



THE EFFECT OF DEMOGRAPHIC STRUCTURE ON CARBON DIOXIDE (CO₂) EMISSIONS: TOP EMITTERS CASE STUDY

Bela Nurrahmawati¹

Deni Kusumawardani² 

^{1,2}Department of Economics, Faculty of Economics and Business, Universitas Airlangga

ABSTRACT

This study aims to analyze how the demographic structure affects carbon dioxide (CO₂) emissions in Top Emitters, namely China, the United States, the European Union (EU-28), India, Indonesia, Russia, Brazil, Japan, Canada, and Mexico. This study uses panel data from ten countries stated in Top Emitters for the period 2000-2014 sourced from the World Resource Institute, World Bank and UNESCO Institute for Statistics. This study uses the Panel Data Regression method with the best model chosen is the Random Effect Model (REM) and four demographic structure variables, namely the dependency ratio, sex ratio, higher education ratio, industrial employment ratio. The results of this study indicate that the dependency ratio, sex ratio, higher education ratio, industrial employment ratio have a significant effect on carbon dioxide (CO₂) emissions in Top Emitters. The results of this study are expected to provide policies that can be implemented by the government.

Keywords: Demographic Structure, Top Emitters, Panel Data Regression Method

JEL : I25, O15, Q5

RIWAYAT ARTIKEL

Tanggal Masuk: 16 Maret 2021

Tanggal Revisi: 25 Mei 2021

Tanggal Diterima: 15 Juni 2021

Tersedia Online: 25 Juni 2021

*Korespondensi

Deni Kusumawardani

E-mail:

deniku@feb.unair.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana pengaruh struktur demografi terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) di Top Emitters yakni Cina, Amerika Serikat, Uni Eropa (UE-28), India, Indonesia, Rusia, Brasil, Jepang, Kanada, dan Meksiko. Penelitian ini menggunakan data panel sepuluh negara yang dinyatakan dalam Top Emitters selama periode 2000-2014 yang bersumber dari World Resource Institute, World Bank dan UNESCO Institute for Statistic. Studi ini menggunakan metode Regresi Data Panel dengan model terbaik yang terpilih adalah Random Effect Model (REM) dan empat variabel struktur demografi yaitu dependency ratio, sex ratio, higher education ratio, industrial employment ratio. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dependency ratio, sex ratio, higher education ratio, industrial employment ratio berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) di Top Emitters. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kebijakan yang dapat diimplementasikan oleh pemerintah.

Kata Kunci: Struktur Demografi, Top Emitters, Metode Regresi Data Panel

JEL : I25, O15, Q5

Pendahuluan

Pemanasan global telah menjadi isu lingkungan yang dihadapi masyarakat di seluruh dunia saat ini. *World Meteorological Organization-WMO (2018)* melaporkan bahwa kenaikan emisi GRK di atmosfer saat ini telah mencapai 146% lebih tinggi dibandingkan pada saat pra-industri. *World Resource Institute-WRI (2014)* melaporkan bahwa terdapat sepuluh negara yang menyumbang emisi CO₂ tertinggi. Negara tersebut dikelompokkan ke dalam kategori *Top Emitters* yang meliputi Cina, Amerika Serikat, Uni Eropa, India, Indonesia, Rusia, Brasil, Jepang, Kanada, dan Meksiko. Diantara negara-negara dalam Uni Eropa (UE-28), Jerman merupakan negara yang memiliki emisi tertinggi sebesar 816,64 MtCO₂. *Top Emitters* berkontribusi 75% terhadap total emisi global yang berasal dari *total including Land Use Change and Forestry (LUCF)* dan lainnya berasal dari *total excluding Land Use Change and Forestry (LUCF)*.

Konsentrasi emisi CO₂ di atmosfer berkembang pesat sebagai akibat dari beragamnya aktivitas manusia yang tidak berkelanjutan dan rendahnya tingkat kepedulian terhadap lingkungan (*Salam & Noguchi, 2005*). Adapun sumber emisi CO₂ sebagian besar diakibatkan oleh aktivitas manusia atau sering disebut dengan "*anthropogenic emission*", yaitu bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil yang mencapai 80% sedangkan sisanya 20% dari kegiatan lain (*Bongaarts, 1992; Schlesinger, 2005*).

Dietz & Rosa (1997) menyatakan bahwa peningkatan emisi CO₂ yang relatif cepat dapat disebabkan oleh beberapa faktor antropogenik yaitu (1) penduduk, (2) pendapatan, (3) teknologi, (4) politik dan ekonomi. Dari beberapa faktor tersebut, penduduk, pendapatan dan teknologi diyakini sebagai faktor pendorong meningkatnya emisi CO₂. Keterkaitan ketiga faktor tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk Model IPAT (*Impact Population Affluence Technology*). Model IPAT dapat digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap GRK dan semua perubahan lingkungan antropogenik.

Beberapa studi tentang pengaruh penduduk terhadap lingkungan lebih membahas mengenai jumlah penduduk, seperti *Dietz & Rosa (1997); Shi (2003); York et al., (2003)*. Sementara studi yang lain lebih mengembangkan pada jumlah penduduk dengan aspek demografi. *Cole & Neumayer (2004)* memasukkan struktur umur (*age structure*) seperti penduduk berusia di bawah 14 tahun dan penduduk berusia 15-64 tahun. Sedangkan beberapa studi terbaru juga mulai mengembangkan aspek demografi melalui beberapa indikator. *Li & Zhou (2019)* di China menggunakan data panel tahun 1996-2015 memasukkan rasio ketergantungan (*dependency ratio*), rasio jenis kelamin (*sex ratio*), rasio tenaga kerja industri (*industrial employment ratio*), rasio pendidikan tinggi (*higher education ratio*). *Uddin (2014)* di Bangladesh menggunakan data *time series* tahun 1974-2010 memasukkan pendidikan (*education*). *Hassan & Salim (2015)* di 25 negara OECD menggunakan data panel tahun 1980-2009 memasukkan penduduk usia tua (*ageing*). *Guo et al. (2016)* di China menggunakan data panel tahun 2000-2013 memasukkan penduduk usia muda (*children*), penduduk usia tua (*elderly*), pendidikan tinggi (*collage*). *Li & Zhou (2019)* di China menggunakan data panel tahun 2005-2016 memasukkan rasio penduduk laki-laki dan perempuan (*gender*).

Secara umum, pengaruh dari beberapa studi-studi tersebut terdapat kesimpulan hasil yang sama untuk indikator demografi seperti variabel *sex ratio* dan *gender* (*Shijie Li & Zhou, 2019; Shiran Li et al., 2019*), *higher education ratio, education* (*Shijie Li & Zhou, 2019; Uddin, 2014*) yang berpengaruh positif terhadap polusi udara. Namun, terdapat perbedaan hasil untuk variabel *collage* (*Guo et al., 2016*) yang berpengaruh negatif terhadap polusi udara, sehingga dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh dari aspek demografi terhadap emisi CO₂ bervariasi diberbagai studi-studi yang telah dilakukan dan untuk negara-negara yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh struktur demografi terhadap emisi CO₂ yang mengacu pada penelitian [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) di China. Subjek penelitian ini menggunakan 10 negara yang dikategorikan ke dalam *Top Emitters* dan menggunakan data panel tahun 2000-2014. Penelitian mengenai pengaruh struktur demografi terhadap emisi CO₂ menarik untuk diteliti kembali dengan asumsi bahwa terdapat hasil yang bervariasi untuk beberapa studi-studi yang telah dilakukan.

Telaah Literatur

Karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu senyawa terpenting di atmosfer. CO₂ adalah total karbon yang dihasilkan dari keseluruhan antropogenik yang dapat merusak lingkungan serta menyebabkan ketidakseimbangan di atmosfer ([Azad et al., 2006](#)). Karbon dioksida dapat dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil melalui penggunaan sektor energi, industri manufaktur dan konstruksi, transportasi. Selain itu, CO₂ merupakan gas tidak berwarna yang dihasilkan dari semua makhluk hidup (manusia, tumbuhan, hewan) melalui proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan dalam fotosintesis ([Islam et al., 2017](#)). [Schelling \(1992\)](#) menjelaskan bahwa karbon dioksida dapat menahan inframerah yang ada pada sinar matahari, sehingga ketika inframerah yang tertahan oleh karbon dioksida yang membawa radiasi panas tidak dapat dipantulkan kembali oleh atmosfer bumi. Kemudian, radiasi panas tersebut terperangkap di bumi yang pada akhirnya menyebabkan *global warming*.

Beberapa teori menyatakan mengenai adanya pengaruh struktur demografi terhadap emisi CO₂. Beberapa penelitian atau studi empiris terdahulu seperti penelitian yang dilakukan oleh [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) dimana tujuan dari penelitiannya untuk menyelidiki dampak struktur demografi terhadap emisi CO₂ di China pada tingkat nasional dan regional periode 1996-2015. Dengan menggunakan empat variabel struktur demografi yaitu *dependency ratio*, *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio*. Penelitian ini menggunakan metode *Panel Cointegration Modelling* yang digunakan untuk menguji hubungan jangka panjang antara emisi CO₂ dan empat variabel struktur demografi. Hasilnya menunjukkan bahwa hubungan jangka panjang antara emisi CO₂ dan struktur demografis ada di tingkat nasional dan regional. *Dependency ratio* ditemukan memberikan hubungan negatif pada emisi CO₂ dan hubungan positif *sex ratio*, *higher education*, *industrial employment ratio* pada emisi.

Penelitian [Uddin \(2014\)](#) memiliki tujuan untuk menguji hubungan antara pendidikan, emisi CO₂ dan pertumbuhan ekonomi di Bangladesh periode 1974-2010. Teknik Vector Error Correction Mechanism (VECM) diterapkan untuk membangun hubungan jangka panjang dan jangka pendek antara variabel dalam model. Hasil temuannya menunjukkan hubungan positif yang kuat antara emisi CO₂ dan pendidikan. Hasil penelitian ini akan membantu untuk memahami dampak pertumbuhan ekonomi terhadap penurunan kualitas lingkungan dan mengelola emisi CO₂ dengan menciptakan kesadaran melalui pendidikan.

Terdapat teori yang menyatakan bahwa penduduk tua (*ageing*) dapat mengurangi emisi CO₂. Pernyataan ini didukung oleh penelitian [Hassan dan Salim \(2015\)](#), dimana tujuan dari penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh struktur usia terhadap emisi CO₂ di 25 negara OECD periode 1980-2010. Hasil empiris penelitian tersebut menunjukkan bahwa penduduk tua (*ageing*) mengurangi emisi CO₂ dalam jangka panjang. Dalam vektor kointegrasi menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, peningkatan 1 persen dalam populasi penduduk berusia lanjut akan mengurangi emisi CO₂ per kapita sebesar 1,55 persen. [Guo et al. \(2016\)](#) tujuan penelitian ini menganalisis perubahan struktur penduduk pada emisi CO₂ dengan menggunakan periode 2003-2012. Menggunakan model *Logarithmic Mean Divisia Index* (LMDI). Hasil

penelitian ini menunjukkan *elderly, children, college* berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂.

Perubahan dalam struktur penduduk, struktur pendidikan, dan struktur pekerjaan penduduk dapat mengurangi pertumbuhan emisi CO₂. Hal ini didukung oleh penelitian Shiran Li et al. (2019), penelitian ini bertujuan menunjukkan adanya pengaruh rasio penduduk laki-laki dan perempuan (*gender*) terhadap emisi CO₂ di China periode 2005-2016. Menggunakan metode *Bayesian Posterior Probability Model Structure Selection Method*. Penelitian menunjukkan bahwa rasio penduduk laki-laki dan perempuan (*gender*) berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Berdasarkan uraian latar belakang dan teori-teori di atas, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah *dependency ratio, sex ratio, higher education ratio, industrial employment ratio* berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan Model Regresi Data Panel. Dalam mengestimasi model regresi data panel ini dilakukan melalui tiga pendekatan, yaitu *Pooled Least Square (PLS)*, *Fixed Effect Model (FEM)*, dan *Random Effect Model (REM)*. Pendekatan kuantitatif ini dilakukan untuk mengestimasi kontribusi variabel *dependency ratio, sex ratio, higher education ratio* dan *industrial employment ratio* terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Data yang digunakan merupakan data panel dari beberapa negara di dunia, sedangkan pengujian dan analisis menggunakan "STATA 13". Model analisa pada penelitian ini mengacu pada penelitian Shijie Li & Zhou (2019) sebagai berikut:

$$LnCE_{it} = a + b \ln DR_{it} + c \ln SR_{it} + d \ln HER_{it} + e \ln IER_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Keterangan:

CE : Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

DR : *Dependency Ratio*

SR : *Sex Ratio*

HER : *Higher Education Ratio*

IER : *Industrial Employment Ratio*

α, b, c, d : Koefisien regresi

i : *Unit Cross Section*, yaitu negara emisi tertinggi (*Top Emitters*)

t : *Unit Time Series*, yaitu tahun 2000-2014

ε : *error term*

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder, meliputi data kuantitatif dan berbentuk panel. Jenis dan sumber data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Jenis dan Sumber Data

No	Nama Variabel	Jenis Data	Sumber Data
1	Emisi CO ₂ (CE)	Sekunder	<i>World Resource Institute</i>
2	<i>Dependency Ratio</i> (DR)	Sekunder	<i>World Bank</i>
3	<i>Sex Ratio</i> (SR)	Sekunder	<i>World Bank</i>
4	<i>Higher Education Ratio</i> (HER)	Sekunder	<i>Unesco Institute for Statistic</i>

No	Nama Variabel	Jenis Data	Sumber Data
5	Industrial Employment Ratio (IER)	Sekunder	World Bank

Pemilihan Model Panel

Uji Chow Test atau Uji F Statistic

Uji *chow test* dapat digunakan untuk memilih model terbaik antara PLS dan FEM. Dalam mengestimasi data panel penentuan pengujian ini menggunakan rumus:

$$F = \frac{(R^2_{ur} - R^2) / (m)}{(1 - R^2_{ur}) / (n - k)} \quad (2)$$

Keterangan:

R^2_r : R^2 model *Pooled Least Square* (PLS)

R^2_{ur} : R^2 model *Fixed Effect Model* (FEM)

m : jumlah *restricted variabel*

n : jumlah *sample*

k : jumlah variabel bebas

Dengan Hipotesis Uji *Chow Test* adalah sebagai berikut:

H_0 : Model *Pooled Least Square* (PLS)

H_1 : Model *Fixed Effect Model* (FEM)

Dalam rumus di atas, jika diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka nilai probabilitas $F < \alpha$ dengan tingkat signifikansi (0.01, 0.05 dan 0.1) menunjukkan H_0 ditolak atau tidak menerima teknik PLS. Kesimpulan dari hasil ini menunjukkan bahwa H_1 tidak ditolak atau menerima teknik *Fixed Effect Model* (FEM).

Uji Hausman

H_0 : Model *Random Effect Model* (REM)

H_1 : Model *Fixed Effect Model* (FEM)

Apabila dalam uji hausman nilai probabilitas $< \alpha$ maka menunjukkan H_0 ditolak atau tidak menerima teknik REM. Kesimpulan dari hasil ini menunjukkan bahwa H_1 tidak ditolak atau menerima teknik *Fixed Effect Model* (FEM). Namun sebaliknya, apabila uji hausman nilai probabilitas $> \alpha$ maka H_1 tidak ditolak atau menerima teknik REM.

Uji LM Test (*Breusch Pagan Langrangian Multiplier Test*)

Uji *LM Test* dapat digunakan untuk memilih antara PLS dan REM. Dengan membandingkan nilai probabilitas Chi-Square terhadap α (0.01, 0.05 dan 0.1). Hipotesis untuk menguji *LM Test* adalah:

H_0 : Model *Pooled Least Square* (PLS)

H_1 : Model *Random Effect Model* (REM)

Apabila dalam uji *LM Test* nilai probabilitas $< \alpha$ maka menunjukkan H_0 ditolak atau tidak menerima teknik PLS. Kesimpulan dari hasil ini menunjukkan bahwa H_1 tidak ditolak atau menerima teknik REM.

Uji Signifikansi Statistik

Setelah melakukan pengujian di atas, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan uji signifikansi statistik pada masing-masing variabel. Pengujian ini dilakukan dengan metode-metode sebagai berikut:

Uji t (Parsial)

Uji t sering dikenal sebagai uji parsial, pengujian ini digunakan untuk melihat pengaruh signifikansi koefisien masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun hipotesis dalam uji t adalah:

$H_0 : \beta_1 = 0$ (tidak ada pengaruh secara parsial variabel bebas terhadap variabel terikat)

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ (ada pengaruh secara parsial variabel bebas terhadap variabel terikat)

Secara umum pengujian ini dilakukan dengan melihat hasil regresi t hitung dengan t tabel. Jika nilai t hitung < t tabel maka dapat disimpulkan bahwa H_0 tidak ditolak dan H_1 diterima. Maka kesimpulannya, dimana variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat. Sebaliknya jika t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat.

Selain itu, uji t dapat dilakukan dengan melihat nilai probabilitas (*p-value*) pada masing-masing variabel. Jika nilai probabilitas < α (0.01, 0.05 dan 0.1) maka variabel bebas signifikan menjelaskan variabel terikat, karena berada pada daerah penolakan H_0 . Dimana semakin kecil α maka tingkat kesalahan rendah sehingga hasil yang diperoleh meyakinkan, begitu sebaliknya jika α yang digunakan semakin tinggi sehingga hasil yang diperoleh kurang meyakinkan.

Uji F (Simultan)

Uji F sering dikenal sebagai uji simultan, pengujian ini digunakan untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama. Adapun hipotesis dalam Uji F adalah:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$

H_1 : Paling tidak ada satu parameter $\beta \neq 0$

Secara umum pengujian dalam Uji F tidak jauh beda dengan Uji t, yaitu sama-sama melihat nilai F tabel dan probabilitas (*p-value*). Dalam Uji F dapat dilakukan dengan melihat hasil regresi F hitung dengan F tabel. Jika nilai F tabel < F hitung maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga secara simultan variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat. Selain itu pengujian F-statistik dapat dilakukan dengan melihat nilai probabilitasnya (uji *p-value*). Jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih kecil dari tingkat signifikan yaitu α (0.01, 0.05 dan 0.1) maka hasilnya berada pada daerah penolakan atau H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga variabel bebas secara simultan berpengaruh terhadap variabel terikat.

Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (*Goodness of Fit*) yang dinotasikan dengan R^2 merupakan suatu ukuran yang penting dalam sebuah regresi, karena dapat menginformasikan baik tidaknya model regresi yang melalui estimasi. Menurut Gujarati (2010:201) koefisien determinasi (R^2) mengukur proporsi atau persentase total variasi variabel terikat yang dijelaskan oleh model regresi. Nilai R^2 mencerminkan seberapa besar variasi dari variabel terikat yang dapat dijelas-

kan oleh variabel bebas, jika nilai $R^2=0$ yang artinya variabel terikat tidak dapat diterangkan oleh variabel bebas. Namun, jika $R^2=1$ yang artinya variabel terikat secara keseluruhan dapat diterangkan oleh variabel bebas. Dengan demikian, baik buruknya suatu persamaan regresi dapat ditentukan oleh R^2 yang memiliki nilai antara 0 dan 1.

Hasil Dan Pembahasan

Deskriptif Statistik Variabel

Tabel 2 menunjukkan bahwa variabel Emisi CO₂ memiliki rata-rata 2039 sedangkan nilai minimum 402.18 dan nilai maksimum 100016.83 dengan standart deviasi 2130.638. *Dependency ratio* memiliki rata-rata 49.625 sedangkan nilai minimum 35.5904 dan nilai maksimum 64.7402 dengan standart deviasi 6.95125. *Sex Ratio* memiliki rata-rata 98.49674 sedangkan nilai minimum 86.48314 dan nilai maksimum 107.7574 dengan standart deviasi 5.471569. *Higher Education Ratio* memiliki rata-rata 3.19 sedangkan nilai minimum 20604444 dan nilai maksimum 1.31 dengan standart deviasi 4.07. *Industrial Employment Ratio* memiliki rata-rata 24.33043 sedangkan nilai minimum 15.911 dan nilai maksimum 33.531 dengan standart deviasi 4.359674. Adapun analisis deskriptif tersebut disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan masing-masing variabel.

Tabel 2: Ringkasan Deskriptif Statistik Variabel

Variabel	Notasi	Obs	Mean	Min	Max	SD
Emisi CO ₂	CE	150	2039	402.18	10016.83	2130.638
<i>Dependency Ratio</i>	DR	150	49.62551	35.5904	64.7402	6.95125
<i>Sex Ratio</i>	SR	150	98.49674	86.48314	107.7574	5.471569
<i>Higher Eucaion Ratio</i>	HER	150	3.19e+07	2060444	1.31e+08	4.07e+07
<i>Industrial Employment Ratio</i>	IER	150	24.33043	15.911	33.531	4.359674

Sumber: Hasil Olahan STATA Versi 13

Analisis Model dan Pembuktian Hipotesis

Hasil Estimasi Regresi Data Panel

Tabel 3 merupakan hasil yang diperoleh dari pengolahan data panel menggunakan tiga metode estimasi diantaranya *Pooled Least Square* (PLS), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh struktur demografi terhadap emisi CO₂ pada tahun 2000-2014. Penelitian ini menggunakan satu variabel dependen yaitu emisi CO₂ (LnCE), dan empatvariabel independen yaitu *Dependency Ratio* (LnDR), *Sex Ratio* (LnSR), *Higher Education Ratio* (LnHER), *Industrial Employment Ratio* (LnIER).

Tabel 3: Hasil Estimasi Regresi Data Panel Panel (PLS, FEM, REM)

Variabel	PLS	FEM	REM
C	20.57858 (4.7493)	-57.91536 (16.96778)	-28.56231 (13.18994)
Dependency Ratio (lnDR)	-2.814766 (0.3450)***	-0.2865312 (0.3504)	-0.5793981 (0.3124)***
Sex Ratio (lnSR)	-1.651738 (1.0703)	11.42994 (3.9847)**	6.1788863 (3.1518)***
Higher Education Ratio (lnHER)	0.438917 (0.4769)***	0.6282545 (0.3028)***	0.3944071 (0.1797)***
Industrial Employment Ratio (lnIER)	-0.6511936 (0.2728)*	1.076763 (0.2164)***	0.999594 (0.2432)***
R-squared (R ²)	0.5987	0.2565	0.3178
Prob (F-stat)	0.0000	0.000	0.000
Observasi	150		

Sumber : Hasil Olahan STATA Versi 13

Keterangan: LnCE: Emisi CO₂ (); Standart Error, ***: Signifikan ($\alpha=10\%$)

Pemilihan Model Analisis

Tabel 4 menunjukkan uji *Chow Test* dan uji *Hausman Test* sesuai dengan hasil keputusan pemilihan metode regresi data panel maka diperoleh kesimpulan H0 ditolak karena prob uji Chow 0.000 yang berarti nilai probabilitas $0.000 < 0.1$ (α 10%) sehingga model yang terbaik yaitu FEM. Berdasarkan hasil uji *Hausman Test* maka diperoleh kesimpulan H0 diterima karena prob uji Hausman 0.7471 yang berarti nilai probabilitas $0.7471 > 0.1$ (α 10%) sehingga model yang terbaik yaitu REM. Selanjutnya, pembahasan dan analisis yang digunakan adalah *Random Effect Model* (REM).

Tabel 4: Hasil Uji Chow Test dan Uji Hausman Test

PLS atau FEM	FEM atau REM
H0 : PLS (<i>Pooled Least Square</i>)	H0 : REM (<i>Random Effect Model</i>)
H1 : FEM (<i>Fixed Effect Model</i>)	H1 : FEM (<i>Fixed Effect Model</i>)
Alpha (α) = 10%	Alpha (α) = 10%
Kriteria Pengujian:	Kriteria Pengujian:
H0 ditolak jika prob uji Chow <10%	H0 ditolak jika prob uji Hausman < 10%
H0 diterima jika prob uji Chow > 10%	H0 diterima jika prob uji Hausman > 10%
Kesimpulan :	Kesimpulan :
Prob Uji Chow= 0.000	Prob Uji Hausman= 0.7471
Jadi, H0 ditolak sehingga model yang terpilih adalah <i>Fixed Effect Model</i> (FEM)	Jadi, H0 diterima sehingga model yang terpilih adalah <i>Random Effect Model</i> (REM)

Sumber: Data diolah

Persamaan regresi dari pengaruh struktur demografi terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters* pada tahun 2000-2014 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\widehat{LnCE}_{it} = -28.6523 - 0.5794LnDR_{it} + 6.1789LnSR_{it} + 0.3944LnHER_{it} + 0.9996LnIER_{it} \quad (3)$$

Uji t (Parsial)

Uji t (parsial) digunakan untuk melihat pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Pada penelitian ini uji t dilakukan dengan cara membandingkan nilai probabilitas dengan tingkat signifikansinya ($\alpha = 0.01$ 0.05 0.1).

Tabel 5: Hasil Uji t-statistik REM

Variabel	Koefisien	Prob t-stat	Hubungan
<i>Dependency Ratio</i> (LnDR)	-0.5793981	0.064	Negatif (-)
<i>Sex Ratio</i> (LnSR)	6.178863	0.050	Positif (+)
<i>Higher Education Ratio</i> (LnHER)	0.3944071	0.028	Positif (+)
<i>Industrial Employment Ratio</i> (LnIER)	0.999594	0.000	Positif (+)

Sumber: Data diolah

Uji F (Simultan)

Hasil estimasi menunjukkan nilai probabilitas F-statistik sebesar 0.000 dengan signifikan pada 0.1 ($\alpha=10\%$). Berdasarkan uji F diperoleh kesimpulan bahwa variabel *dependency ratio*, *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio* secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel emisi CO₂ di *Top Emitters* tahun 2000-2014.

Koefisien Determinasi (R²)

Hasil estimasi menunjukkan nilai R² sebesar 0.3178, artinya 0.32 persen emisi CO₂ dipengaruhi oleh *dependency ratio*, *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio*, sisanya 0.68 persen dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai ini mengindikasikan bahwa model tersebut cukup dalam menjelaskan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

Pembuktian Hipotesis

Berdasarkan hasil regresi pada Tabel 4.2 maka dapat disimpulkan pembuktian hipotesis yaitu variabel *dependency ratio*, *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio* berpengaruh terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Hipotesis ini terbukti karena variabel *dependency ratio* memiliki nilai koefisien negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters* tahun 2000-2014. Sedangkan, variabel *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio* memiliki nilai koefisien positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters* tahun 2000-2014.

Pembahasan

Dependency Ratio dan Emisi CO₂

Hasil studi pada regresi ini menunjukkan bahwa variabel *dependency ratio* berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Pada hasil regresi ini mempunyai nilai koefisien negatif yang menunjukkan bahwa ketika *dependency ratio* meningkat sebesar 1 persen, maka akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 0.5794 persen dengan asumsi variabel lain konstan. Secara teori bahwa hubungan *dependency ratio* dan emisi CO₂ berpen-

garuh negatif, sejalan dengan penelitian [Hassan & Salim \(2015\)](#) menemukan bahwa penduduk usia tua berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂, yang menunjukkan bahwa peningkatan 1 persen dari penduduk usia tua akan mengurangi emisi sebesar 1.55 persen; [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) menunjukkan bahwa rasio ketergantungan (*dependency ratio*) berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂; [Guo et al. \(2016\)](#) menemukan bahwa penduduk usia tua (*elderly*) dan penduduk usia muda (*children*) berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂. Pada penelitian ini, koefisien determinasi sebesar 0.2266 berarti variabel *dependency ratio* dapat menjelaskan 23 persen perubahan emisi CO₂ dengan asumsi variabel lain konstan, sedangkan sisanya 77 persen dijelaskan oleh variabel lain diluar model.

Sex Ratio Terhadap Emisi CO₂

Hasil studi pada regresi ini menunjukkan bahwa variabel *sex ratio* berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Pada hasil regresi ini mempunyai nilai koefisien positif yang menunjukkan bahwa ketika *sex ratio* meningkat 1 persen, maka akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 6.1789 persen dengan asumsi variabel lain konstan. Secara teori bahwa hubungan *sex ratio* dan emisi CO₂ berpengaruh positif sejalan dengan penelitian [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) menunjukkan bahwa rasio jenis kelamin (*sex ratio*) berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂; [Li dkk \(2019\)](#) menemukan bahwa rasio penduduk laki-laki dan perempuan (*gender*) berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂. Dalam penelitian ini, koefisien determinasi sebesar 0.0897 berarti variabel *sex ratio* dapat menjelaskan 10 persen perubahan emisi CO₂ dengan asumsi variabel lain konstan, sedangkan sisanya 90 persen dijelaskan oleh variabel lain di luar model.

Higher Education Ratio dan Emisi CO₂

Hasil studi pada regresi ini menunjukkan bahwa variabel *higher education ratio* berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Pada hasil regresi ini mempunyai nilai koefisien positif yang menunjukkan bahwa ketika *higher education ratio* meningkat 1 persen, maka akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 0.3944 persen dengan asumsi variabel lain konstan. Secara teori bahwa hubungan *higher education ratio* dan emisi CO₂ berpengaruh positif sejalan dengan penelitian [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) menunjukkan bahwa rasio pendidikan tinggi (*higher education ratio*) berpengaruh positif terhadap emisi CO₂; [Uddin \(2014\)](#) pendidikan (*education*) berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan [Guo et al. \(2016\)](#) pendidikan tinggi (*collage*) berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂. Pada penelitian ini, koefisien determinasi sebesar 0.2779 berarti variabel *higher education ratio* dapat menjelaskan 28 persen perubahan emisi CO₂ dengan asumsi variabel lain konstan, sedangkan sisanya 72 persen dijelaskan oleh variabel lain di luar model.

Industrial Employment Ratio dan Emisi CO₂

Hasil studi pada regresi ini menunjukkan bahwa variabel *industrial employment ratio* berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Pada hasil regresi ini mempunyai nilai koefisien positif yang menunjukkan bahwa ketika *industrial employment ratio* meningkat 1 persen, maka akan menurunkan emisi CO₂ sebesar 0.9996 persen dengan asumsi variabel lain konstan. Secara teori bahwa hubungan *industrial employment ratio* dan emisi CO₂ berpengaruh positif sejalan dengan penelitian [Shijie Li & Zhou \(2019\)](#) menunjukkan bahwa rasio tenaga kerja industri (*industrial employment ratio*) berpengaruh positif terhadap emisi CO₂. Gambar 4.9 menunjukkan sebaran data antara *industrial employment ratio* dan emisi CO₂. Koefisien determinasi sebesar 0.012 yang berarti variabel *industrial employment ratio* dapat menjelaskan 1 persen perubahan emisi CO₂ dengan asumsi variabel lain konstan,

sedangkan sisanya 99 persen dijelaskan oleh variabel lain di luar model.

Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah diuraikan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan berdasarkan hasil analisis regresi data panel menunjukkan bahwa secara parsial variabel *dependency ratio* memiliki nilai koefisien negatif dan berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Sedangkan, variabel *sex ratio*, *higher education ratio*, *industrial employment ratio* memiliki nilai koefisien positif dan berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ di *Top Emitters*. Setelah melihat hasil analisis dalam penelitian yang telah dilakukan, penulis berusaha memberikan beberapa saran. Pertama, tren dalam peningkatan penduduk usia tua dan kurang tersedianya penduduk usia kerja (produktif) maka diharapkan untuk dapat memperhatikan kebijakan perencanaan keluarga khususnya tingkat kesuburan. Kedua, secara khusus dapat mengoptimalkan kesetaraan antara penduduk laki-laki dan perempuan di daerah yang kurang berkembang. Ketiga, tingkat pendidikan merupakan bagian terpenting dari setiap individu. Jika, dilihat pengaruh pendidikan terhadap lingkungan yang tidak terhindarkan maka diharapkan dapat memberikan kesadaran lingkungan dan pola hidup yang berkelanjutan, gaya hidup yang tidak intensif energi, konsumsi energi secara optimal baik di negara maju dan negara berkembang. Keempat, tenaga kerja di sektor industri memiliki peran penting dalam perkembangan ekonomi. Namun, seiring dengan perkembangan tersebut berdampak pada peningkatan emisi CO₂ yang semakin tinggi. Terserapnya tenaga kerja di sektor industri harus diimbangi dengan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan agar dapat mengurangi peningkatan emisi CO₂. Sementara itu, industrialisasi harus dipercepat dan pembangunan ekonomi harus diberi prioritas utama di daerah yang kurang berkembang.

Daftar Pustaka

- Azad, A. K., Nashreen, S. W., & Sultana, J. (2006). State of energy consumption and CO₂ emission in Bangladesh. *Ambio*, 35(2), 86–88.
- Bongaarts, J. (1992). Population Growth and Global Warming. *Population and Development Review*, 18(2), 299–319.
- Cole, M. A., & Neumayer, E. (2004). Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution. *Population and Environment*, 26(1), 5–21.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(1)
- Guo, W., Sun, T., & Dai, H. (2016). Effect of Population Structure Change on Carbon Emission in China. *Sustainability*, 8(3).
- Hassan, K., & Salim, R. (2015). Population ageing, Income growth and CO₂ emission: Empirical evidence from high income oecd countries. *Journal of Economic Studies*, 42(1), 54–67.
- Gujarati, Damodar. 2003. *Ekonometrika Dasar : Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Islam, R., Ghani, A. B. A., & Mahyudin, E. (2017). Carbon dioxide emission, energy consumption, economic growth, population, poverty and forest area: Evidence from panel data analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(4), 99–106.
- Li, Shijie, & Zhou, C. (2019). What are the impacts of demographic structure on CO₂ emissions? A regional analysis in China via heterogeneous panel estimates. *The Science of*

the Total Environment, 650(Pt 2), 2021–2031.

- Li, Shiran, Deng, H., & Zhang, K. (2019). The Impact of Economy on Carbon Emissions: An Empirical Study Based on the Synergistic Effect of Gender Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19).
- Salam, M. A., & Noguchi, T. (2005). Impact of Human Activities on Carbon Dioxide (CO₂) Emissions: A Statistical Analysis. *Environmentalist*, 25(1), 19–30.
- Schelling, T. (1992). Some Economics of Global Warming. *American Economic Review*, 82(1), 1–14.
- Schlesinger, W. H. (2005). The Global Carbon Cycle and Climate Change. In W. Sinnott-Armstrong & R. B. Howarth (Eds.), *Perspectives on Climate Change: Science, Economics, Politics, Ethics* (Vol. 5, pp. 31–53).
- Shi, A. (2003). The Impact of Population Pressure on Global Carbon Dioxide Emissions, 1975–1996: Evidence from Pooled Cross-Country Data. *Ecological Economics*, 44, 29–42.
- Uddin, M. M. M. (2014). Causal Relationship between Education, Carbon Dioxide (CO₂) Emission and Economic Growth in Bangladesh. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 19(4), 60–67.
- WMO. 2018. WMO. Press Release, Geneva, (online), (<https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-levels-atmosphere-reach-new-record> diakses pada 25 november 2019).
- WRI. 2012. Top 10 Emitters in 2012. (Online)(<https://www.wri.org/resources/charts-graphs/top-10-emitters-2012> diakses pada 15 november 2019).
- WRI. 2014. Graph explain the world's top 10 emitters. (Online), (<https://www.wri.org/blog/2014/11/6-graphs-explain-world-s-top-10-emitters> diakses pada 10 november 2019).
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImpACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351–365.