefisien	Standar eror	z	Probabilitas
LJP	0.6930322	0.1819936	3.81	0.000
URB	0.0594764	0.0204937	2.90	0.003
LnPDB	3.105723	0.2977276	10.43	0.000
KEP	0.0048761	0.0029355	2.66	0.085
JPI	-0.0165962	0.0031897	-5.20	0.000
Cons	-30.76533	1.931.851	-15.16	0.000
R-squared:				
Within : 0,6708				
Between : 0,0494				
Overall : 0,0182				
F(5,195) : 79,47				
Prob > F : 0.0000				

Sumber: Hasil Olahan STATA 17, 2023

Hasil dari *F-statistic* sebesar 79,47 dengan nilai probabilitasnya 0,0000. Dengan hasil tersebut menandakan bahwa nilai probabilitasnya kurang dari $\alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa variabel independen dapat diestimasi dengan model yang digunakan, dan secara bersama-sama variabel independent dapat mempengaruhi variabel dependen secara signifikan. Variabel LJP, URB, LnPDB, KEP, dan memiliki pengaruh yang positif terhadap CO₂, sedangkan variabel JPI memiliki pengaruh yang negatif terhadap CO₂. Kemudian, dari hasil nilai probabilitasnya variabel LJP, URB, LnPDB, JPI, dan KEP berpengaruh signifikan terhadap CO₂.

1. Uji t (Parsial)

Tabel 5. Uji t (Parsial)

Variabel	t_{tabel}	t_{hitung}
LJP	1,97	3,81
URB	1,97	2,90
LnPDB	1,97	10,43
KEP	1,97	2,66
JPI	1,97	-5,20

Sumber : Hasil olahan STATA 17, 2023

Berdasarkan Tabel 5, terlihat nilai t_{hitung} dari laju pertumbuhan penduduk sebesar 3,81, bila dibandingkan dengan t_{tabel} sebesar 1,97166, maka hasil yang didapatkan $t_{hitung} > t_{tabel}$. Sehingga terbukti bahwa laju pertumbuhan penduduk berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida. Nilai t_{hitung} dari urbanisasi sebesar 2,90, bila dibandingkan dengan t_{tabel} sebesar 1,97166, maka hasil yang didapatkan $t_{hitung} > t_{tabel}$. Sehingga terbukti bahwa urbanisasi berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida. Nilai t_{hitung} dari pendapatan per kapita sebesar 10,43, bila dibandingkan dengan t_{tabel} sebesar 1,97166, maka hasil yang didapatkan $t_{hitung} > t_{tabel}$. Sehingga terbukti bahwa pendapatan per kapita berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida. Nilai t_{hitung} dari pendapatan per kapita sebesar 2,66, bila dibandingkan dengan t_{tabel} sebesar 1,97166, maka hasil yang didapatkan $t_{hitung} > t_{tabel}$. Sehingga terbukti bahwa pendapatan per kapita berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida. Nilai t_{hitung} dari pendapatan per kapita sebesar -5,20, bila dibandingkan dengan t_{tabel} sebesar 1,97166, maka hasil yang didapatkan $t_{hitung} < t_{tabel}$. Sehingga terbukti bahwa jumlah pengguna internet berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida.

2. Uji F (Simultan)

Tabel 6. Hasil Uji F (Simultan)

Kategori	Nilai
F(5,205)	79,47
Prob > F	0.0000

Sumber : Hasil olahan STATA 17, 2023

Berdasarkan Tabel 6 dapat dijelaskan bahwa nilai F_{hitung} yang didapatkan sebesar 79,47 yang mana lebih besar dari F_{tabel} sebesar 2,26. Kemudian, dapat diketahui juga bahwa nilai probabilitas yang dihasilkan sebesar 0,0000 yang artinya nilai lebih kecil dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Sehingga dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadi penolakan H_0 , maka dari itu secara bersama-sama (simultan) laju pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pendapatan per kapita, keterbukaan perdagangan, dan jumlah pengguna internet terbukti berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020.

3. Koefisien Determinasi (R^2)

Tabel 7. Hasil Uji Koefisien Determinasi

R Squared	Nilai
Within	0,6708

Sumber: Hasil Olah STATA 17, 2023

Berdasarkan Tabel 7 hasil koefisien determinasi (R^2) menunjukkan nilai sebesar 0,6708. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel emisi karbon dioksida (CO_2) dapat dijelaskan oleh variabel laju pertumbuhan penduduk (LJP), urbanisasi (URB), pendapatan per kapita (PDB), keterbukaan perdagangan (KEP), dan jumlah pengguna internet (JPI) sebesar 67,08%, sedangkan sisanya sebesar 32,92% dijelaskan oleh variabel lain di luar model.



C.3. Pembahasan

1. Pengaruh Laju Pertumbuhan Penduduk Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru

Berdasarkan hasil estimasi, ditemukan bahwa laju pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai koefisien yang dihasilkan LJP yaitu sebesar 0.6930322, yang menunjukkan adanya hubungan positif. Dengan demikian dapat diartikan bahwa setiap kenaikan laju pertumbuhan penduduk sejumlah 1 persen, membuat emisi karbon dioksida meningkat sejumlah 0.6930322 kilo ton. Kemudian, pengaruh yang signifikan dibuktikan dengan nilai probabilitas dan Uji t yang menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari $\alpha = 0,05$ dan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Maka dari itu, terbukti bahwa laju pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020. Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis dari penelitian ini.

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Mansoor & Sultana, (2018), Ohlan, (2015), Chontanawat, (2018), I. Sari & Karimi, (2022), dan Mohammadi et al., (2020) mendapatkan hasil yang positif dan signifikan dalam menjelaskan hubungan populasi yang diukur dengan laju pertumbuhan penduduk terhadap emisi karbon dioksida. Penelitian dari Ohlan (2015), menerangkan bahwa dampak kepadatan populasi terhadap emisi karbondioksida di India selama periode 1970-2013 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata negara berkembang lainnya.

Laju pertumbuhan penduduk di Negara Industri Baru selama tahun 2000-2020 cenderung mengalami penurunan. Namun, Afrika Selatan mengalami peningkatan laju pertumbuhan penduduk dengan peningkatan tertinggi terjadi pada tahun 2014 sebesar 1,58 persen. Akan tetapi, dengan adanya penurunan tersebut setiap negara tetap bertambah populasi penduduknya. Dengan kondisi tersebut laju pertumbuhan penduduk memberikan kontribusi yang kuat terhadap perkembangan emisi karbon dioksida karena adanya pertumbuhan penduduk menyebabkan



aktivitas-aktivitas manusia juga meningkat seiring dengan pertumbuhan tersebut (M. Sari et al., 2022).

2. Pengaruh Urbanisasi Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru

Berdasarkan hasil estimasi, ditemukan bahwa urbanisasi memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai koefisien yang dihasilkan URB yaitu sebesar 0.0594764, yang menunjukkan adanya hubungan positif. Dengan demikian dapat diartikan bahwa setiap kenaikan urbanisasi sejumlah 1 persen, membuat emisi karbon dioksida meningkat sejumlah 0.0594764 kilo ton. Kemudian, pengaruh yang signifikan dibuktikan dengan nilai probabilitas dan Uji t yang menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari $\alpha = 0,05$ dan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Maka dari itu, terbukti bahwa urbanisasi memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020. Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis dari penelitian ini.

Hasil penelitian tersebut didukung oleh penelitian Ali et al., (2019) yang menyatakan urbanisasi ditemukan meningkatkan emisi karbon baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek. Awan et al., (2022) juga membuktikan bahwa urbanisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di India. Perkotaan memiliki kepadatan penduduk yang lebih tinggi dan kebutuhan energi yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan transportasi, bangunan, dan infrastruktur. Peningkatan aktivitas industri dan komersial juga terjadi di perkotaan. Semua ini berkontribusi pada peningkatan emisi CO₂.

Pertumbuhan populasi perkotaan yang cepat di Negara Industri Baru dapat menyebabkan penambahan lahan dan penggundulan hutan untuk membangun infrastruktur perkotaan, seperti pemukiman, jalan raya, dan bangunan komersial. Hal ini mengakibatkan hilangnya habitat alami, kerusakan ekosistem, dan kehilangan keanekaragaman hayati. Selain itu, urbanisasi juga dapat berdampak pada kualitas udara dan polusi. Kondisi tersebut diperkuat oleh penelitian dari Mansur, (2014) mengungkapkan bahwa dampak urbanisasi terhadap lingkungan



mengakibatkan lahan hijau di kota semakin sempit dan pencemaran udara karena polusi semakin tinggi.

3. Pengaruh Pendapatan Per Kapita Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru

Berdasarkan hasil estimasi, ditemukan bahwa pendapatan per kapita memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai koefisien yang dihasilkan LnPDB yaitu sebesar 3.105723, yang menunjukkan adanya hubungan positif. Dengan demikian dapat diartikan bahwa setiap kenaikan pendapatan per kapita sejumlah 1 persen, membuat emisi karbon dioksida meningkat sejumlah 3.105723 kilo ton. Kemudian, pengaruh yang signifikan dibuktikan dengan nilai probabilitas dan Uji t yang menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari $\alpha = 0,05$ dan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Maka dari itu, terbukti bahwa pendapatan per kapita memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020.

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Shah et al., (2022) bahwa pendapatan per kapita merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap degradasi lingkungan. Chontanawat, (2018) juga menyatakan bahwa pendapatan per kapita memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya pertumbuhan pada Emisi CO₂ di Thailand. Penguatan dari hasil penelitian tersebut juga dapat dilihat dari hasil penelitian Mohammadi et al., (2020) bahwa *produkt domestik bruto* per kapita berkorelasi positif terhadap emisi CO₂. Variabel PDB per kapita mendorong peningkatan CO₂ sebesar 2,35 persen di Afganistan.

Pertumbuhan ekonomi di Negara Industri Baru memang tercatat tumbuh secara pesat hingga kini. Dari arti pertumbuhan ekonomi yang dijadikan sebagai proses dalam meningkatkan pendapatan per kapita, dimana pendapatan per kapita sendiri digambarkan sebagai indikator kesejahteraan secara ekonomi. Peningkatan kesejahteraan ini terkadang dinilai baik bagi sisi perekonomian, namun dinilai buruk dalam sisi lingkungan. Ketika kesejahteraan naik, masyarakat akan



berkeinginan untuk bisa mendapatkan berbagai kebutuhan yang diinginkan. Hal ini akan memicu kenaikan permintaan kebutuhan dan peningkatan produksi untuk menghasilkan barang atau jasa yang diminta tersebut. Peningkatan produksi barang dan jasa akan membawa ke arah industrialisasi dimana konsumsi energi yang digunakan sebagai bahan bakar penggerak mesin industri terus meningkat. Wang et al., (2016) berpendapat bahwa konsumsi energi menjadi faktor penting di dalam pertumbuhan ekonomi karena sifatnya tidak dapat tergantikan selama proses industrialisasi. Tong et al., (2020) menemukan penyebab tingginya emisi karbon dioksida adalah konsumsi energi yang terus meningkat sehingga berdampak juga pada permasalahan pemanasan global di negara E7 (Tiongkok, India, Indonesia, Brasil, Rusia, Meksiko dan Turki).

4. Pengaruh Keterbukaan Perdagangan Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru

Berdasarkan hasil estimasi, ditemukan bahwa keterbukaan perdagangan memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai koefisien yang dihasilkan KEP yaitu sebesar 0.0048761, yang menunjukkan adanya hubungan positif. Dengan demikian dapat diartikan bahwa setiap kenaikan keterbukaan perdagangan sejumlah 1 persen, membuat emisi karbon dioksida meningkat sejumlah 0.0048761 kilo ton. Kemudian, pengaruh yang signifikan dibuktikan dengan nilai probabilitas dan Uji t yang menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari $\alpha = 0,05$ dan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Maka dari itu, terbukti bahwa keterbukaan perdagangan memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020. Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis dari penelitian ini.

Hasil penelitian tersebut didukung oleh penelitian dari Ohlan, (2015) yang menyatakan bahwa dalam jangka pendek dan jangka panjang keterbukaan perdagangan (*trade openness*) terbukti berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida. Shah et al., (2022) juga menyatakan bahwa keterbukaan perdagangan berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida. Meningkatnya perdagangan internasional menyebabkan peningkatan produksi dan konsumsi barang, yang



berarti peningkatan penggunaan sumber daya alam seperti energi, air, dan bahan baku. Jika produksi tersebut tidak dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip keberlanjutan, dapat terjadi degradasi lingkungan.

Kondisi keterbukaan perdagangan di Negara Industri Baru cenderung mengalami perkembangan secara fluktuatif. Malaysia dan Thailand mengalami pertumbuhan yang negatif dikarenakan lesunya tingkat ekspor dari kedua negara selama beberapa tahun terakhir. Sementara negara lainnya cenderung mengalami peningkatan yang lambat. Timbulnya aktivitas perdagangan internasional ini menyebabkan produksi dan konsumsi barang meningkat. Peningkatan tersebut akan mengakibatkan sumbangan emisi karbon dioksida juga semakin besar.

5. Pengaruh Jumlah Pengguna Internet Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru

Berdasarkan hasil estimasi, ditemukan bahwa jumlah pengguna internet memiliki pengaruh yang negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai koefisien yang dihasilkan JPI yaitu sebesar -0.0165962, yang menunjukkan adanya hubungan negatif. Dengan demikian dapat diartikan bahwa setiap kenaikan keterbukaan perdagangan sejumlah 1 persen, membuat emisi karbon dioksida mengalami penurunan sejumlah 0.0165962 kilo ton. Kemudian, pengaruh yang signifikan dibuktikan dengan nilai probabilitas dan Uji t yang menunjukkan bahwa probabilitas kurang dari $\alpha = 0,05$ dan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Maka dari itu, terbukti bahwa jumlah pengguna internet memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020.

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Salahuddin & Alam, (2015) yang menyatakan ada hubungan positif yang signifikan antara penggunaan internet dan emisi CO₂ di negara-negara OECD dalam jangka panjang namun dalam jangka pendek penggunaan internet memiliki hubungan yang negatif terhadap emisi CO₂. Penelitian ini juga dikuatkan oleh Awan et al., (2022) yang mengungkapkan bahwa teknologi komunikasi informasi yang diprosikan dengan penggunaan internet mengurangi degradasi lingkungan secara signifikan



pada tingkat kuantil 0,25-0,95. Internet berkontribusi terhadap transformasi di dunia digital yang membantu masyarakat untuk mengefisi dan mengefektifkan pekerjaannya.

Menurut Salahuddin & Alam, (2015) teknologi dan perangkat yang lebih efisien energi telah dikembangkan untuk mengakses internet. Misalnya, penggunaan perangkat yang hemat energi dan server data yang efisien dapat mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan. Pengguna internet dapat menggunakan platform online untuk mendapatkan akses ke informasi dan pengetahuan tentang isu-isu lingkungan. Dengan demikian, pengguna internet dapat menjadi agen perubahan yang sadar lingkungan dan berpartisipasi dalam gerakan lingkungan.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laju pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan bahwa jika laju pertumbuhan penduduk di Negara Industri Baru mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi karbon dioksida.
2. Urbanisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan bahwa jika urbanisasi di Negara Industri Baru mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi karbon dioksida.
3. Pendapatan per kapita memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan bahwa jika pendapatan per kapita di Negara Industri Baru mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi karbon dioksida.
4. Keterbukaan perdagangan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Pengaruh dengan arah yang positif ini dapat diartikan



bahwa jika keterbukaan perdagangan di Negara Industri Baru mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan kenaikan emisi karbon dioksida.

5. Jumlah pengguna internet memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Pengaruh dengan arah yang negatif ini dapat diartikan bahwa jika jumlah pengguna internet di Negara Industri Baru mengalami kenaikan, maka akan diikuti juga dengan penurunan emisi karbon dioksida.
6. Laju pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pendapatan per kapita, keterbukaan perdagangan, dan jumlah pengguna internet secara simultan (bersama-sama) berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara Industri Baru tahun 2000-2020.

Sedangkan saran yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah perlu membuat kebijakan untuk dapat mengontrol peningkatan laju pertumbuhan penduduk melalui program pengendalian kelahiran dan keluarga berencana.
2. Pemerintah sebagai pemangku kebijakan perlu membuat kebijakan yang progresif atas peningkatan urbanisasi dengan cara meningkatkan produktivitas masyarakat desa dan pembatasan jumlah perpindahan masyarakat. Kebijakan penggunaan transportasi umum di perkotaan juga perlu dilakukan agar mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dalam hal mobilitas penduduk perkotaan.
3. Pemerintah perlu melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap pola perekonomian masyarakat. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari membludaknya produktivitas ekonomi (produksi manufaktur) akibat dari jumlah permintaan kebutuhan yang terus naik. Peran industri dalam memproduksi barang dan jasa juga perlu memperhatikan konsumsi energi yang ramah lingkungan agar emisi karbondioksida dapat dikendalikan.
4. Pemerintah sebagai pemangku kebijakan diharapkan dapat menetapkan dan mengimplementasikan kebijakan ataupun peraturan terkait emisi karbon dioksida, termasuk pengenaan pajak karbon, regulasi emisi kendaraan, dan standar efisiensi energi bagi industri.



5. Pemerintah diharapkan mampu mendorong penggunaan teknologi digital dan telekomunikasi untuk mengurangi kebutuhan akan perjalanan fisik, seperti kerja jarak jauh, rapat virtual, dan e-commerce. Ini dapat mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari transportasi dan penggunaan energi dalam infrastruktur fisik. Penggunaan teknologi tersebut tentunya diimbangi dengan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan.
6. Negara Industri Baru harus berkomitmen untuk mendorong kerjasama internasional dalam mengurangi emisi karbon dioksida, termasuk berbagi teknologi dan pengetahuan, serta partisipasi dalam perjanjian global.
7. Untuk peneliti berikutnya, diharapkan dapat menambah variabel lain yang mempengaruhi emisi karbon dioksida dan juga dapat menggunakan model analisis yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R., Bakhsh, K., & Yasin, M. A. (2019). Impact of urbanization on CO₂ emissions in emerging economy: Evidence from Pakistan. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101553>
- Awan, A., Abbasi, K. R., Rej, S., Bandyopadhyay, A., & Lv, K. (2022). The impact of renewable energy, internet use and foreign direct investment on carbon dioxide emissions: A method of moments quantile analysis. *Renewable Energy*, 189, 454–466. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.017>
- Chontanawat, J. (2018). Decomposition analysis of CO₂ emission in ASEAN: An extended IPAT model. *Energy Procedia*, 153, 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.057>
- Delmas, M. A., Kahn, M. E., & Locke, S. L. (2017). The private and social consequences of purchasing an electric vehicle and solar panels: Evidence from California. *Research in Economics*, 71(2), 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2016.12.002>
- Dietz, T., & Rosa, E. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *PNAS*, 94(1), 175–179. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.1.175>
- Fougères, D., Jones, M., McElwee, P. D., Andrade, A., & Edwards, S. R. (2022). Transformative conservation of ecosystems. *Global Sustainability*, 5, 1-14. <https://doi.org/10.1017/sus.2022.4>



- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. (2013). *Dasar-Dasar Ekonometrika* (5th ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Hariani, E., Febriyastuti, R., & Tamonsang, M. (2022). Analysis of Factors that Affect CO₂ Emissions in 5 ASEAN Country in 2011-2018. *Optimum: Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 12(1), 76–86. <https://doi.org/10.12928/optimum.v12i1.5824>
- Mansoor, A., & Sultana, B. (2018). Impact of Population, GDP and Energy Consumption on Carbon Emissions: Evidence from Pakistan Using an Analytic Tool IPAT. *Asian Journal of Economics and Empirical Research*, 5(2), 183–190. <https://doi.org/10.20448/journal.501.2018.52.183.190>
- Mansur. (2014). Problematika Urbanisasi. *Al-Munzir*, 7(1), 71–82. <http://dx.doi.org/10.31332/am.v7i1.270>
- Mohammadi, A., Burhan, A. A., & Mangal, R. (2020). Impact of Population and Economic Growth on CO₂ Emission (Case of Afghanistan). *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 7(10), 368–378.
- Ohlan, R. (2015). The Impact of Population Density, Energy Consumption, Economic Growth and Trade Openness on CO₂ Emissions in India. *Natural Hazards*, 79(2), 1409–1428. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1898-0>
- Pata, U. K. (2018). The effect of urbanization and industrialization on carbon emissions in Turkey: evidence from ARDL bounds testing procedure. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7740–7747. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1088-6>
- Salahuddin, M., & Alam, K. (2015). Internet usage, electricity consumption and economic growth in Australia: A time series evidence. *Telematics and Informatics*, 32(4), 862–878. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.04.011>
- Sari, I., & Karimi, K. (2022). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk dan Konsumsi Energi terhadap Degradasi Lingkungan di Indonesia. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Economics, Bung Hatta University*, 21(3), 12–13.
- Sari, M., Siswanti, T., Ayani Suparto, A., Jonata, Ftriana Ambarsari, I., Azizah, N., Safitri, W., Hasanah, N., Agusti, Gravitiani, E., & Andalia, N. (2022). *Metodologi Penelitian* (A. Yanto (ed.)). Global Eksekutif Teknologi.
- Shah, S. A. A., Shah, S. Q. A., & Tahir, M. (2022). Determinants of CO₂ emissions: exploring the unexplored in low-income countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(32), 48276–48284. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19319-3>



- SOS, T. Sudarman, S. Tj., Ananta, P., Suryadi, W., Tat, Ong Po., Gunawan, T. (2011). *Pemanasan Global : Solusi dan Peluang Bisnis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sukadri, D. S. (2016). *REDD+ dan LULUCF: Panduan untuk Negosiator*. Jakarta: UN-REDD Programme.
- Tong, T., Ortiz, J., Xu, C., & Li, F. (2020). Economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions in the E7 countries: a bootstrap ARDL bound test. *Energy, Sustainability and Society*, 10(20). <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00253-6>
- Triana, V. (2008). Pemanasan Global. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 2(2), 159-163. <https://doi.org/10.24893/jkma.v2i2.26>
- Wang, K., Zhu, B., Wang, P., & Wei, Y.-M. (2016). Examining the links among economic growth, energy consumption, and CO2 emission with linear and nonlinear causality tests. *Natural Hazards*, 81(2), 1147–1159. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2124-9>