

PERAN ENERGI TERBARUKAN DAN ENERGI NUKLIR: ANALISIS EMPIRIS *ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE* DI NEGARA BRICS PERIODE 1996-2016

Mega Dwi Cahyani¹, Jaka Aminata²✉

^{1,2}Departemen IESP Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH. Tembalang, Semarang 50275, Telp. (024) 76486851

✉Email: jaminata@yahoo.com

Abstract

This study aims to analyze the impact of per capita gross domestic product (GDP), per capita non-renewable energy consumption, per capita renewable energy consumption, and per capita nuclear energy consumption within the framework of the environmental Kuznets curve (EKC) for the case of BRICS. This study used panel data, consist of 5 countries and 21 periods (1996 to 2016). Secondary data from World Bank and British Petroleum Energy are used. Fixed Effect Model are used to measure the impact of per capita gross domestic product (GDP), per capita non-renewable energy consumption, per capita renewable energy consumption, and per capita nuclear energy on carbon dioxide emissions in BRICS.

This study results indicate that non-renewable energy consumption have significant impact on increasing BRICS'S carbon dioxide emissions in both short and long run. Renewable energy consumption and nuclear energy consumption have significant impact on reducing BRICS'S carbon dioxide emissions in long run. The empirical result also indicate that Environmental Kuznets Curve (EKC) is proven in BRICS by forming an inverted-U curve. Turning point in BRICS occurred in 2016 when GDP per capita was \$2.084.677.

Keywords : carbon dioxide emissions, renewable energy, nuclear energy, Environmental Kuznets Curve.

PENDAHULUAN

Sebagai negara berkembang, Brasil, Rusia, Inggris, Cina, dan Afrika Selatan atau yang sering disebut sebagai BRICS melakukan perdagangan bebas guna meningkatkan perekonomiannya. Perdagangan bebas yang dilakukan negara BRICS memberikan dampak yang signifikan pada kondisi ekonomi di masing-masing negara. Meningkatnya tingkat perekonomian di kelima negara BRICS mengharuskan negara-negara tersebut untuk meningkatkan produksi barang dan jasa sehingga akan berdampak pada jumlah konsumsi faktor produksi barang dan jasa tersebut. Negara-negara tersebut memiliki tingkat konsumsi energi yang tinggi yang berasal dari berbagai sektor, diantaranya adalah sektor transportasi, industri, dan aktivitas ekonomi lainnya. Namun hal tersebut berjalan seiringan dengan menurunnya kualitas lingkungan, sehingga membentuk suatu hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan.

Pada hampir seluruh aktivitas ekonomi, teknologi produksi dan konsumsi secara otomatis menghasilkan emisi karbon dioksida atau yang disebut dengan polusi. Emisi karbon dioksida sangat berbahaya bagi lingkungan, emisi karbon dioksida dalam jumlah yang berlebihan akan menyebabkan lapisan ozon berlubang, meningkatkan

suhu bumi secara global dan bencana alam seperti hujan badai, angin topan, banjir, kebakaran hutan, kekeringan, hingga menyebabkan berbagai penyakit.

Emisi CO_2 menjadi penyebab utama terjadinya pemanasan global karena memiliki resiko terbesar dibandingkan dengan jenis gas rumah kaca lainnya, hal tersebut dikarenakan

emisi CO_2 merupakan penyebab utama kenaikan suhu bumi dan emisi CO_2 bertahan di atmosfer lebih lama dibandingkan dengan jenis gas rumah kaca lainnya. Berdasarkan data yang bersumber dari BP Energy, negara Cina memiliki total emisi karbon dioksida (CO_2) terbesar dengan perolehan angka di tahun 2016 yang mencapai 9113,56 Mtd, kemudian negara India dengan menduduki posisi kedua dengan total emisi sebesar 2250,977 Mtd. Rusia berada diposisi ketiga dengan angka emisi mencapai 1510,5 Mtd serta Brasil dan Afrika Selatan yang berada secara berurutan di posisi keempat dan kelima dengan masing total emisi mencapai 462,081 dan 425,08 Mtd.

Meningkatnya tingkat emisi CO_2 secara terus-menerus memicu munculnya pertanyaan yang meragukan tercapainya pembangunan berkelanjutan dalam bidang. Lean dan Shahbaz (2011) menyebutkan bahwa pembangunan ekonomi yang berkelanjutan akan tercapai beriringan dengan pelestarian lingkungan yang berkelanjutan. Para peneliti dalam bidang ekonomi telah mengkaji hubungan antara tingkat pertumbuhan ekonomi dengan indikator lingkungan dengan menggunakan *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Teori ini menyebutkan bahwa tingkat kerusakan lingkungan akan meningkat seiring dengan pembangunan ekonomi dan pada titik tertentu (turning point) dalam pencapaian pertumbuhan ekonomi, maka tingkat kerusakan lingkungan akan menurun seiring dengan meningkat yang ditandai dengan kurva huruf U-terbalik (*Inverted U Curve*). Oleh karena itu, penggunaan sumber energi yang ramah lingkungan dibutuhkan guna memperbaiki derajat kehidupan manusia.

Seiring perubahan zaman dan perkembangan teknologi, para ahli dan penemu menciptakan inovasi energi baru dengan kelebihan yang diharapkan dapat menyempurnakan energi sebelumnya dan dapat sesuai dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Kelebihan yang dimaksud seperti tingkat emisi yang lebih rendah dan lebih efisien. Energi baru yang diciptakan tersebut diantaranya energi terbarukan dan energi nuklir, energi terbarukan diantaranya adalah hidroelektrik, tenaga angin, tenaga surya, dan geothermal. Dengan adanya energi baru tersebut, pertumbuhan ekonomi yang terjadi diharapkan tidak akan merusak lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Hubungan Pertumbuhan Ekonomi dan Lingkungan

Lingkungan hidup dan ekonomi sangat berkaitan satu sama lain, setiap kerusakan lingkungan yang terjadi akan berdampak pada peningkatan biaya operasional dikarenakan produktivitas Sumber Daya Alam yang terhambat, begitu pula sebaliknya. Terdapat pandangan tentang hubungan pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan, yaitu analisis *Environmental Kuznets Curve*.

Hubungan Konsumsi Energi dan Lingkungan Hidup

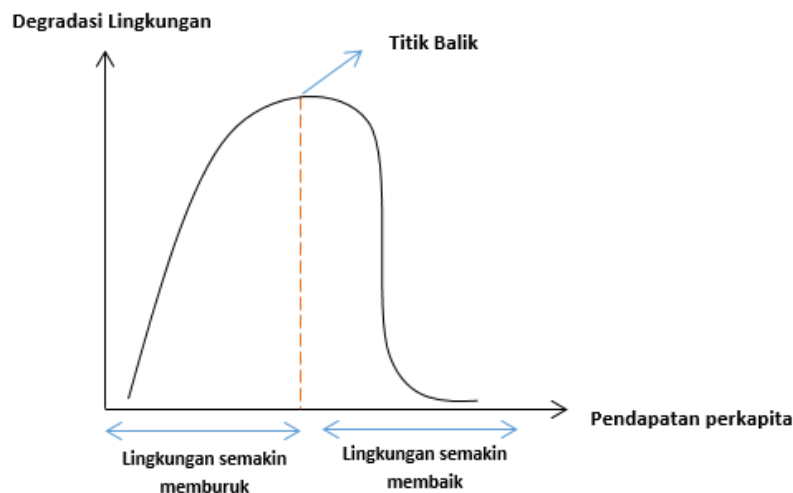
Konsumsi energi dan kualitas lingkungan memiliki hubungan dua arah, yang berarti tingkat konsumsi energi akan mempengaruhi kualitas lingkungan di suatu

negara dan begitu pula sebaliknya. Sumber daya energi yang menjadi penggerak atau input suatu kegiatan produksi dalam perekonomian memiliki dampak negatif berupa penurunan kualitas lingkungan, terutama jika energi yang digunakan bersumber dari energi tak terbarukan (fosil). Penggunaan energi akan menyisakan pencemaran berupa emisi karbon dioksida (CO_2), emisi ini yang nantinya akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan.

Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC)

Kuznet berpendapat bahwa ketidakmerataan atau ketimpangan pendapatan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, tetapi setelah mencapai titik maksimum ketimpangan tersebut mengalami penurunan seiring berjalannya pembangunan ekonomi yang lebih baik. Sehingga hubungan antara ketimpangan pendapatan dan GDP per kapita memiliki bentuk kurva U-terbalik. Teori EKC dikembangkan oleh (Grossman & Krueger, 1991), mereka mengaplikasikan hipotesis Kuznet untuk mengetahui hubungan pertumbuhan ekonomi dengan kualitas lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian, teori EKC membentuk U-terbalik relevan untuk berbagai polutan dengan tingkat pendapatan yang lebih tinggi.

Gambar 1
Kurva Lingkungan Kuznet



Sumber : (Grossman & Krueger, 1991)

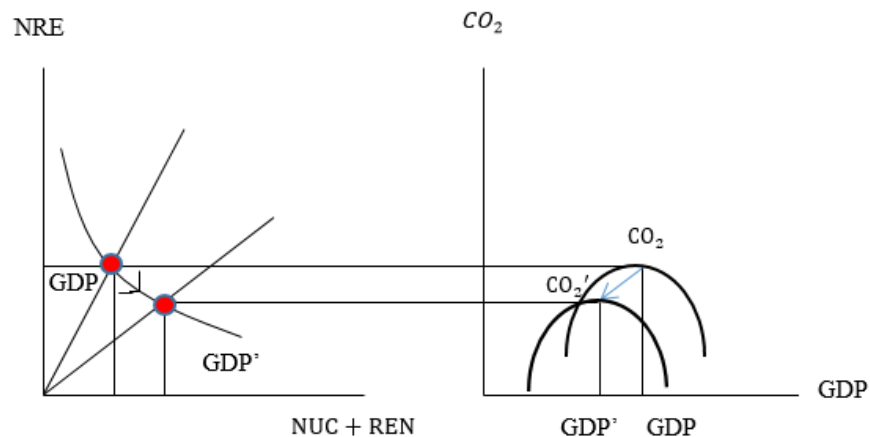
Menurut kurva Kuznet, pada tahap awal pembangunan, masyarakat lebih tertarik pada konsumsi barang pokok guna memenuhi kebutuhan hidup dari pada kualitas lingkungan yang baik. Masyarakat dengan pendapatan rendah hanya mampu untuk melakukan konsumsi dan tidak mampu untuk membayar penurunan pencemaran lingkungan. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan kualitas lingkungan terjadi secara terus menerus. Pada saat melakukan konsumsi, masyarakat memanfaatkan Sumber Daya Alam dan teknologi secara berlebihan guna memaksimalkan perekonomian sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan.

Pada kurva Kuznet juga terlihat bahwa pada saat pendapatan masyarakat mulai meningkat, kualitas lingkungan akan menjadi lebih baik dan marginal utilitas konsumsi akan menurun. Hal ini mengisyaratkan bahwa masyarakat mulai menghargai kualitas lingkungan hidup yang lebih baik. Dalam kurva ditunjukkan

pada rentang pendapatan menengah polusi mulai berhenti meningkat dan selanjutnya pada titik balik akan menurun selaras dengan kenaikan pendapatan masyarakat. Sehingga, semakin meningkatnya pendapatan masyarakat yang berarti terjadinya pertumbuhan ekonomi, pada awalnya akan menimbulkan polusi. Namun, pada akhirnya akan meningkatkan kualitas lingkungan hidup kembali karena semakin lama masyarakat cenderung mengurangi kegiatan ekonomi yang memiliki eksternalitas, dan dengan meningkatnya pendapatan masyarakat akan meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan melalui penggunaan teknologi yang ramah lingkungan.

Teknologi yang ramah lingkungan merupakan teknologi yang memiliki lebih sedikit resiko mencemari lingkungan. Seiring perubahan zaman, manusia didukung dengan sumber daya alam yang berpotensi dan teknologi yang semakin canggih menciptakan energi yang diharapkan dapat menutupi kekurangan energi yang telah ada sebelumnya. Energi tersebut yaitu energi terbarukan dan energi nuklir. Kedua macam energi tersebut memiliki tingkat emisi karbon dioksida yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan energi tak terbarukan. Berikut bentuk kurva lingkungan Kuznet setelah meningkatnya tingkat penggunaan energi terbarukan dan energi nuklir:

Gambar 2
Kurva Kuznet Setelah Meningkatnya Penggunaan Energi Terbarukan dan Energi Nuklir



Sumber : (Dong, Sun, Jiang, & Zeng, 2018)

Kurva di atas menunjukkan kondisi kurva Kuznet sebelum dan sesudah terjadi peningkatan konsumsi energi terbarukan dan energi nuklir. Pada awalnya emisi CO₂ berada pada tingkat yang tinggi dikarenakan tingginya tingkat penggunaan energi tidak terbarukan, namun ketika penggunaan energi terbarukan dan energi nuklir mengalami peningkatan maka emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan ekonomi mengalami penurunan.

Penelitian (Dong et al., 2018) menganalisis keberadaan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada negara Cina dan mengetahui pengaruh energi terbarukan dan energi nuklir terhadap emisi karbon dioksida di negara tersebut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa teori EKC terjadi pada negara Cina. Baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek konsumsi bahan bakar fosil berkontribusi terhadap tingkat emisi karbon dioksida di Cina, sedangkan kualitas lingkungan akan

mengalami peningkatan ketika tingkat konsumsi energi terbarukan dan konsumsi energi nuklir meningkat. Ketika konsumsi bahan bakar fosil meningkat sebesar 1% maka tingkat emisi karbon dioksida meningkat sebesar 1.0747%, sedangkan ketika konsumsi energi nuklir dan energi terbarukan meningkat 1% maka emisi karbon dioksida berkurang masing-masing sebesar 0.0021% dan 0.0192%.

(Apergis, Payne, Menyah, & Wolde-Rufael, 2010) menganalisis hubungan kausalitas antara konsumsi energi nuklir, konsumsi energi terbarukan, dan emisi karbon dioksida di negara Amerika Serikat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara emisi CO_2 , energi nuklir, energi terbarukan, dan pertumbuhan ekonomi. Dalam jangka panjang, penggunaan energi nuklir mengurangi emisi CO_2 . Setiap peningkatan penggunaan energi nuklir sebesar 1% maka akan mengurangi emisi CO_2 sebesar 0,477%. Hasil kausalitas juga menunjukkan bahwa energi nuklir memiliki dampak negatif dan signifikan terhadap emisi CO_2 . Kemudian terdapat juga hubungan kausalitas 2 arah antara konsumsi energi terbarukan dan pertumbuhan ekonomi namun energi terbarukan tidak berkontribusi dalam mengurangi emisi CO_2 .

Penelitian (Jin & Kim, 2018) menganalisis pengaruh antara konsumsi energi nuklir dan konsumsi energi terbarukan terhadap tingkat emisi karbon dioksida di 30 negara yang paling banyak menggunakan energi tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa energi terbarukan lebih signifikan dalam mengurangi emisi CO_2 dibandingkan dengan energi nuklir.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel dependen pada penelitian ini adalah tingkat emisi karbon dioksida di negara BRICS. Sedangkan variabel independen pada penelitian ini adalah GDP, GDP^2 , konsumsi energi tak terbarukan, konsumsi energi terbarukan, dan konsumsi energi nuklir.

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan data panel, yaitu kombinasi antara *cross-section* dan *time series*. Penelitian ini menggunakan data *time series* tahun 1996-2016 dan data *cross-section* 5 negara BRICS yaitu Brasil, Rusia, India, Cina, dan Afrika Selatan.

Tabel 1

Definisi Operasional Variabel

Variabel	Definisi Operasional	Satuan
CO_2	Emisi CO_2 merupakan hasil dari proses pembakaran senyawa kimiawi yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon (BP Energy, 2016). Besarnya pendapatan rata-rata penduduk di suatu negara. Pendapatan per kapita didapatkan dari hasil pembagian pendapatan nasional suatu negara dengan jumlah penduduk negara tersebut (UNICEF)	<i>Million Tonnes of Carbon Dioxide</i> (Mtd)
GDP		US\$
GDP^2	Titik optimum dalam GDP yang berdampak pada kerusakan lingkungan	US\$

	(Hermawan et al., 2016).	
NRE	Total dari konsumsi energi minyak bumi, batu bara, dan gas alam (sumber daya tidak terbarukan) yang dikeluarkan suatu negara (IEA, 2003)	Million Tonnes Oil Equivalent (Mtoe)
REN	Energi yang bersumber dari sumber daya terbarukan yang hampir tidak pernah habis sebagai contoh .	Million Tonnes Oil Equivalent (Mtoe)
NUC	Energi yang dibebaskan dalam proses reaksi nuklir, seperti dalam reaksi fisi (Kementerian Riset dan Teknologi, 2008).	Million Tonnes Oil Equivalent (Mtoe)

Metode Analisis Data

Penelitian ini terbagi atas dua tahap. Tahap pertama mengestimasi hubungan antara variabel dependen dan variabel independen untuk mengetahui pengaruh antar variabel independen terhadap variabel dependen dan untuk menganalisis keberadaan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menggunakan metode *Fixed Effect Model* (FEM), tahap kedua mengestimasi *turning point* dan *turning year* terjadinya EKC menggunakan perhitungan matematis pada Microsoft Excel 2010. Persamaan model penelitian ini dituliskan sebagai berikut :

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 NRE_{it} + \beta_3 REN_{it} + \beta_4 NUC_{it} + \mu_t \dots \dots \dots (1)$$

Hipotesis kurva lingkungan Kuznet yang dibuat oleh (Grossman & Krueger, 1991) menunjukkan hubungan non-linear antara emisi CO_2 dan pertumbuhan ekonomi. Jadi, untuk menguji validitas hipotesis kurva lingkungan Kuznet pada persamaan ini penulis menambahkan variabel GDP^2 (kuadrat) sebagai variabel penjelas. Persamaan kurva lingkungan Kuznet yang diperluas dalam penelitian ini dituliskan sebagai berikut:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 (GDP_{it})^2 + \beta_3 NRE_{it} + \beta_4 REN_{it} + \beta_5 NUC_{it} + \mu_t \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- β_0 = intersep
- $\beta_{1,2}$ = koefisien
- μ_t = error
- $(CO_2)_{it}$ = emisi karbon dioksida per kapita untuk negara i pada tahun t
- GDP_{it} = PDB per kapita untuk negara i pada tahun t
- NRE_{it} = konsumsi energi yang berasal dari sumberdaya tak terbarukan untuk negara pada tahun t
- NUC_{it} = konsumsi energi nuklir untuk negara i pada tahun t
- REN_{it} = konsumsi energi yang berasal dari sumberdaya terbarukan untuk negara pada tahun t

Penelitian ini mengestimasi keberadaan EKC seperti yang diterapkan oleh (Dong et al., 2018) dengan menggunakan spesifikasi model yang berada pada persamaan (2). Keberadaan EKC pada suatu negara dapat diketahui dengan melihat koefisien β_1 dan β_2 .

- Jika $\beta_2 < 0$, terjadi hubungan berbentuk U-terbalik

- Jika $\beta_2 > 0$, terjadi hubungan berbentuk U

Setelah mengetahui keberadaan EKC pada suatu negara maka tahap selanjutnya adalah menghitung *Turning Point* (TP) dan *Turning Year* (Y) pada masing-masing negara dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- $TP = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$(3)

- $TY = \frac{LN(\frac{TP}{GDP_{2016}})}{LN(1+R)} + 2016$(4)

Keterangan:

LN = logaritma natural

TP = *turning point*

TY = *turning year*

R = rata-rata pertumbuhan GDP per kapita negara BRICS

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Objek Penelitian

Emisi karbon dioksida di negara BRICS menunjukkan bentuk dan tingkat polusi yang terjadi atas berbagai aspek yang ada. Selama tahun 1996 hingga 2016 rata-rata jumlah emisi di negara BRICS mencapai 1976.399 *million tonnes of carbon dioxide* (Mtcde).

Tingkat PDB di suatu negara menggambarkan total hasil output yang tercipta di suatu negara. Pola perkembangan GDP di negara BRICS dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2016 cenderung naik tiap tahunnya, meskipun pada tahun 2015-2016 beberapa negara mengalami penurunan. Namun secara keseluruhan, nilai PDB meningkat pada tahun 1996-2016 secara bertahap.

Konsumsi energi tak terbarukan di negara BRICS pada tahun 1996 – 2016 cenderung mengalami fluktuasi kecuali negara India dan Cina yang selalu menunjukkan peningkatan hingga tahun 2016.

Konsumsi energi terbarukan paling tinggi pada tahun 2016 di kelima negara BRICS dengan jumlah 19,146 Mtoe di negara Brasil, sebesar 0,250 Mtoe di negara Rusia, 18,270 Mtoe di negara India, kemudian sebesar 81.660 Mtoe di negara Cina, dan sebesar 1.796 Mtoe di negara Afrika Selatan.

Konsumsi energi nuklir paling tinggi di negara Brasil sebesar 3,589 Mtoe pada tahun 2016, sebesar 44,488 Mtoe pada tahun 2016 di negara Rusia, 8,668 Mtoe pada tahun 2015 di negara India, kemudian sebesar 48,261 Mtoe pada tahun 2016 di negara Cina, dan sebesar 3,600 Mtoe pada tahun 2016 di negara Afrika Selatan.

Hasil Estimasi Data Panel

Tabel 2
Hasil Uji Estimasi Model

Uji Estimasi Model	Prob	Kesimpulan	
Chow Test	0.0000	Tolak H_0	<i>Fixed Effect Model</i>
Hausman Test	0.0009	Tolak H_0	<i>Fixed Effect Model</i>
LM Test	0.0000	Terima H_0	<i>Random Effect Model</i>

Berdasarkan tabel tersebut, probabilitas uji Chow lebih kecil dari taraf nyata 5 persen ($prob < 0.05$) yang berarti menolak H_0 yang berarti model yang dipilih adalah *fixed effect*, kemudian probabilitas dari uji Hausman lebih kecil dari taraf nyata 5 persen ($prob < 0,05$) yang berarti model yang dipilih adalah *fixed effect*. Sedangkan pada uji *Lagrange Multiplier* dengan menggunakan metode *Breusch Pagan* memiliki nilai probabilitas 0.000 yaitu lebih kecil dari taraf nyata 5 persen ($prob < 0.05$) yang berarti menolak H_0 , dan model yang dipilih adalah *random effect*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model terbaik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Model (FEM)*. *Fixed Effect Model* secara inheren dapat diindikasikan mengandung masalah heteroskedastisitas dan autokorelasi Namun, berdasarkan penelitian (Basuki dan Yuliadi, 2015) uji normalitas dan uji autokorelasi pada dasarnya tidak merupakan syarat BLUE (*Best Linear Unbias Estimator*) dan tidak mengharuskan syarat ini untuk wajib dipenuhi.

Tabel 3
Hasil Estimasi Regresi Panel *Fixed Effect Model*

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-statistics	Prob
GDP per kapita BRICS	0.005170	0.010506	0.492087	0.6238
GDP²	-1.24E-06	5.56E-07	-2.233237	0.0279
Konsumsi Energi Tak Terbarukan	3.619328	0.015566	232.5154	0.0000
Konsumsi Energi Terbarukan	-3.178585	0.306705	-10.36367	0.0000
Konsumsi Energi Nuklir	-3.852778	0.786114	-4.901040	0.0000
F-statistic		252108.3		
Prob (F-statistic)		0.000000		
R Square		0.999958		

Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Hasil Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik digunakan untuk menguji validitas suatu model regresi. Uji ini dilakukan agar model regresi yang digunakan memenuhi syarat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*). Uji asumsi klasik terdiri dari 4 yaitu, uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi. Berikut tabel yang menunjukkan ringkasan hasil uji asumsi klasik dalam penelitian ini :

Tabel 4
Hasil Uji Asumsi Klasik

Normalitas	Multikolinearitas	Heteroskedastisitas	Autokorelasi
Tidak Terdapat	Terdapat	Tidak Terdapat	Terdapat

Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Pada penelitian ini terdapat multikolinearitas dikarenakan variabel **GDP²** merupakan hasil kuadrat dari variabel GDP, sehingga terdapat korelasi antara variabel GDP dan variabel **GDP²**. Model EKC merupakan suatu bentuk persamaan kuadratik maka sebenarnya jelas akan mengandung hubungan antara variabel

variabel yang mempunyai bentuk kuadratik yaitu Y dan Y² (Kuswantoro, 2009). Untuk permasalahan autokorelasi dalam regresi data panel yang menggunakan pendekatan *Fixed Effect Model* tidak membutuhkan asumsi terbebas dari serial korelasi (Kuswantoro, 2009).

Estimasi Hasil Statistik

- Koefisien Determinasi (R²)

Dalam penelitian ini, nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0.999 atau 99%. hal ini menunjukkan bahwa variabel yang diteliti (GDP per kapita, GDP², konsumsi energi tak terbarukan, konsumsi energi terbarukan, dan konsumsi energi nuklir) memberikan pengaruh terhadap tingkat emisi karbon doksida negara BRICS sebesar 99%, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan ke dalam model penelitian.

- Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Berdasarkan hasil estimasi tersebut nilai F-statistik sebesar 252108.3 dengan probabilitas 0.000 dan F tabel sebesar 2.30, dimana F tabel < F-statistik sebesar (2.30 < 252108.3) dengan taraf keyakinan sebesar 95 persen, maka dapat disimpulkan bahwa variabel independen (GDP per kapita BRICS, GDP², konsumsi energi tak terbarukan, konsumsi energi terbarukan, dan konsumsi energi nuklir) secara bersama-sama berpengaruh terhadap variabel dependen (tingkat emisi karbon dioksida negara BRICS).

- Uji Signifikansi Parameter Individual (Uji t)

Tabel 5
Hasil Uji Signifikansi Parameter Individual (Uji t)

Variabel Independen	Uji T	Koefisien	Keterangan
GDP	0.492 < 1.660	0.623	Berpengaruh positif tetapi tidak signifikan
GDP²	2.233 > 1.660	-1.24E-06	Berpengaruh signifikan negatif
Konsumsi Energi Tak Terbarukan	232.515 > 1.660	3.619	Berpengaruh signifikan positif
Konsumsi Energi Terbarukan	3.178 > 1.660	-10.363	Berpengaruh signifikan negatif
Konsumsi Energi Nuklir	3.852 > 1.660	-0.007	Berpengaruh signifikan negatif

Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Uji t digunakan untuk melihat pengaruh nilai koefisien masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Dengan taraf keyakinan 95 persen ($\alpha = 0.05$), dan nilai *degree of freedom* (df) = 99 yang berasal dari (n-k = 105-6) sehingga diperoleh nilai t-tabel sebesar 1.660. Berikut merupakan tabel hasil dari estimasi uji t dengan taraf keyakinan 95 persen:

Intepretasi Model

Pengaruh Variabel Pertumbuhan Ekonomi terhadap Tingkat Emisi Karbon Dioksida

GDP per kapita digunakan untuk mengetahui tingkat kesejahteraan serta kemampuan ekonomi rata-rata setiap penduduk di suatu negara. semakin besar tingkat GDP per kapita, maka kemampuan rata-rata penduduk dalam memproduksi

barang dan jasanya juga semakin besar. Hasil estimasi GDP menunjukkan koefisien sebesar 0.005 dan secara statistik, dalam model estimasi GDP berpengaruh positif tetapi tidak signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida ($0.623 > \alpha$, $\alpha = 0,05$). Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan GDP sebesar 1 US\$ maka akan menyebabkan peningkatan emisi karbon dioksida sebesar 0.005 Mtd. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan tingkat emisi karbon dioksida selain variabel GDP, diantaranya adalah variabel konsumsi energi, dan variabel FDI. Sebagai salah satu contoh terdapat penelitian yang sejalan yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Dong et al., 2018) dan (Kuswanto, 2009) yang menyimpulkan bahwa GDP berpengaruh positif tetapi tidak signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida. Kemudian terdapat penelitian yang dilakukan (Assi, 2018), penelitian tersebut memberikan hasil bahwa variabel FDI berpengaruh positif dan signifikan terhadap variabel emisi karbon dioksida namun variabel GDP berpengaruh positif tetapi tidak signifikan terhadap emisi karbon dioksida.

Hasil estimasi GDP^2 menunjukkan koefisien sebesar $-1.24E-06$ dan secara statistik, dalam model estimasi GDP^2 berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida ($0.027 < \alpha$, $\alpha = 0,05$). Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa variabel GDP^2 secara signifikan menunjukkan pengaruh negatif terhadap tingkat emisi karbon dioksida di negara BRICS, dimana setiap kenaikan GDP^2 sebesar 1 US\$ maka akan menyebabkan penurunan emisi karbon dioksida sebesar 1.240 Mtd. Hasil estimasi ini sejalan dengan penelitian dari Dong et al. (2018) yang menyimpulkan bahwa GDP^2 berpengaruh negatif terhadap tingkat emisi karbon dioksida, dimana ketika tingkat konsumsi energi nuklir meningkat maka tingkat emisi karbon dioksida yang dihasilkan menurun.

Hasil sesuai dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang dijelaskan oleh (Grossman & Krueger, 1991) yang digambarkan dalam bentuk kurva U-terbalik yang menjelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan, pertumbuhan ekonomi yang meningkat akan memberikan dampak pada meningkatnya kerusakan lingkungan dikarenakan masyarakat belum peduli terhadap lingkungan. Namun pada tahap pembangunan ekonomi yang berkelanjutan pertumbuhan ekonomi tidak lagi menyebabkan kerusakan lingkungan dikarenakan masyarakat sudah peduli dengan kualitas lingkungan dengan menggunakan factor-faktor produksi yang ramah lingkungan.

Pengaruh Variabel Konsumsi Energi Tidak Terbarukan (NRE) terhadap Tingkat Emisi Karbon Dioksida

Hasil estimasi variabel konsumsi energi tidak terbarukan menunjukkan koefisien sebesar 3.619 dan secara statistik, variabel konsumsi energi tidak terbarukan berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida ($0.000 < \alpha$, $\alpha = 0,01$). Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsumsi energi tidak terbarukan sebesar 1 Mtoe maka akan menyebabkan peningkatan emisi karbon dioksida sebesar 3.619 Mtd. Hasil estimasi ini sejalan dengan penelitian dari (Dong et al., 2018) yang menyimpulkan bahwa konsumsi energi tak terbarukan berpengaruh positif dan signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida, dimana ketika tingkat konsumsi energi tidak terbarukan meningkat maka emisi karbon dioksida yang dihasilkan akan mengalami peningkatan.

Pengaruh Variabel Konsumsi Energi Terbarukan (REN) terhadap Tingkat Emisi Karbon Dioksida

Hasil estimasi variabel konsumsi energi terbarukan menunjukkan koefisien sebesar -3.178 dan secara statistik, variabel konsumsi energi terbarukan berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida ($0.000 < \alpha$, $\alpha = 0,01$). Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsumsi energi terbarukan sebesar 1 Mtoe maka akan menyebabkan penurunan emisi karbon dioksida sebesar 3.178 Mton. Hasil estimasi ini sejalan dengan penelitian dari (Paramati, Mo, & Gupta, 2017) yang menyimpulkan bahwa konsumsi energi terbarukan berpengaruh negatif terhadap tingkat emisi karbon dioksida, dimana ketika konsumsi energi terbarukan meningkat maka tingkat emisi karbon dioksida yang dihasilkan menurun.

Pengaruh Variabel Konsumsi Energi Nuklir (NUC) terhadap Tingkat Emisi Karbon Dioksida

Hasil estimasi variabel konsumsi energi nuklir menunjukkan koefisien sebesar -3.852 dan secara statistik, variabel konsumsi energi nuklir berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon dioksida ($0.000 < \alpha$, $\alpha = 0,01$). Hasil estimasi ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsumsi energi nuklir sebesar 1 Mtoe maka akan menyebabkan penurunan emisi karbon dioksida sebesar 3.852 Mton. Hasil estimasi ini sejalan dengan penelitian dari (Dong et al., 2018) yang menyimpulkan bahwa konsumsi energi nuklir berpengaruh negatif terhadap tingkat emisi karbon dioksida, dimana ketika tingkat konsumsi energi nuklir meningkat maka tingkat emisi karbon dioksida yang dihasilkan menurun.

Hasil Uji Keberadaan EKC

Koefisien yang didapatkan dari hasil uji yang telah dilakukan digunakan untuk menguji keberadaan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di negara BRICS, berikut hasil dari analisis keberadaan EKC:

Tabel 6
Hasil Uji Keberadaan EKC

Negara	Y	Y2	EKC
BRICS	0.005170	-1.24E-06	Terdapat

Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat pada tabel 4.9, dapat dilihat bahwa negara BRICS mengalami *Environmental Kuznets Curve* (EKC).

Hasil Uji *Turning Point* dan *Turning Year*

Setelah mendeteksi keberadaan EKC, selanjutnya mengetahui titik balik (*turning point*) dan *turning year* pada negara BRICS. Hasil perkiraan titik balik GDP dan titik balik tahun dihitung berdasarkan data yang didapat dari *World Bank*. Berikut hasil perhitungan titik balik GDP dan titik balik tahun yang terjadi pada negara BRICS:

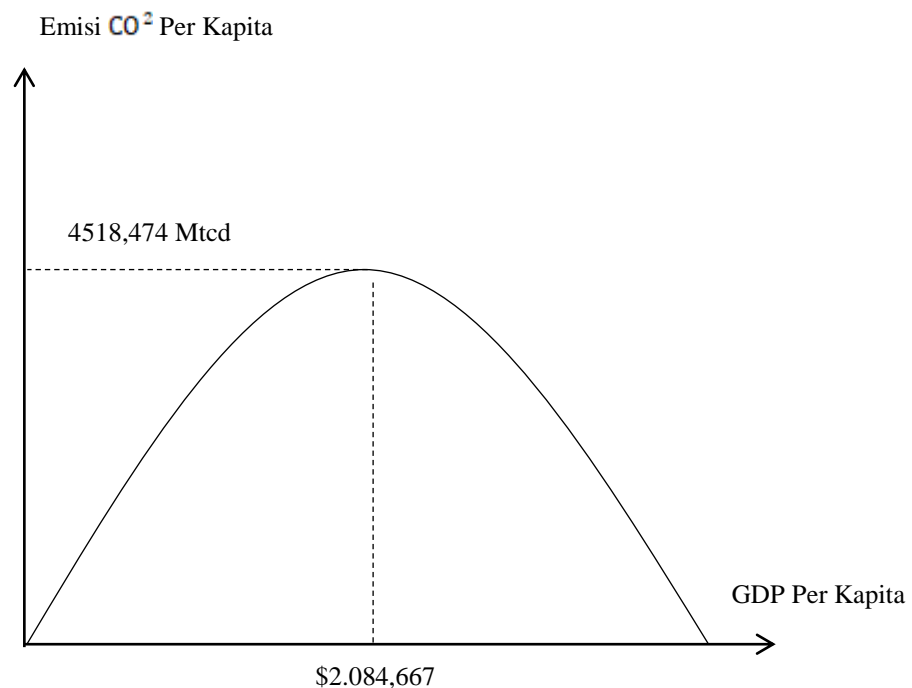
Tabel 7
Hasil Uji *Turning Point* dan *Turning Year*

Negara	<i>Turning Point</i>	<i>Turning Year</i>
BRICS	\$2.084,667	2016

Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat pada Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa negara BRICS mengalami EKC dengan titik balik GDP sebesar \$2.084,667 yang terjadi pada tahun 2016.

Gambar 4
Environmental Kuznets Curve



Sumber: BP Energy dan World Bank (2018), diolah

Berdasarkan hasil *turning point* dan *turning year* yang didapat dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pada negara BRICS terdapat *environmental Kuznets curve* yang akan terjadi pada tahun 2016 dengan titik balik GDP sebesar \$2.084,667 dan tingkat emisi karbon dioksida sebesar 4518,474 Mtcd .

KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan deskriptif data untuk mengetahui kondisi emisi karbon dioksida di negara BRICS, serta menggunakan model *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dan metode *Fixed Effect Model* (FEM) untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat emisi karbon dioksida di negara BRICS. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data mengenai Peran Energi Terbarukan

dan Energi Nuklir: Analisis Empiris *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di Negara BRICS Periode 1996-2016 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Peningkatan GDP per kapita memberikan pengaruh positif pada peningkatan emisi karbon dioksida di negara BRICS. Namun GDP^2 memiliki pengaruh negatif pada peningkatan emisi karbon dioksida. Kemudian peningkatan konsumsi energi tidak terbarukan akan meningkatkan tingkat emisi karbon dioksida negara BRICS. Berbeda dengan energi tidak terbarukan, peningkatan konsumsi energi terbarukan dapat mengurangi tingkat emisi karbon dioksida negara BRICS. Kemudian peningkatan konsumsi energi nuklir dapat mengurangi tingkat emisi karbon dioksida negara BRICS.

Hal tersebut sejalan dengan teori EKC yang menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi akan memberikan dampak negatif pada kualitas lingkungan dikarenakan masyarakat tidak berorientasi pada kualitas lingkungan (dalam penelitian ini penggunaan energi tak terbarukan) namun pada pertumbuhan ekonomi lebih lanjut hubungan masyarakat dan lingkungan membaik serta terdapat kemajuan teknologi (dalam penelitian ini energi terbarukan dan energi nuklir) sehingga pertumbuhan ekonomi tidak lagi mengurangi kualitas lingkungan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255–2260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.014>
- Assi, M. T. (2018). Do foreign direct investment in Ivory Coast increase CO2 emissions. *Pressacademia*, 7(4), 346–358. <https://doi.org/10.17261/pressacademia.2018.995>
- Dong, K., Sun, R., Jiang, H., & Zeng, X. (2018). CO2 emissions, economic growth, and the environmental Kuznets curve in China: What roles can nuclear energy and renewable energy play? *Journal of Cleaner Production*, 196, 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.271>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 3914(3914), 1–57. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Jin, T., & Kim, J. (2018). What is better for mitigating carbon emissions – Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91(March 2017), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.022>
- Kuswanto, D. P. (2009). *Pembangunan Ekonomi dan Deforestasi Hutan Tropis*. Thesis: Universitas Padjajaran.
- Paramati, S. R., Mo, D., & Gupta, R. (2017). The effects of stock market growth and



renewable energy use on CO 2 emissions: Evidence from G20 countries. *Energy Economics*, 66, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.025>

World Bank. 2018. <https://data.worldbank.org>