

## Mekanisme transmisi energi dalam prespektif ekonomi terhadap emisi karbon di Indonesia

Priyagus

Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Mulawarman, Samarinda.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki mekanisme transmisi energi dalam perspektif ekonomi terhadap pembentukan emisi karbon di Indonesia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Metode analisis menggunakan 2SLS dinamis dengan data dari tahun 1990-2014. Hasil estimasi menjelaskan bahwa konsumsi energi berpengaruh signifikan dan positif dalam jangka pendek dan panjang terhadap pertumbuhan ekonomi, kemudian pertumbuhan ekonomi berpengaruh signifikan dan positif terhadap emisi karbon. Dengan kata lain, ada transmisi energi yang nyata dan positif dalam pembentukan emisi karbon. Komitmen pemerintah terhadap penegakan hukum dan birokrasi yang kondusif untuk mengurangi emisi belum membuahkan hasil yang optimal. Perilaku hemat energi, peningkatan investasi hijau untuk (EBT) dan keterlibatan masyarakat luas, dapat menjadi alternatif untuk mengurangi emisi karbon di Indonesia.

**Kata kunci:** Transmisi energi; prespektif ekonomi; emisi karbon

## *Energy transmission mechanism in economic perspective on carbon emissions in Indonesia*

### *Abstract*

*This study aims to investigate the mechanism of energy transmission in an economic perspective on the formation of carbon emissions in Indonesia, both in the short and long term. The analytical method uses dynamic 2SLS with data from 1990-2014. The estimation results explain that energy consumption has a significant and positive effect in the short and long term on economic growth, then economic growth has a significant and positive effect on carbon emissions. In other words, there is a real and positive transmission of energy in the formation of carbon emissions. The government's commitment to law enforcement and bureaucracy that are conducive to reducing emissions has not yet yielded optimal results. Energy-saving behavior, increased green investment for (EBT) and broad community involvement, can be an alternative to reduce carbon emissions in Indonesia.*

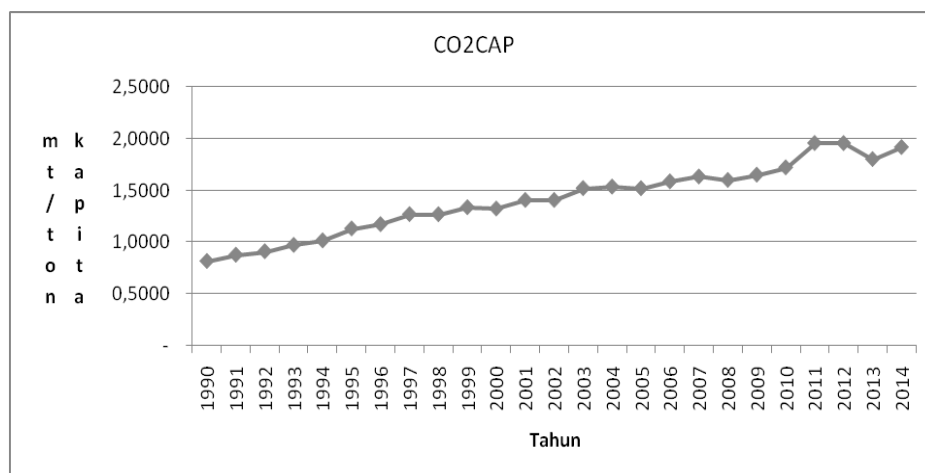
**Key words:** *Energy transmission; economic perspective; carbon emissions*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini, kandungan gas paling banyak di atmosfer adalah CO<sub>2</sub> dan berkontribusi dominan terhadap emisi GRK (81,70 persen). Sebagian besar emisi ini dihasilkan dari sektor kehutanan dan lahan gambut (AFOLU) 84,7% dengan peningkatan rata-rata 2,08% (2012) sehingga diproyeksikan pada abad 21, rata-rata suhu di dunia meningkat melampaui 3 derajat Celcius. Kondisi ini berpotensi mengancam kegiatan produksi (gagal panen), konsumsi (keterbatasan bahan makanan) dan distribusi (penundaan dan keterlambatan transportasi) serta mengganggu kegiatan sosial (pendidikan dan kesehatan) menjadi kurang optimal.

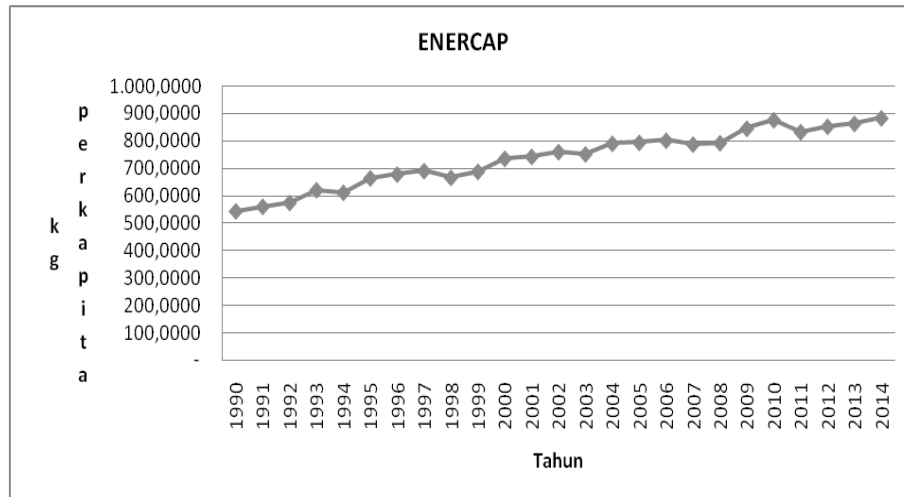
Sejak tahun 2000-2013, kadar emisi menunjukkan kenaikan yang konsisten sebesar 3,5%/tahun dan tahun 2014 total emisi GRK Indonesia diperkirakan telah mencapai 1.808 juta ton CO<sub>2</sub>e (KLH, 2016). Sektor-sektor penyumbang emisi adalah sektor Energi, Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU), Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan lahan (AFOLU). Sektor energi menjadi sumber penghasil emisi terbesar kedua setelah (AFOLU). Oleh sebab itu menurut Jafari et al (2012), ada peluang substansial bagi Indonesia untuk membatasi emisi CO<sub>2</sub> melalui pengurangan deforestasi dan peningkatan pengelolaan hutan melalui kerangka REDD Plus. Penjelasan ini dapat difahami karena perekonomian Indonesia berbasis SDA yang padat modal dengan konsumsi energi yang tinggi.

Sebagai negara yang memiliki potensi besar dalam pengendalian emisi, Indonesia telah berperan aktif dalam beberapa pertemuan internasional. Konfrensi Kopenhagen (1972), Rio de Janario (1992) dan Johannesburg (2002) telah menjadi tiga pertemuan penting yang melandasi kesepakatan pembangunan berkelanjutan secara lebih intensif di setiap negara peserta. Perkembangan emisi karbon di Indonesia disajikan pada Gambar 1 yang menjelaskan, bahwa emisi karbon terus mengalami peningkatan setiap tahun.



**Gambar 1.**  
Emisi Karbon perkapita Indonesia Tahun 1990-2014

Meningkatnya penggunaan energi berkaitan dengan perkembangan sektor-sektor ekonomi yang padat modal (capital intensive). Sektor transportasi paling banyak menggunakan energi (40,47 persen) karena transportasi umum belum tersedia dengan baik sehingga kendaraan pribadi yang sangat tidak efisien energi, mendominasi kegiatan transportasi. Sektor kedua adalah industri yang merupakan leading sektor dengan kontribusi PDRB (23,69 persen) menggunakan mesin dan peralatan dengan konsumsi energi yang besar. Menurut Shahbaz et all. (2013), keterkaitan pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, perkembangan keuangan, serta perdagangan internasional dan emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia dengan model VECM menjelaskan, bahwa pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi meningkatkan emisi CO<sub>2</sub>. Perkembangan konsumsi energi perkapita di Indonesia disajikan pada Gambar 2 yang menjelaskan, bahwa konsumsi energi perkapita mengalami perubahan dengan trend yang positif.

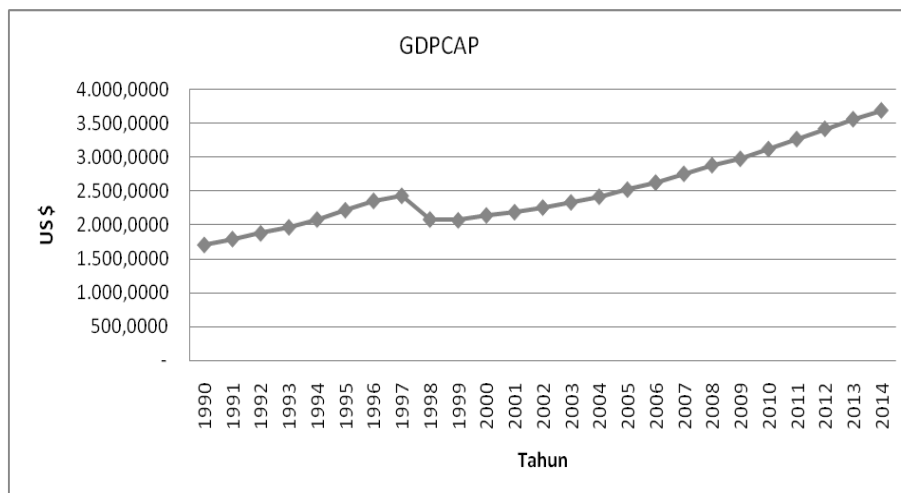


**Gambar 2.**  
Konsumsi Energi Perkapita Indonesia Tahun 1990-2014

Penggunaan energi dan pertumbuhan ekonomi menjadi perhatian serius para peneliti karena berperan penting dalam peningkatan emisi karbon dan berdampak luas terhadap kegiatan ekonomi maupun sosial. Energi digunakan sebagai input untuk kegiatan produksi, konsumsi dan distribusi sehingga perekonomian tumbuh dan berkembang. Pada sisi lain, kegiatan ekonomi ini telah menimbulkan emisi (CO<sub>2</sub>) sebagai residu dari penggunaan energi yang tidak efisien dan peralatan yang berteknologi kurang maju. Dengan demikian, emisi merupakan hasil tranformasi energi dalam kegiatan ekonomi yang berbentuk residu yang diperbesar dengan penggunaan lahan yang kurang ramah lingkungan. Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi mekanisme transmisi energi dalam perspektif ekonomi terhadap pembentukan emisi karbon di Indonesia.

Meskipun penelitian sejenis telah banyak dilakukan, namun penggunaan model dua tahap (2SLS) dinamis relatif masih sedikit sehingga penelitian ini diharapkan tetap dapat memberikan kontribusi 1. Mengetahui dan membuktikan dampak konsumsi energi terhadap pertumbuhan ekonomi, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. 2. Mengetahui dan membuktikan dampak pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon dalam jangka pendek dan jangka panjang. 3. Memberikan referensi kepada peneliti untuk mengembangkan penelitian selanjutnya dan Terakhir untuk pemerintah dalam merumuskan kebijakan terkait pengurangan emisi, sebagai implementasi kebijakan pembangunan berkelanjutan.

Pertumbuhan ekonomi yang diproksi dengan GDP perkapita, disajikan pada Gambar 3 yang menjelaskan, bahwa GDP perkapita terus mengalami peningkatan atau memiliki trend yang positif, meskipun terjadi sedikit penurunan tahun 1998 karena terjadinya krisis multidimensi di Indonesia.



**Gambar 3.**  
Pendapatan Perkapita Indonesia Tahun 1990 – 2014 (konstan 2010)

### **Hubungan Energi dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi**

Hubungan antara faktor produksi modal fisik, modal manusia dan tenaga kerja dengan produksi model Solow digunakan oleh Mankiw et al.(1992) untuk menjelaskan perbedaan pendapatan perkapita antara negara. Artinya perbandingan pendapatan dapat diidentifikasi melalui pendekatan produksi dengan berbagai faktor produksi yang digunakan. Relevansi dengan penelitian ini adalah penggunaan GDP sebagai proksi produksi dan energi sebagai faktor produksinya.

Beberapa peneliti menjelaskan temuannya tentang hubungan energi dan emisi seperti : Niu et al. (2011). Ada hubungan positif antara konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub> di delapan negara Asia, padahal penggunaan energi dan emisi CO<sub>2</sub> per kapita di negara berkembang jauh lebih rendah daripada di negara maju, namun penggunaan energi per unit jauh lebih tinggi dibanding negara maju atau terjadi in-efisiensi penggunaan energi. Penjelasan yang sama juga disampaikan oleh Arouri et al. (2012). Dalam jangka panjang terdapat pengaruh positif yang signifikan dari konsumsi energi dan PDB terhadap emisi CO<sub>2</sub>. di 12 negara Timur Tengah dan Negara-negara Afrika Utara (MENA) selama periode 1981-2005 dengan model kointegrasi,

Sheinbaum-Pardo et al. (2012), menjelaskan pentingnya perubahan struktur industri (10 industri) untuk mengurangi emisi. Peningkatan pemakaian energi memiliki dampak negatif terhadap indeks karbon (CO<sub>2</sub>) kecuali industri semen. Penelitian ini dilakukan di Meksiko periode 1990–2008 dengan model LMDI untuk industri manufaktur. Behera dan Dash (2017), menjelaskan, bahwa konsumsi energi primer dan energi fosil di negara bagian berpendapatan menengah (middle-income) berpengaruh signifikan atau cenderung terjadi kenaikan emisi karbon di 17 negara South and Southeast Asia (SSEA) dengan model ECM

Apergis, E Payne (2010), menjelaskan, dalam jangka panjang energi dan pendapatan berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon. Penelitian ini dilakukan di Commonwealth of independent state periode 1992-2004 dengan model EKC jangka panjang. Li et al. (2011), menjelaskan, kenaikan GDP 1% akan meningkatkan emisi karbon antara 0,41% - 0,43%. Kenaikan 1% GDP perkapita akan meningkatkan 0,48%-0,50% energi dan akan meningkatkan 0,41%-0,43% emisi karbon . Penelitian ini dilakukan di 30 provinsi di China tahun 1985-2007 menggunakan model OLS dinamik.

Beberapa hasil penelitian yang menjelaskan adanya hubungan pertumbuhan ekonomi dengan emisi seperti: Kasman and Duman (2015), menjelaskan, bahwa ada hubungan dengan pola EKC antara pendapatan dan lingkungan (emisi carbon) di negara uni Eropa dengan data panel tahun 1992-2010, namun berlaku timbal balik untuk negara-negara Asia. Begum et al. (2015), menjelaskan dengan model (DOLS), bahwa di Malaysia tahun 1980-1990 emisi karbon meningkat pada saat terjadi peningkatan pertumbuhan ekonomi dan EKC tidak valid. Dalam jangka panjang konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi berhubungan secara positif terhadap emisi karbon. Salahuddin et al. (2017), menjelaskan, bahwa pertumbuhan ekonomi, konsumsi listrik, dan FDI berkaitan dengan emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini dilakukan di Kuwait dengan periode data 1980–2013 dengan model VECM.

Isik et al (2018), menjelaskan, bahwa GDP dan konsumsi energi berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di seluruh provinsi. Penelitian ini dilakukan di Cina dengan model (fully modified OLS). Ssali et. Al. (2019), menjelaskan, bahwa dalam jangka panjang, jika pertumbuhan ekonomi naik 1%, maka emisi akan mengalami kenaikan sebesar 16%, sedangkan jika penggunaan energi naik 1%, maka emisi karbon (CO<sub>2</sub>) akan meningkat sebesar 49%. Penelitian ini dilakukan di 6 negara sub-Sahara Afrika data tahun 1980-2014 dengan model panel Cointegrasi dan EKC.

Berdasar pada beberapa penelitian yang telah dilakukan di berbagai negara dengan model yang berbeda, terdapat kesimpulan, bahwa energi dan pendapatan berkorelasi positif terhadap emisi karbon dan pada umumnya terjadi secara langsung. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini digunakan model struktural (persamaan simultan) agar mekanisme transmisi energi terhadap emisi karbon dapat dibuktikan dan dijelaskan secara ilmiah.

### **Kebijakan Pemerintah**

Perlunya kebijakan pemerintah untuk mengendalikan emisi dijelaskan oleh beberapa peneliti seperti: Zaman dan Moemen (2017), mendukung hipotesis EKC, hipotesis IPAT, emisi yang diinduksi energi dan pertumbuhan sektoral. Dengan data panel periode 1975-2015 dan model EKC, PHH dan IPAT, PHH dan eHDI, menjelaskan adanya masalah sosial-ekonomi dan lingkungan sehingga dibutuhkan kebijakan pembangunan untuk pertumbuhan yang berkelanjutan.

Khobai dan Le Roux (2017), menjelaskan adanya hubungan jangka panjang antara variabel konsumsi energi, emisi karbon dioksida, pertumbuhan ekonomi, perdagangan internasional, dan urbanisasi di Afrika Selatan periode 1971-2013. Dengan uji kointegrasi dan VECM serta kausalitas Granger. Hasil studi menjelaskan, bahwa pemerintah Afrika Selatan harus memberlakukan kebijakan energi untuk peningkatan pertumbuhan ekonomi. Arouri et al. (2012), menjelaskan terkait kebijakan pemerintah bahwa penurunan emisi dan kenaikan GDP terjadi secara nyata karena penerapan hukum dan institusi yang efektif. Penelitian ini dilakukan di Middle East and North Africa Countries (MENA) 1981-2005 dengan model ECM.

Energi digunakan sebagai input atau faktor produksi dalam berbagai kegiatan ekonomi (PDB). Dalam proses menghasilkan output, energi telah bertransformasi menjadi daya dan menghasilkan residu berupa emisi (CO<sub>2</sub>) yang dibuang ke alam sehingga berpotensi menimbulkan degradasi lingkungan.

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah time series periode 1990-2014, bersumber dari World Development Indicators (WDI) Bank Dunia. Metode analisis yang digunakan adalah 2SLS dinamis yang diadopsi dari penelitian Halkos dan Paizanos (2013) yang dimodifikasi, untuk membuktikan adanya mekanisme transmisi energi jangka pendek dan jangka panjang terhadap emisi karbon di Indonesia, beberapa peneliti tidak menggunakan model 2SLS dinamis, tetapi menggunakan model ECM untuk menjelaskan adanya dimensi waktu, seperti penelitian Jafari et al. (2012) di Indonesia, Saboori et al. (2016) di Malaysia, Binh (2011) di Vietnam, Hossain (2011) di Newly Industrialized Countries (NIC). Adapun pengolahan data menggunakan Eviews (Winarno, 2011; Widarjono, 2017).

Bentuk umum hubungan antar variabel dalam penelitian ini:

CO <sub>2</sub> CAP	= f (GDCAP, CO <sub>2</sub> CAP t-4)	.....	1
GDCAP	= f (ENERCAP, GDPCAP t-4)	.....	2
CO <sub>2</sub> CAP	= β <sub>0</sub> + β <sub>1</sub> GDPCAP + β <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> CAP t-4 + ε	.....	3
GDPCAP	= α <sub>0</sub> + α <sub>1</sub> ENERCAP + α <sub>2</sub> GDPCAP t-4 + ε	.....	4
α <sub>0</sub> , β <sub>0</sub>	= konstanta		
α <sub>1</sub> , α <sub>2</sub> , β <sub>1</sub> , β <sub>2</sub>	= nilai koefisien		
ε <sub>1,2</sub>	= error term		

Parameter jangka panjang:

Konstanta	= α <sub>0</sub> / (1 - α <sub>2</sub> ); β <sub>0</sub> / (1 - β <sub>2</sub> )
Koefisien α <sub>1</sub> ; β <sub>1</sub>	= (α <sub>1</sub> / (1 - α <sub>2</sub> ); β <sub>1</sub> / (1 - β <sub>2</sub> ))

**Tabel 1.**

Notasi, Nama Variabel, Satuan dan Sumber data.

Notasi	Nama Variabel	Satuan	Sumber
ENERCAP	Konsumsi energi perkapita	Kg	WDI, World Bank
GDPCAP	Pendapatan perkapita	US \$ (2010)	WDI, World Bank
GDPCAP t-4	Pendapatan perkapita lag 4 tahun	US \$ (2010)	WDI, World Bank
CO <sub>2</sub> CAP	Emisi perkapita	Metrik ton	WDI, World Bank
CO <sub>2</sub> CAP t-4	Emisi perkapita lag 4 tahun	Metrik ton	WDI, World Bank

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Deskriptif

Nilai-nilai yang diperoleh dari analisis deskriptif menjelaskan, bahwa data yang digunakan memiliki kemencengan relatif kecil. Nilai Jarque-Barlet tidak signifikan yang mengindikasikan data relatif normal sehingga dapat digunakan untuk estimasi dengan baik. Hasil analisis deskriptif variabel-variabel yang digunakan, disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.**  
Nilai Deskriptif Variabel Penelitian.

Deskriptif/Variabel	GDPCAP	ENERCAP	CO2CAP
Median	2358.120	752.1129	14081.00
Maximum	3692.987	883.9183	19601.00
Minimum	1707.818	543.7751	8158.000
Std. Dev.	562.0564	102.3157	3390.262
Skewness	0.651096	-0.348480	-0.111105
Kurtosis	2.379509	2.030033	2.081736
Jarque-Bera	2.167412	1.486031	0.929777
Probability	0.338339	0.475677	0.628205
Sum	62795.64	18417.80	353396.0
Sum Sq. Dev.	7581778.	251244.3	2.76E+08
Observations	25	25	25

Untuk menentukan panjang lag (lag-time), maka digunakan beberapa uji statistik Akaike, Schwarz dan Hanan. Adapun hasilnya disajikan pada Tabel 3 dan nampak bahwa pada lag 4 telah diperoleh nilai AIC paling kecil.

**Tabel 3.**  
Uji Penentuan Panjang Lag

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-436.8420	NA	3.13e+14	41.88971	42.03893	41.92210
1	-380.2187	91.67583*	3.40e+12	37.35416	37.95103*	37.48369
2	-369.9638	13.67321	3.22e+12*	37.23464	38.27917	37.46133
3	-361.2511	9.127537	3.93e+12	37.26201	38.75419	37.58585
4	-346.3345	11.36504	3.26e+12	36.69852*	38.63835	37.11952*

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

### Estimasi Persamaan Pertumbuhan Ekonomi (GDPCAP)

#### Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi

Hasil estimasi hubungan antara energi (ENERCAP) dengan pertumbuhan ekonomi (GDPCAP) dalam jangka pendek dan jangka panjang positif dan signifikan pada level 10%. Artinya jika konsumsi energi naik 1 kg, maka pendapatan perkapita akan meningkat sebagai akibat meningkatnya PDB sebesar 2.707126 US\$ dalam jangka pendek dan akan meningkat sebesar 9.231053 US\$ dalam jangka panjang dengan asumsi variabel lain konstan atau hubungan input (energi) dan output GDP terjadi secara positif dan signifikan.

Estimasi model yang diperoleh representatif karena Uji model keseluruhan (F) sangat signifikan pada level 0% dan 79.64% perubahan variabel endogen (GDPCAP) dapat dijelaskan oleh perubahan variabel eksogen sedangkan 20,36% dijelaskan oleh variabel di luar model. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Mankiw et al.(1992) yang menjelaskan adanya hubungan positif antara faktor produksi (input) dengan produksi (output). Adapun hasil estimasi disajikan pada Tabel 4 dan persamaan 5 serta 6.

**Tabel 4.**

Hasil Estimasi Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1081.425	577.7676	-1.871730	0.0776
ENERCAP	2.707126	1.361217	1.988753	0.0621
GDPCAP(-4)	0.706737	0.278162	2.540737	0.0205
R-squared	0.816785	Mean dependent var		2640.286
Adjusted R-squared	0.796428	S.D. dependent var		518.5723
S.E. of regression	233.9744	Akaike info criterion		13.87986
Sum squared resid	985392.5	Schwarz criterion		14.02908
Log likelihood	-142.7386	Hannan-Quinn criter.		13.91225
F-statistic	40.12266	Durbin-Watson stat		0.354940
Prob(F-statistic)	0.000000			

(\*);(\*\*);(\*\*\*) =10%;5%;1%.

$$\text{GDPCAP (short)} = -1081.425 (*) + 2.707126 \text{ ENERCAP} (*) \dots\dots\dots 5$$

$$\text{GDPCAP (long)} = -3.687,560313 (*) + 9.231052 \text{ ENERCAP} (*) \dots\dots\dots 6$$

Komitmen pemerintah Indonesia untuk mengurangi emisi sebagai manifestasi dari pembangunan berkelanjutan dan terdapat dalam RPJPN, RPJMN merupakan bentuk implemnetasi program MDGs yang disepakati secara internasional belum berhasil secara optimal. Beberapa program yang belum tercapai terkait lingkungan seperti Rasio kawasan tertutup (MDG7.1), jumlah emisi karbon (MDG7.2), jumlah konsumsi energi primer (MDG7.2a), bauran energi (MDG 7.2d), mengindikasikan, bahwa pemerintah harus lebih serius dalam pembenahan birokrasi untuk menciptakan koordinasi yang harmonis dan peran masyarakat yang semakin luas. Penurunan emisi merupakan kebutuhan serta kesepakatan dunia untuk menyelamatkan generasi masa datang.

**Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Karbon**

Hasil estimasi hubungan antara pertumbuhan ekonomi (GDPCAP) dengan emisi (CO2CAP) bertanda positif dan signifikan dalam jangka pendek maupun jangka panjang pada level 2%. Artinya jika pendapatan perkapita meningkat 1 US\$, maka emisi karbon akan meningkat sebesar 1.408788 metrik ton jangka pendek dan akan meningkat sebesar 4.879897 metrik ton dalam jangka panjang, dengan asumsi variabel lain konstan.

Estimasi model yang diperoleh sangat representatif karena Uji model keseluruhan (uji-F) sangat signifikan pada level 0% dan 94.32% perubahan variabel endogen (GDPCAP) dapat dijelaskan oleh perubahan variabel eksogen sedangkan 5,68% dijelaskan oleh variabel di luar model. Pertumbuhan ekonomi yang meningkat akan meningkatkan emisi dalam jangka pendek dan jangka panjang, karena kegiatan ekonomi Indonesia berbasis lahan (SDA) seperti: perkebunan dan pertambangan serta kehutanan, industri yang padat modal (capital intensive) dengan teknologi yang masih rendah, transportasi umum yang belum maju, memerlukan energi yang besar dan cenderung kurang efisien sehingga pertumbuhan ekonominya meningkatkan emisi secara masif. Hasil penelitian ini berbeda dengan temuan Koçak dan Şarkgüneşi (2018), namun terdapat persamaan dengan temuan Begum et al. (2015) dan Ssali et al. (2019). Adapun hasil estimasi disajikan pada Tabel 5 dan persamaan 7 serta 8.

**Tabel 5.**

Hasil Estimasi Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi terhadap Pertumbuhan Ekonomi				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2025.598	756.2815	2.678366	0.0153
GDPCAP	1.408788	0.569052	2.475675	0.0235
CO2CAP(-4)	0.711308	0.108867	6.533748	0.0000
R-squared	0.948892	Mean dependent var		15126.10
Adjusted R-squared	0.943213	S.D. dependent var		2700.679
S.E. of regression	643.5735	Sum squared resid		7455364.
F-statistic	162.0194	Durbin-Watson stat		1.481149
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR		11660786
J-statistic	0.585427	Instrument rank		4
Prob(J-statistic)	0.444193			

(\*);(\*\*);(\*\*\*) =10%;5%;1%;

CO2CAP (Short)	= 2025.598 (**) + 1.408788 GDPCAP (**)	..... 7
CO2CAP (Long)	= 7.016,467377 (**) + 4.879897 GDPCAP (**)	..... 8

Komitmet dan kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi dalam kegiatan ekonomi (Green PDB) belum berhasil secara optimal. Kondisi ini terjadi karena in-efisiensi energi dan kegiatan ekonomi yang padat modal dengan input energi yang besar, seperti kehutanan, industri, transportasi dan listrik yang berbasis fuel. Investasi hijau relatif mahal dan hasil yang diperoleh dalam jangka panjang. Hasil penelitian Arouri et al (2012) menjelaskan, penerapan hukum dan pemerintah yang efektif merupakan kebijakan penting untuk menurunkan emisi. Kondisi ideal ini masih sulit dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia karena benturan berbagai kepentingan sehingga emisi sulit dikurangi bahkan cenderung meningkat.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terindikasi, bahwa:

Konsumsi energi (ENERCAP) berpengaruh signifikan dan positif terhadap pertumbuhan ekonomi (GDPCAP) baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Selanjutnya, pertumbuhan ekonomi ini berpengaruh signifikan dan positif terhadap emisi karbon dalam jangka pendek maupun dalam jangka panjang. Dengan kata lain, energi telah mengalami transmisi secara signifikan menjadi daya untuk menghasilkan output (pertumbuhan ekonomi) dan residu berupa emisi karbon;

Perekonomian dengan basis SDA dan sektor-sektor padat modal dengan daya energi yang tidak dapat diperbaharui memberikan fakta, bahwa emisi karbon dapat dikurangi dengan transformasi struktur ekonomi yang tidak berbasis SDA dan sektor-sektor padat modal dengan peralatan (mesin) yang modern dan digerakkan oleh energi yang ramah lingkungan (EBT); dan

Komitmen pemerintah Indonesia untuk mengurangi emisi dengan berbagai kebijakan, sebagai implementasi dari kesepakatan internasional belum memberikan dampak yang signifikan karena investasi hijau dan internalizing cost sumber daya alam masih rendah. Transportasi masal yang belum berkembang, Industri menjadi leading sektor, subsidi BBM, pelaksanaan hukum dan kordinasi pemerintah yang belum efektif, telah berkontribusi nyata dalam peningkatan emisi carbon (CO<sub>2</sub>) di Indonesia.

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan, maka untuk menurunkan emisi karbon (CO<sub>2</sub>) di Indonesia, beberapa hal yang perlu dilakukan:

Meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada berbagai kegiatan ekonomi dan sosial seperti mengembangkan angkutan masal dan penggunaan alat-alat elektronik yang hemat energi (perilaku hemat energi);

Melaksanakan pertumbuhan ekonomi hijau (Green GDP) dengan mempercepat perubahan struktur ekonomi dari berbasis SDA dan sektor-sektor yang padat modal dengan energi yang tidak dapat diperbaharui (Un-renewable) menjadi sektor yang inklusif dan efisien dengan menggunakan energi yang dapat diperbaharui (EBT); dan

Merealisasikan komitmen bersama untuk mengurangi emisi, sebagai hasil kesepakatan internasional dengan meningkatkan investasi hijau, penerapan hukum yang konsisten, birokrasi yang kondusif dan efektif serta memperluas keterlibatan masyarakat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arouri, M.E., Youssef, A., M'henni, H., Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342–349. doi:10.1016/j.enpol.2012.02.042.
- Apergis, Nicholas; E.Payne, James. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus : Evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy* .38, 650-655. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.029
- Bappenas (2014). Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia tahun 2013. https://www.scribd.com/document/274045780/Laporan-Pencapaian-Tujuan-Pembangunan-Milenium-Di-Indonesia-2013.
- Begum RA, Sohag K, Abdullah SMS, Jaafar M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 41,594–601. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.205.
- Behera SR, Dash DP .(2017). The effect of urbanization, energy consumption, and foreign direct investment on the carbon dioxide emission in the SSEA (South and Southeast Asian) region. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 70, 96–106. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.201
- Binh, Phung Thanh. (2011). Energy Consumption and Economic Growth in Vietnam: Threshold Cointegrasi and Causality Analysis. *International Journal of energy Economics and Policy*, 1,1-17. https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/7
- Hossain, M.Sharif. (2011). Panel estimation for CO2 emission, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of new industrial countries. *Energy Policy*, 39,6991-6999. DOI:10.1016/j.enpol.2011.07.042
- Isik C, Dogru T, Turk ES .(2018). A nexus of linear and non-linear relationships between tourism demand, renewable energy consumption, and economic growth: Theory and evidence. *International Journal Tourism Research*, 20, 38–49. DOI:10.1002/jtr.2151
- Jafari, Yaghoob; Othman, Jama; Moh Nor, Abu Hasan Shaari. (2012). Energy consumption, economic growth and environmental pollution in Indonesia. *Journal of Policy Modeling*, 34, 879-889. http://dx.doi.org/10.1016/j.jpolmod.2012.05.020
- Kasman, A., Duman, Y.S. (2015). CO2 Emission, economic growth, energy consumption, trade, and urbanization in new EU member and candidate countries : a Panel data analysis. *Economi Modeling*, vol.44,pp. 97-103. http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2014.10.022
- Khobai HB, Le Roux P. (2017) The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emission: The case of South Africa. *International Journal Energy Economics Policy*, 7(3),102–109. https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/436
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016). Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015.
- Koçak E, ŞarkgüneşiA. (2018) The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environ Sci Pollut Res* 25(1):790– 804. DOI: 10.1007/s11356-017-0468-2
- Li, Fei; Dong, Soucheng, Li, Xue; Liang, Quanxi; Yang, Wangzhou. (2011). Energy consumption economic growth relationship and carbon dioxide emission in China. *Energy Policy*, 39, 568-574. doi:10.1016/j.enpol.2010.10.025
- Mankiw, G N; Romer, D; Weil, D N. A (1992) Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, No. 2, pp. 407-437. http://links.jstor.org/sici?sici=0033-5533%28199205%29107%3A2%3C407%3AACTTEO%3E2.0.CO%3B2-5

- Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y., Luo, G. (2011). Economic growth, energy conservation and emissions reduction: a comparative analysis based on panel data for 8 Asian-Pacific countries. *Energy Policy*, 39, 2121–2131. DOI:10.1016/j.enpol.2011.02.003
- Saboori, Benaz; Sulaiman, Jamalludin; Mohd, Saidatulakmal. (2016). Environmental Kuznet curve and energy consumption in Malaysia : A cointegrasi approach. *Energy Soource Part B : Economic Planning and Policy*, 9,861-867. DOI:10.1080/15567249.2012.662264
- Salahuddin M, Alam K, Ozturk I, Sohag K. (2017) The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 81(2), 202-210. , <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.009>.
- Shahbaz, Muhammad; Hye, Qazi Muhammad Adnan; Tiwari, Aviral Kumar. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emission in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2013.04.035>.
- Sheinbaum-Pardo, C., Mora-Perez, S., Robles-Morales, G. (2012). Decomposition of energy consumption and CO2 emissions in Mexican manufacturing industries: Trends between 1990 and 2008. *Energy Sustainable Development*, 16, 57–67. DOI:10.1016/j.esd.2011.08.003
- Ssali, Max William; Du, Jianguo; Mensah, Isaac Adjei; Hongo, Duncan O. (2019). Investigating the nexus among environmental pollution, economic growth, energy use, and foreign direct investment in 6 selected sub-sahara African countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26,11245-11260. DOI:10.1007/s11356-019-04455-0
- Winarno, Wing Wahyu. (2011). *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews*. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Widarjono, Agus. (2017). *Ekonometrika*. UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Zaman, Khalid; Abd-el Moemen, Mitwali (2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic development: Evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74,1119-1130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.072>