

DAMPAK ENERGI TERBARUKAN DAN INOVASI TEKNOLOGI TERHADAP EMISI CO₂ OECD 2008-2017

IMPACT OF RENEWABLE ENERGY AND TECHNOLOGICAL INNOVATION ON CO₂ OECD EMISSIONS 2008-2017

¹⁾Regina Audrey, ²⁾Hadi Sasana, ³⁾Yustirania Septiani
^{1,2,3}Fakultas Ekonomi, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia
Reginaaudrey59@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya emisi karbondioksida (CO₂) disebabkan oleh banyaknya pembakaran bahan bakar minyak, batu bara, dan bahan organik lainnya yang melebihi kemampuan tumbuh-tumbuhan dan laut untuk menyerap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak energi terbarukan dan inovasi teknologi terhadap emisi karbondioksida (CO₂) di negara OECD tahun 2008-2017. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data panel yang merupakan gabungan antara data *time series* dan *cross section* dengan pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM) periode 2008-2017 yang diperoleh dari *World Development Indicator* dan *International Energy Agency*. Hasil analisis data menunjukkan bahwa variabel *Economic Growth* dan *Patent Technology* berpengaruh positif terhadap *CO₂ Emission*, *Foreign Direct Investment* (FDI) dan *Renewable Energy Supply* tidak berpengaruh positif terhadap *CO₂ Emission*, *Population* berpengaruh negative dan signifikan terhadap *CO₂ Emission* di negara OECD tahun 2008-2017.

Kata Kunci: Pemanasan Global, *CO₂ Emission*, *Fixed Effect Model* (FEM), OECD.

Abstract

The increase in carbon dioxide (CO₂) emissions is caused by the burning of many fuels of oil, coal and other organic materials which exceeds the ability of plants and the sea to absorb. This study aims to determine the impact of renewable energy and technological innovation on carbon dioxide (CO₂) emissions in OECD year 2008-2017. The data used in this study is panel data which is a combination of time series data and cross sections with the Fixed Effect Model (FEM) approach for the period 2008-2017 obtained from the World Development Indicator and International Energy Agency. The results of data analysis show that the Economic Growth and Patent Technology variables have a positive effect on CO₂ Emission, Foreign Direct Investment (FDI) and Renewable Energy Supply do not have a positive effect on CO₂ Emission, Population has a negative and significant effect on CO₂ Emission in OECD in 2008-2017.

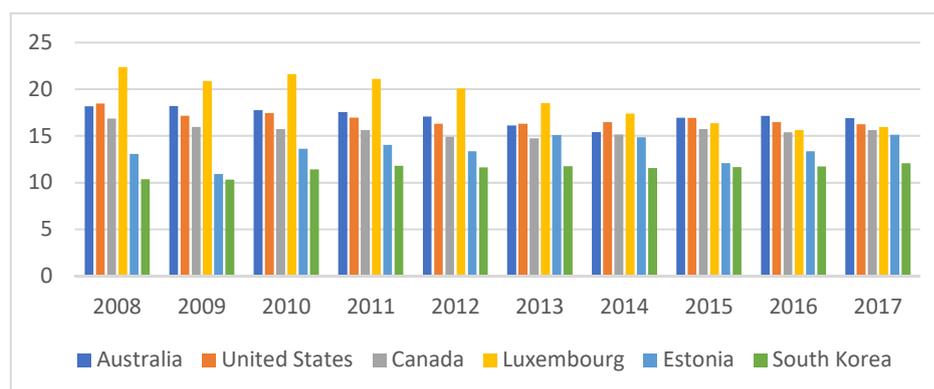
Keywords: Global Warming, *CO₂ Emission*, *Fixed Effect Model* (FEM), OECD.

PENDAHULUAN

Konsentrasi gas-gas rumah kaca telah lama meningkat sejak revolusi industri yang berkaitan dengan aktivitas manusia. *CO₂ Emissions* adalah gas rumah kaca yang memiliki jangka waktu lama di atmosfer bumi dan dapat mengakibatkan perubahan iklim yang mengancam ekosistem di bumi. Secara historis, negara-negara *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) mengeluarkan sebagian besar Gas Rumah Kaca (GRK) global dikarenakan banyaknya negara-negara maju yang masih bergantung

pada sektor energi terutama energi fosil dalam proses pembangunan ekonominya.

6 negara dengan *CO₂ Emissions* terbesar yaitu Australia, United States, Canada, Luxembourg, Estonia dan South Korea. Australia dan United States adalah negara dengan perekonomian terkuat di dunia. Luksemburgh adalah negara terkaya di dunia berdasarkan GDP per kapita. Estonia adalah negara kecil di Eropa yang paling inovatif di dunia. Sedangkan South Korea adalah negara berkembang yang sekarang menjadi negara maju dikarenakan beralih ke sektor industri (OECD, 2016).



Gambar 1. *CO₂ Emissions* negara OECD dari Tahun 2008-2017 (dalam metric ton per kapita)

Sumber : www.databank.worldbank.org Tahun 2017 (data diolah)

Negara-negara OECD rata-rata mengalami peningkatan sejak terjadinya krisis ekonomi 2008 yang menyebabkan turunnya GDP pada tahun 2009. Meningkatnya perekonomian mengarah pada industrialisasi yang lebih maju dan meningkatnya kebutuhan manusia yang pastinya semakin bertambahnya jumlah manusia. Tentunya negara-negara tersebut memiliki tingkat konsumsi energi yang

tinggi dan berasal dari berbagai sektor seperti sektor industry, transportasi, dan aktivitas ekonomi lainnya. Salah satu yang menjadi faktor terbesar proses industrialisasi tersebut dapat dilihat berdasarkan tingkat konsumsi energinya.

Untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, negara OECD juga melakukan upaya dengan mengambil kebijakan ekonomi yaitu melakukan pinjaman

terhadap negara atau lembaga-lembaga kauangan internasional yang sering disebut dengan Penanaman Modal Asing (PMA) atau *Foreign Direct Investment* (FDI). *Renewable Energy Supply* di negara OECD dalam runtun waktu tahun 2008 sampai tahun 2017 berfluktuasi dari tahun ke tahun. Pasokan energi terbarukan di sektor industry akan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Berkurangnya ketergantungan terhadap energi fosil akan berdampak pada berkurangnya degradasi lingkungan akibat *CO₂ Emissions*.

Pertumbuhan penduduk di negara OECD semakin meningkat dalam runtun waktu tahun 2008 sampai dengan tahun 2017. Pertumbuhan penduduk ini akan menjadi pendorong semakin meningkatnya kebutuhan manusia yang tidak terbatas dan sumber daya alam yang kurang ekonomis. Sebagai negara industry, perkembangan inovasi teknologi patent akan sangat berpengaruh terhadap produktifitas di negara OECD. Penggunaan teknologi yang tidak ramah lingkungan akan menjadi masalah besar bagi keseimbangan hidup manusia dan alam. Emisi hasil industrialisasi yang dikeluarkan tiap tahunnya tentunya akan berdampak pada pencemaran berbagai aspek lingkungan yang dalam jangka panjang akan membahayakan bagi kehidupan manusia.

LANDASAN TEORI

CO₂ Emissions

Karbondioksida (CO₂) adalah suatu gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (seperti minyak bumi, gas bumi, dan batu bara) untuk mendapatkan energi, selain kebakaran hutan dan lahan (Samidjo, 2017). Emisi karbondioksida (*CO₂ emissions*) adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi faktor utama timbulnya fenomena pemanasan global (Dina Labiba & Wisnu Pradoto, 2018).

Economic Growth

Menurut Sukirno (2011:331), Pertumbuhan ekonomi (*Economic Growth*) diartikan sebagai perkembangan kegiatan dalam perekonomian yang menyebabkan barang dan jasa yang diproduksi dalam masyarakat bertambah dan kemakmuran masyarakat meningkat. Pertumbuhan ekonomi menjadi salah satu indicator yang dapat digunakan oleh suatu negara untuk menilai dan mengevaluasi kondisi pembangunan ekonomi di dalam negaranya (Laili Monita Wulandari & Saifudin Zuhri, 2019).

Foreign Direct Investment (FDI)

Menurut Jhingan (2016:483), Pemasukan modal asing sangat diperlukan untuk mempercepat pembangunan ekonomi. Modal asing dapat membantu dalam industrialisasi, dalam membangun modal *overhead* ekonomi dan dalam menciptakan kesempatan kerja yang lebih luas.

Renewable Energy

Menurut Hamdi (2016:15), Energi terbarukan (*Renewable Energy*) adalah sumber energi alam yang dapat langsung digunakan secara bebas dan bisa diperbarukan secara terus-menerus dan tak terbatas.

Population

Menurut Rusli (2014), Penduduk (*Population*) merupakan jumlah orang yang bertempat tinggal di suatu wilayah pada waktu tertentu dan merupakan hasil dari proses demografi yaitu fertlisasi, mortalitas, dan migrasi.

Patent Technology

Menurut Endang Purwaningsih (2012) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa sebuah penemuan agar dilindungi paten harus memenuhi syarat bahwa penemuan itu harus diterapkan dalam industri.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan menggunakan metode analisis regresi data panel.

Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Dengan variabel bebas (*independent variable*) yaitu *Economic Growth*, *Foreign Direct Investment* (FDI), *Renewable Energy Supply*, *Population* dan

Patent Technology. Variabel terikat (*dependent variable*) yaitu *CO₂ Emissions*.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dalam bentuk sudah jadi dari *World Bank* dan *International Energy Agency* (IEA). Cakupan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kurun waktu (*time series*) dari tahun 2008 – 2017 dan data deret lintang (*cross section*) sebanyak 6 negara yang ada di *Organisation for Economic Co-Operation and Development* (OECD), yaitu Australia, United States, Canada, Luksemburg, Estonia dan South Korea. Metode yang dipakai dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah melalui studi Pustaka yaitu pencarian data dan informasi melalui dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, foto-foto, gambar, maupun dokumen elektronik yang dapat mendukung dalam proses penulisan.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini menggunakan pengujian asumsi klasik yang terdiri dari Uji *Multikolinearitas* dan Uji *Heteroskedastisitas*. Selain itu juga dilakukan uji untuk memilih metode pendekatan estimasi yang sesuai dan menghasilkan regresi yang baik dengan 3 (tiga) pendekatan yaitu: *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM). Untuk menentukan model yang paling tepat

digunakan untuk pengujian adalah Uji *Chow*, Uji *Hausman* dan Uji *Langrange Multiplier* (LM). Model yang digunakan untuk menganalisis Dampak Energi Terbarukan dan Inovasi Teknologi Terhadap Emisi CO₂ OECD 2008-2017 dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \log(\beta_5 X_5) + e_t$$

Keterangan :

Y = CO₂ Emissions

β₀ = Koefisien intersep

X₁ = *Economic Growth*

X₂ = *Foreign Direct Investment (FDI)*

X₃ = *Renewable Energy Supply*

X₄ = *Population*

X₅ = *Patent Technology*

i = 6 Negara OECD

t = Waktu (tahun 2008-2017)

e_t = Error/ Variabel pengganggu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Uji Multikolinieritas

Uji Multikolinieritas diperlukan untuk mengetahui ada tidaknya variabel independent yang memiliki kemiripan antara variabel independent dalam satu model regresi.

Tabel 1. Hasil Uji Multikolinieritas

	EG	FDI	RES	P	(LOG)PT
EG	1.000000	-0.024484	0.035784	0.012655	0.278044
FDI	-0.024484	1.000000	0.571075	-0.579416	-0.003470
RES	0.035784	0.571075	1.000000	-0.408085	0.033494
P	0.012655	-0.579416	-0.408085	1.000000	-0.050138
(LOG)PT	0.278044	-0.003470	0.033494	-0.050138	1.000000

Sumber : Data diolah dengan *Eviews10*

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa tidak terdapat korelasi antara variabel independent yang di atas 0.89 sehingga tidak terdapat masalah multikolinieritas antar variabel independent.

2. Uji Heterokedastisitas

Tabel 2. Hasil Uji Heterokedastisitas

Variabel	Prob
<i>Economic Growth</i>	0.8150
<i>Foreign Direct Investment (FDI)</i>	0.5487
<i>Renewable Energy Supply</i>	0.8270
<i>Population</i>	0.7463
<i>Patent Technology</i>	0.9822
C	0.5669

Sumber : Data diolah dengan *Eviews10*

Uji Heteroskedastisitas memiliki tujuan sebagai pengujian apakah dalam sebuah model regresi memiliki ketidaksamaan varians dari residual dari suatu pengamatan ke pengamatan yang lain. Model regresi yang baik merupakan Homokedastisitas atau tidak terjadi Heterokedastisitas.

Dari table 2 dapat dilihat bahwa probabilitas variable tersebut lebih besar dari 0.05 sehingga dapat dipastikan model tersebut tidak mengalami gejala Heterokedastisitas.

Hasil Uji Kesesuaian Model
1. Hasil Uji Chow

Tabel 3. Hasil Uji *Chow*

Effect Test	Statistic	d.f	Prob.
Cross-section F	61.381249	(5,49)	0.0000
Cross-section Chi-square	118.970823	5	0.0000

Sumber : Data diolah dengan *Eviews10*

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai probabilitas *cross-section Chi-square* yang dihasilkan 0.0000. dimana nilai tersebut kurang dari tingkat signifikansi yaitu 5% (0.05). sehingga dapat disimpulkan bahwa model *fixed effect* lebih tepat jika dibandingkan dengan *common effect*.

2. Hasil Uji Hausman

Tabel 4. Hasil Uji *Hausman*

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f	Prob.
Cross-section random	91.732580	5	0.0000

Sumber : Data diolah dengan *Eviews10*

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai probabilitas *Cross-section random* sebesar 0.0000 dimana nilai probabilitas tersebut lebih dari tingkat signifikansi yaitu 5% (0.05) sehingga dapat disimpulkan bahwa FEM lebih tepat jika dibanding dengan REM.

Uji *Langrange Multiplier* (LM) digunakan untuk memilih model estimasi terbaik antara *Common Effect* dan *Random Effect*. Penelitian ini tidak perlu melakukan Uji LM, karena pemilihan model terbaik telah ditentukan yaitu dengan menggunakan model *fixed effect*.

3. Uji Langrange Multiplier (LM)

Analisis Regresi Data Panel

Tabel 5. Hasil Regresi Data Panel dengan Pendekatan *Fixed Effect*.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1	0.007610	0.002652	2.869528	0.0061
X2	0.000564	0.000760	0.742082	0.4616
LOG(X3)	0.044864	0.019024	0.358299	0.2224
LOG(X4)	-1.649263	0.226819	-7.271270	0.0000
LOG(X5)	0.133596	0.046784	2.855590	0.0063
C	28.82371	3.666316	7.861763	0.0000

Sumber : Data diolah dengan *Eviews10*

Dari hasil regresi dengan menggunakan program *Eviews10*, diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y = 28.82371 + 0.007610 + 0.000564 + 0.044864 - 1.649263 + 0.133596 + e$$

Uji Statistik

1. Uji Determinasi

Tabel 6. Hasil Uji Determinasi (R^2)

R-squared	0.929246
Adjusted R-squared	0.914806

Sumber : Data diolah dengan Eviews10

Dari tabel 6 didapat nilai R-square (R^2) sebesar 0.941216. Dengan demikian maka variabel *CO₂ Emissions* mampu dijelaskan dengan variabel *Economic Growth*, *Foreign*

Direct Investment, *Renewable Energy Supply*, *Population*, dan *Patent Technology* 94.12% sedangkan sisanya 100% - 94.12% atau sebesar 5.88% dijelaskan oleh variabel di luar model.

2. Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Tabel 7. Hasil Uji F

Sumber Variasi	F-statistic	F Tabel
Regresi	64.35359	1.7240

Sumber : Data diolah dengan Eviews10

Nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} yaitu $64.35359 > 1.7240$ yang berarti bahwa H_a diterima dan H_o ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *Economic Growth*, *Foreign Direct Investment*, *Renewable Energy Supply*, *Population*, dan *Patent Technology* secara bersama-sama (simultan) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD tahun 2008-2017.

PEMBAHASAN

Pengaruh *Economic Growth* Terhadap *CO₂ Emissions*.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini di peroleh hasil dari uji kausalitas Granger bahwa *Economic Growth* memiliki pengaruh terhadap *CO₂ Emissions*.

Dari hasil Uji Granger antara *Economic Growth* terhadap *CO₂ Emissions* diperoleh hasil positif dan signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai t_{hitung} sebesar $2.869528 > 1.67303$ (lebih dari t_{tabel}) dengan tingkat signifikansi sebesar 0.0061 (lebih besar dari nilai $\alpha = 5\%$) yang artinya bahwa *Economic Growth* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD. Menurut peneliti karena negara OECD dalam melaksanakan pembangunan ekonominya masih menggunakan sektor industrialisasi yang bergantung pada bahan bakar fosil dan penggunaan energi terbarukan yang kurang maksimal. Dalam hal tersebut *Economic Growth* meningkat tetapi bertolak belakang dengan pencemaran lingkungan yaitu meningkatnya *CO₂ Emissions*. Penelitian yang dilakukan oleh

Jong-Chao Yeh dan Chih-Hsiang Liao (2016) menunjukkan bahwa *Economic Growth* memiliki koefisien positif terhadap *CO₂ Emissions* yang berarti bahwa *Economic Growth* akan meningkatkan *CO₂ Emissions*. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Tajul Ula dan Affandi (2019) di Indonesia yang mengemukakan bahwa *Economic Growth* memiliki kontribusi positif terhadap *CO₂ Emissions*.

Pengaruh *Foreign Direct Investment* (FDI) Terhadap *CO₂ Emissions*.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini diperoleh hasil dari Uji kausalitas Granger bahwa FDI tidak memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions*. Dari hasil Uji Granger antara FDI terhadap *CO₂ Emissions* diperoleh hasil tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai t_{hitung} sebesar $0.742082 < 1.67303$ (kurang dari t_{tabel}) dengan tingkat signifikansi sebesar 0.4616 (lebih besar dari nilai $\alpha = 5\%$) yang artinya bahwa FDI tidak memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD. Menurut peneliti peningkatan *Foreign Direct Investment* (FDI) selama tahun 2008 sampai 2017 tidak menyebabkan peningkatan *CO₂ Emissions*, karena sedikitnya jumlah FDI yang masuk dan FDI banyak yang beralih ke FDI ramah

lingkungan. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfred A Haug Metlem Ucal (2019) mengemukakan bahwa FDI tidak memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions* yang berarti bahwa peningkatan FDI tidak ikut serta dalam meningkatkan *CO₂ Emissions*. Hal ini terjadi karena FDI di negara OECD selama jangka waktu tahun 2008-2017 lebih berorientasi pada *Green Investment* atau investasi yang ramah lingkungan. Sehingga akan bertolak belakang dengan peningkatan *CO₂ Emissions*. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Huiming Zhu *et all* (2016) yang mengemukakan bahwa FDI berkontribusi terhadap peningkatan *CO₂ Emissions*. Hal ini dikarenakan banyaknya FDI yang sudah beralih ke FDI ramah lingkungan.

Pengaruh *Renewable Energy Supply* Terhadap *CO₂ Emissions*

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini diperoleh hasil dari Uji kausalitas Granger bahwa *Renewable Energy Supply* memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions*. Dari hasil Uji Granger antara *Renewable Energy Supply* terhadap *CO₂ Emissions* diperoleh hasil tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai t_{hitung} sebesar $0.358299 < 1.67303$ (kurang dari t_{tabel}) dengan tingkat signifikansi sebesar

0.2224 (lebih besar dari nilai $\alpha = 5\%$) yang artinya bahwa *Renewable Energy Supply* tidak memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Menurut peneliti adanya *Renewable Energy Supply* justru akan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil sehingga jika penggunaannya dimaksimalkan justru akan mengurangi *CO₂ Emissions*. Penelitian yang dilakukan oleh Phatchapa Boontome *et all* (2017) mengemukakan bahwa *Renewable Energy Supply* tidak berpengaruh positif terhadap *CO₂ Emissions*. Dan *Renewable Energy Supply* sangat erat hubungannya dengan pengurangan *CO₂ Emissions*. Arshian Syarif (2018) dalam penelitiannya juga mengemukakan bahwa *Renewable Energy* tidak berpengaruh positif pada degradasi lingkungan dan membantu mengurangi bahaya lingkungan.

Pengaruh antara variable *Population* Terhadap *CO₂ Emissions*.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini diperoleh hasil dari Uji kausalitas Granger bahwa *Population* memiliki pengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions*. Dari hasil Uji Granger antara *Population* terhadap *CO₂ Emissions* diperoleh hasil

tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai t_{hitung} sebesar $-7.271270 < 1.67303$ (kurang dari t_{tabel}) dengan tingkat signifikansi 0.0000 (kurang dari nilai $\alpha = 5\%$) yang artinya bahwa *Population* tidak memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Menurut peneliti peningkatan jumlah penduduk di negara OECD tidak sepenuhnya berpengaruh pada peningkatan *CO₂ Emissions* karena diketahui bahwa pada Perang Dunia ke II negara OECD banyak kehilangan *Population* yang menyebabkan jumlah penduduk tidak seimbang dengan luas negaranya. Penelitian yang dilakukan oleh M. Syaikhuddin Zuhri (2014) yang mengemukakan bahwa *Population* memiliki pengaruh negative terhadap *CO₂ Emissions*. Hal ini juga sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Indra Wirana Jaya Gobel *et all* (2019) yang mengemukakan bahwa pertumbuhan *population* meningkatkan *CO₂ Emissions*.

Pengaruh *Patent Technology* Terhadap *CO₂ Emissions*.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini diperoleh hasil dari Uji kausalitas Granger bahwa *Patent Technology* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions*. Dari

hasil Uji Granger antara *Patent Technology* terhadap *CO₂ Emissions* diperoleh hasil signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai t_{hitung} sebesar $2.855590 > 1.67303$ (lebih dari t_{tabel}) dengan tingkat signifikansi sebesar 0.0063 (lebih kecil dari nilai $\alpha = 5\%$) yang artinya bahwa *Patent Technology* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Menurut peneliti di negara OECD masih belum banyak penggunaan teknologi bersih. *Patent Technology* ternyata masih menghasilkan *CO₂ Emissions* yang tinggi. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Cheng Cheng (2019) yang mengemukakan bahwa *Patent Technology* terhadap *CO₂ Emissions* memiliki pengaruh positif. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Fortune Ganda (2019) yang mengemukakan bahwa inovasi terkait *Patent Technology* terhadap *CO₂ Emissions* di negara OECD mempengaruhi emisi dan memiliki potensi untuk mengurangi kualitas lingkungan.

Pengaruh simultan *Economic Growth*, *Foreign Direct Investment*, *Renewable Energy Supply*, *Population*, dan *Patent Technology* terhadap *CO₂ Emissions*.

Uji yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel independent secara bersama-sama terhadap variabel dependen

adalah menggunakan uji F. pada hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan hasil dimana F_{hitung} model regresi ini 64.35359 lebih besar dari F_{tabel} sebesar 1.7240 dengan tingkat probabilitas variabel lebih kecil dibandingkan tingkat probabilitas yang digunakan yaitu $0.000000 < 0.05$. Berdasarkan hasil tersebut maka variabel independent (*Economic Growth*, *Foreign Direct Investment*, *Renewable Energy Supply*, *Population*, dan *Patent Technology*) secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen (*CO₂ Emissions*) enam negara dikawasan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) tahun 2008-2017. Menurut peneliti hal ini disebabkan karena peningkatan *Economic Growth* enam negara dikawasan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) yang sebagian besar berasal dari pendapatan sektor industry akan menyebabkan peningkatan terhadap *CO₂ Emissions*, peningkatan *Economic Growth* akan diikuti oleh peningkatan *Foreign Direct Investment* (FDI) yang ramah lingkungan dalam rangka menurunkan *CO₂ Emissions*. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dalam proses industrinya enam negara dikawasan negara OECD, *Renewable Energy Supply* juga akan berkontribusi dalam menurunkan *CO₂ Emissions*. Sebagai negara-negara dengan industry maju dan

pertumbuhan ekonomi yang tinggi, maka enam negara dikawasan OECD juga akan semakin membuat para imigran tertarik untuk menempati kawasan tersebut, hal ini yang menjadi salah satu penyebab terjadinya peningkatan imigran atau meningkatkan jumlah *Population* di negara tersebut dan akan berkontribusi dalam peningkatan pencemaran lingkungan. Selain itu industri maju di enam negara dikawasan OECD juga harus selalu didukung oleh kemajuan inovasi *Patent Technology* yang dapat mempercepat peningkatan *Economic Growth*. Inovasi *Patent Technology* yang tidak ramah lingkungan dan hanya berorientasi pada kuantitas tanpa memperhatikan kualitas lingkungan juga akan berpengaruh terhadap peningkatan *CO₂ Emissions*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dibahas sebelumnya mengenai pengaruh *Economic Growth*, *Foreign Direct Investment*, *Renewable Energy Supply*, *Population*, dan *Patent Technology* terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan negara OECD tahun 2008-2017 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Variabel *Economic Growth* mempunyai pengaruh positif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions*. Hal tersebut

dikarenakan negara OECD merupakan negara yang bergerak disektor industri dan tidak lepas dari penggunaan energi.

2. Variabel *Foreign Direct Investment* (FDI) tidak memiliki pengaruh terhadap *CO₂ Emissions* enam negara di kawasan OECD pada tahun 2008-2017. Sehingga akan bertolak belakang dengan peningkatan *CO₂ Emissions*. Hal ini terjadi karena FDI di negara OECD selama tahun 2008-2017 lebih berorientasi pada *Green Investment* atau investasi yang ramah lingkungan.
3. Variabel *Renewable Energy Supply* tidak memiliki pengaruh terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD. Hal ini terjadi karena *Renewable Energy Supply* malah justru akan menurunkan *CO₂ Emissions* dan *Renewable Energy Supply* sangat erat hubungannya dengan pengurangan *CO₂ Emissions*.
4. Variabel *Population* memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD. Hal ini dikarenakan penyebab peningkatan *CO₂ Emissions*

bukanlah penduduk asli negara OECD melainkan imigran dari negara lain. Jumlah imigran lebih banyak daripada jumlah penduduk asli.

5. Variabel *Patent Technology* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *CO₂ Emissions* enam negara dikawasan OECD. Hal ini dikarenakan sekarang negara OECD sudah mulai dikembangkan inovasi teknologi industri bersih yang rendah karbon namun dalam penggunaannya kurang maksimal.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, Adapun saran yang dapat disampaikan oleh peneliti yaitu sebagai berikut :

1. Pemerintah negara OECD harus membuat kebijakan terkait dengan penurunan *CO₂ Emissions* yaitu beralih ke sektor industri yang ramah lingkungan. agar pertumbuhan *Economic Growth* tidak bertolak belakang dengan kualitas lingkungan.
2. Pemerintah negara OECD lebih membuka peluang dan memberikan kemudahan terhadap *Foreign Direct Investment* (FDI) dengan cara mempermudah perizinan masuknya FDI dan pengurangan pajak terhadap FDI yang berbasis ramah lingkungan.
3. Pemerintah negara OECD harus memperbanyak *Renewable Energy Supply* agar dapat digunakan secara maksimal sehingga akan membuat ketergantungan terhadap fosil berkurang. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pemerintah harus mampu memasok *Renewable Energy* secara maksimal dan memperbanyak pembangunan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) guna memenuhi kebutuhan listrik nasional.
4. Pemerintah negara OECD harus mampu mengendalikan pertumbuhan penduduk, baik dari kelahiran maupun imigrasi. Dapat dilakukan dengan program keluarga berencana dan pembatasan imigran atau dengan menetapkan kebijakan imigrasi secara ketat. Pemerintah negara OECD mampu mengembangkan dan memanfaatkan secara maksimal *Patent Technology*

terkait teknologi bersih yang rendah karbon. Dapat dilakukan dengan melakukan kerjasama dengan lembaga pendidikan guna melakukan penelitian demi terwujudnya teknologi bersih tersebut serta perkembangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Boontome, Phatchapa. Apichit Therdyothin & Jaruan Chontanawat. (2017). Investigating The Causal Relationship Between Non-Renewable and Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth in Thailand. *Energy Procedia Journal, Vol. 138, Hal. 925-930.*
- Cheng, Cheng., Ren, Xiaohang., & Wang, Zhen. (2018). The Impact of Renewable Energy and Innovation on Carbon Emission: An empirical analysis for OECD countries. *International Journal of Energy Procedia, Vol. 15, No. 8, Hal. 3506-3512.*
- Ganda, Fortune. (2019). The Impact of Innovation and Technology Investment on Carbon Emissions in selected Organisation for Economic Co-Operation and Development countries. *Journal of Cleaner Production, Vol. 21, No. 7, Hal. 469-483.*
- Gobel, Indra Wirana Jaya. Linda Tondobala & Rieneke L. E. Sela. (2019). Sebaran Spasial Emisi Gas Karbon Dioksida Pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Vol. 6, No.3, Hal. 628-636.*
- Haug, Alfred A & Meltem Ucal. (2019). The Role Of Trade and FDI For CO2 Emissions in Turkey: Nonlinear relationship. *Energy Economics Journal, Vol. 81, Hal. 297-307.*
- Hamdi. (2016). *Energi Terbarukan.* Jakarta: Kencana.
- Jhingan, M. (2016). *Ekonomi Pembangunan dan Perencanaan.* Jakarta: Rajawali Pers. OECD. (2016). OECD Environmental Performance Reviews. *OECD Publication.*
- Labiba, Dina & Wisnu Pradoto. (2018). Sebaran Emisi CO₂ dan Implikasinya Terhadap Penataan Ruang Area Industri di Kendal. *Jurnal Pengembangan Kota Universitas Diponegoro, Vol. 6, No. 2, Hal. 164-173.*
- Purwaningsih, Endang. (2012). Penerapan Wold Wide Novelty dan Function-Way-Result Test on Patent. *Jurnal Fakultas Hukum Universitas YARSI, Vol. 5, No. 1, Hal 84-98.*
- Rusli, S, (2014). *Pengantar Ilmu Kependudukan.* Jakarta: LP3ES.
- Samidjo, Jacobus & Yohanes Suharso.(2017). Memahami Pemanasan Global dan Perubahan Iklim. *Jurnal IKIP Veteran Semarang, Vol. 24, No.2, Hal. 1-10.*
- Sharif, Arshian., Syed Ali Raza., Ilhan Ozturk., & Sahar Afshan. (2018). The Dynamic Relationship of Renewable and Nonrenewable Energy Consumption with

- Carbon Emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, Vol. 9, No. 3, Hal. 183-198.
- Sukirno, Sadono. (2011). *Makro Ekonomi Teori Pengantar*. Cetakan ke 4. Jakarta: PT. Raja Grafindo.
- Ula, Tajul & Affandi. (2019). Analisis Dampak Diversifikasi Ekspor Produk Dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Lingkungan : Studi Indonesia. *Journal of Economic Science*. Vol. 5, No. 2, Hal. 35-45.
- Wulandari, Laili Monita & Saifudin Zuhri. (2019). Pengaruh Perdagangan Internasional dan Investasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Pada Tahun 2007-2017. *Jurnal Riset Ekonomi Pembangunan Universitas Tidar*, Vol. 4, No. 2, Hal. 119-127.
- Yeh, Jong-Chao & Chih-Hsiang Liao . (2016). Impact of Population and Economic Growth on Carbon Emissions in Taiwan using an analitic tool STIRPAT. *Sustainable Environmental Research*, Vol. 33, No. 1, Hal. 16-26.
- Zhu, Huiming, Lijun Duan, Yawei Guo, & Keming Yu. (2016). The effects of FDI, Economic Growth and Energy Consumption on Carbon Emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *International Journal of Economic Modelling*, Vol. 58, No. 1, Hal. 237-248.
- Zuhri, M. Syaikhuddin. (2014). Pengaruh Faktor-Faktor Demografi Terhadap Emisi Udara di Indonesia. *JIEP*, Vol. 14, No. 2, Hal. 13-37