

# ANALISIS HUBUNGAN KAUSALITAS PERTUMBUHAN EKONOMI, KONSUMSI ENERGI, DAN EMISI CO<sub>2</sub> DI INDONESIA PADA PERIODE 1980-2019

## *Analysis of Causal Relationship Between Economic Growth, Energy Consumption, and CO<sub>2</sub> Emission in Indonesia During 1980-2019*

Dwi Resti Pratiwi

Pusat Kajian Anggaran, Badan Keahlian Dewan Perwakilan Rakyat RI

email: dwi.pratiwi@dpr.go.id

---

### **Abstract**

*Energy plays an important role in the growth of economic. On the other hand, the increase of economic growth will also trigger the occurrence of degradation of environmental quality derived from CO<sub>2</sub> emissions. CO<sub>2</sub> emissions are caused by oxidation process of fossil fuel energy. Many studies have attempted to look for causality between energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions mainly on developing countries. This study therefore analyze the relationship between energy use, economic growth, and CO<sub>2</sub> emissions in Indonesia during 1980-2019. It applies granger causality methods to examine the relationship between energy consumption, economic growth, and CO<sub>2</sub> emission. The findings of this study indicate that there is no causality or unidirectional relationship between energy consumption and economic growth. There is no causal relationship between economic growth and CO<sub>2</sub> emission and there is a unidirectional relationship from energy consumption to CO<sub>2</sub> emission. Based on the result of analysis, it recommends that the government need to develop energy-efficient infrastructure, transform low carbon technologies aimed to reduce emissions and improve the use of renewable energy in all sectors.*

**Keywords: energy consumption, economic growth, CO<sub>2</sub> emission**

---

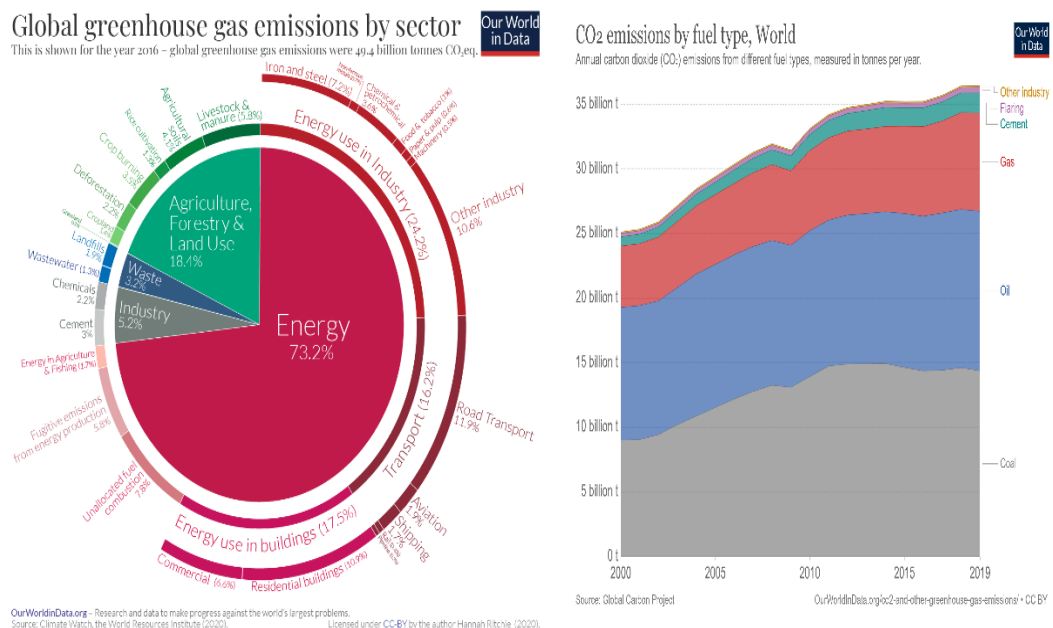
### **1. Pendahuluan**

Pada saat ini, berbagai negara di dunia menghadapi dua tantangan utama yaitu pembangunan ekonomi yang tinggi dan pelestarian lingkungan. Isu lingkungan telah menjadi isu terdepan dalam masalah kontemporer, baik untuk negara maju maupun berkembang, karena penurunan kualitas lingkungan menimbulkan kekhawatiran tentang pemanasan global dan perubahan iklim yang terutama timbul dari emisi gas rumah kaca (GRK) (Kasman & Duman, 2015). Kerusakan lingkungan, baik secara kuantitas maupun kualitas, merupakan ciri utama industrialisasi dan pembangunan yang merupakan pendorong utama

pertumbuhan ekonomi. Hal ini tak terlepas akibat penggunaan energi yang semakin masif dimana energi merupakan sumber utama pertumbuhan ekonomi karena banyak kegiatan produksi dan konsumsi melibatkan energi sebagai *input* dasar (Ashgar, 2008). Penggunaan energi yang semakin besar menandakan bahwa industri di negara tersebut mengalami kenaikan, sehingga diharapkan industri mampu meningkatkan perekonomian. Namun, di sisi lain akan berdampak pula terhadap degradasi lingkungan akibat aktivitas ekonomi yang tinggi.

Pertumbuhan ekonomi sangat terkait dengan penggunaan energi karena semakin tinggi perkembangan ekonomi maka semakin banyak energi yang digunakan (Halicioglu, 2009). Senada dengan pernyataan tersebut, pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) terbesar bersumber dari sektor energi (73,2 persen). Sektor selanjutnya yang menyumbang emisi ialah sektor pertanian, kehutanan dan tata guna lahan (18,4 persen), sektor industri lainnya (5,2 persen), dan persampahan (3,2 persen). Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan semakin meningkatnya penggunaan energi dalam menunjang berbagai aktivitas perekonomian, maka akan berdampak juga kepada kualitas lingkungan, terutama dalam hal ini adalah keluaran emisi karbon dioksida. Bila ditarik ke belakang, penyebab tingginya sektor energi sebagai penyumbang emisi ialah tak terlepas dari sumber energi yang digunakan sebagian besar berasal dari sumber energi fosil, dimana pembakaran bahan bakar fosil (seperti batubara, minyak, dan gas) mengeluarkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang besar. Dalam Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan terus meningkat setiap tahun, dimana yang terbesar ialah bersumber dari pembakaran batubara dan minyak bumi. Hal inilah yang mendorong terjadinya perubahan iklim yang cukup cepat yang berdampak pada kerusakan lingkungan lainnya.

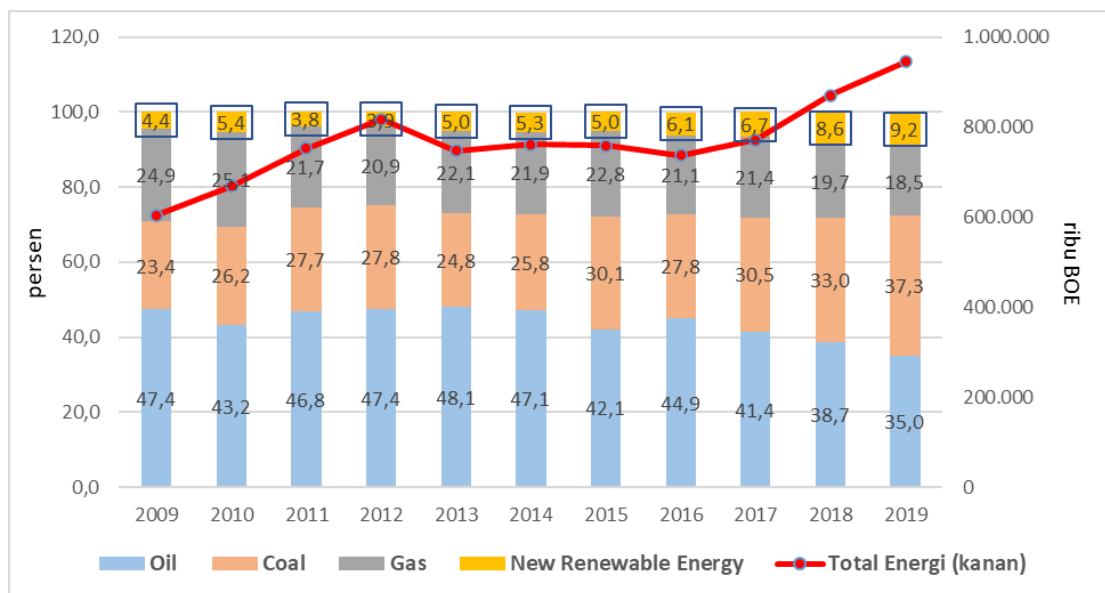
**Gambar 1. Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Sektor (Kiri, Dalam Persen) dan Berdasarkan Sumber Jenis Energi, 2000-2019 (Kanan, Ton)**



Sumber: ourworldindata.org

Dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, Indonesia telah meratifikasi *Paris Agreement* ke dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention on Climate Change* (Peretujuan Paris atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim). UU ini menegaskan pentingnya pencapaian target ambang batas peningkatan suhu bumi di bawah 2 derajat celsius dan berupaya menekan batas kenaikan suhu hingga 1,5 derajat celsius di atas suhu bumi pada masa praindustri. Untuk mencapai upaya ini, pemerintah telah menetapkan visi pengoptimalan penggunaan energi baru terbarukan (EBT). Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), pemerintah telah menetapkan peran EBT paling sedikit mencapai 23 persen dalam bauran energi nasional pada tahun 2025. Namun, pada kenyataannya bauran energi tersebut masih jauh dari target. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa energi fosil masih mendominasi dari total sumber energi bahkan penggunaan batubara sebagai sumber energi mengalami peningkatan dari 23,4 persen di tahun 2009 menjadi 37,28 persen di tahun 2019. Sementara itu, EBT baru digunakan 4,35 persen dari total sumber energi di tahun 2009 dan berjalan cukup lambat, hingga akhirnya dalam 10 tahun di tahun 2019 baru mencapai 9,18 persen.

**Gambar 2. Bauran Energi dan Konsumsi Akhir Energi Tahun 2009-2019**

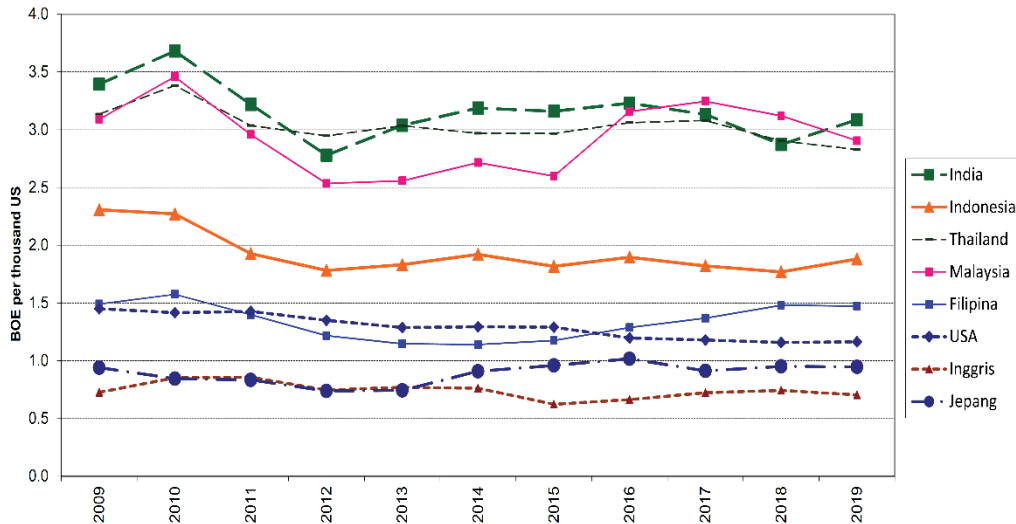


Sumber: Kementerian ESDM (2019)

Konsumsi energi yang terus mengalami peningkatan belum sejalan dengan pertumbuhan ekonomi yang justru kian melambat. Pertumbuhan ekonomi Indonesia periode 2015-2019 stagnan di kisaran 5,03 persen, sementara itu pertumbuhan ekonomi Indonesia pada periode 2010-2014 justru mampu tumbuh rata-rata 5,83 persen. Hal ini turut tercermin dengan nilai intensitas energi Indonesia yang cukup tinggi dan masih berfluktuatif (Gambar 3). Intensitas energi sendiri merupakan suatu parameter untuk mengukur efisiensi energi di sebuah negara yang dihitung dengan membagi jumlah konsumsi energi per produksi domestik bruto (PDB). Oleh karena itu, penting bagi pemerintah untuk

memformulasikan kembali kebijakan energi yang efisien dan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi yang ramah lingkungan, dimana pada tulisan ini akan dibahas bagaimana hubungan kausalitas antarvariabel pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan emisi lingkungan.

**Gambar 3. Intensitas Energi di Beberapa Negara (BOE/USD Ribu)**



Sumber: Kementerian ESDM (2019)

### 1.1. Rumusan Masalah Penelitian

Saat ini, pengelolaan energi harus menjadi modal pembangunan nasional. Dalam mewujudkannya, maka diperlukan pengelolaan energi yang optimal dari sisi hulu maupun hilir, yaitu pengelolaan sumber daya energi yang terpadu dan berkelanjutan untuk memastikan ketersediaan dan kebutuhan energi dalam negeri, pemanfaatannya yang efisien dan jaminan kemerataannya, serta pengendaliannya untuk mengurangi dampak perubahan iklim dan terjaganya fungsi lingkungan hidup. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan berbagai terobosan kebijakan, yang salah satunya adalah percepatan pembangunan infrastruktur energi dengan berprinsip pada pengelolaan yang berkelanjutan. Dari pembangunan tersebut, diharapkan akan memberikan dampak positif, baik bagi perekonomian maupun kualitas lingkungan. Indikator-indikator untuk melihat dampak tersebut di antaranya adalah tingkat konsumsi energi, PDB, dan emisi gas rumah kaca, dalam hal ini yaitu karbon dioksida. Ketiga variabel tersebut seharusnya saling berpengaruh, namun demikian, apakah benar hubungan pengaruh antara konsumsi energi, GDP, dan emisi karbon dioksida hanya bersifat satu arah, atau seluruh variabel tersebut saling memengaruhi satu sama lain. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya di beberapa negara, diperoleh hasil yang beragam terhadap hubungan kasualitas antartetiga variabel tersebut. Oleh karena itu, tulisan ini akan menguji hubungan kausalitas antarvariabel konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia pada periode 1980-2019. Hal ini penting dilakukan karena analisis hubungan ketiga faktor tersebut dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan energi di Indonesia.

## 2. Tinjauan Pustaka

Energi merupakan komponen penting dalam menjalankan aktivitas perekonomian, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun untuk aktivitas produksi di berbagai sektor perekonomian. Energi tidak hanya dipandang sebagai barang konsumsi semata, namun juga sebagai *input* yang penting bagi pengembangan serta kemajuan teknologi yang berperan signifikan bagi pembangunan ekonomi. Peranan energi terhadap perekonomian dapat dilihat dari dua sisi, yakni sisi permintaan dan sisi penawaran (Chontanawat, Hunt, dan Pierse, 2006). Dari sisi permintaan, energi merupakan salah satu produk yang langsung dikonsumsi oleh konsumen demi memaksimalkan utilitasnya. Sedangkan dari sisi penawaran, energi merupakan faktor kunci bagi proses produksi di samping modal, tenaga kerja, dan material lainnya. Dengan begitu, konsumsi energi dapat dipandang sebagai penyebab dari pertumbuhan ekonomi. Stern (2003) menggunakan perspektif fungsi produksi neoklasik untuk mengidentifikasi faktor – faktor yang memengaruhi hubungan aturan penggunaan energi dengan aktivitas ekonomi. hubungan antara energi dan *output* agregat sedemikian sehingga peningkatan PDB dapat dipengaruhi oleh: (1) substitusi antara energi dan *input* lainnya, (2) perubahan teknologi, (3) pergeseran komposisi *input* energi, (4) pergeseran komposisi *output*.

Selain pengaruh penggunaan energi terhadap pertumbuhan ekonomi, peningkatan konsumsi energi tersebut akan berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan. Energi yang dikonsumsi berasal dari bahan bakar fosil akan meningkatkan intensitas emisi gas rumah kaca dan berdampak buruk pada kualitas lingkungan. Karbon dioksida yang dihasilkan oleh penggunaan energi mendominasi sekitar 99 persen emisi gas rumah kaca, sedangkan sekitar 1 persen dihasilkan oleh metana (CH<sub>4</sub>) dan dinitro oksida (N<sub>2</sub>O) (Budiwan, 2020), dimana peningkatan konsentrasi karbon dioksida mampu memicu pemanasan global. Keadaan ini akan meningkatkan potensi perubahan iklim yang akhirnya akan berdampak buruk pada lingkungan. Sebagaimana disampaikan oleh Wang (2016) bahwa bahan bakar fosil mempunyai pengaruh terhadap pembangunan masyarakat, namun pemanasan global, ketersediaan energi, dan kelangkaan bahan bakar fosil akan berdampak terhadap kualitas lingkungan.

Teori yang menggambarkan hubungan antara tingkat pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan adalah teori *Environmental Kuznets Curve*. Panayotou, *et al.* (2003) dan Kaika D. dan Zervas E. (2013) menjelaskan kaitan antara tahapan pembangunan ekonomi dengan degradasi lingkungan dalam bentuk kurva Kuznet yang dikenal sebagai *Environmental Kuznet Curve* (EKC). EKC dibagi atas tiga tahap, yaitu pada tahap pertama, pembangunan ekonomi akan diikuti oleh peningkatan kerusakan lingkungan yang disebut sebagai *pre-industrial economics*, tahap kedua dikenal sebagai *industrial economics*, dan tahap ketiga dikenal sebagai *post-industrial economics (service economy)*. Teori ini menjelaskan bahwa kerusakan lingkungan yang parah rawan terjadi di negara-negara berkembang yang mayoritas merupakan negara-negara yang berpenghasilan per kapita rendah. Kondisi ini dikarenakan pada fase awal pertumbuhan industrialisasi sangat besar fokusnya pada perkembangan ekonomi

yang pesat dan penyerapan tenaga kerja yang besar, dimana pada fase ini terjadi korelasi positif antara degradasi lingkungan. Pada tahap berikutnya, transformasi ekonomi akan terjadi berupa pergerakan dari sektor industri ke sektor jasa. Pergerakan ini akan diikuti oleh penurunan polusi yang sejalan dengan peningkatan pendapatan. Selain itu, peningkatan permintaan akan kualitas lingkungan berjalan seiring dengan peningkatan pendapatan. Pada gilirannya, peningkatan pendapatan akan diikuti oleh peningkatan kemampuan masyarakat untuk membayar kerugian lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan ekonomi.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara penggunaan energi terhadap pertumbuhan ekonomi, penggunaan energi terhadap lingkungan, pertumbuhan energi dengan lingkungan, maupun hubungan dari ketiga variabel tersebut. Beberapa dekade ini sudah banyak penelitian yang menganalisis ketiga variabel tersebut dengan hasil berbeda tergantung pada lokasi penelitian, jenis data, dan variabel, serta alat analisis yang digunakan. Berikut beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait analisis hubungan antarvariabel penggunaan energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi lingkungan pada beberapa negara, baik dalam lingkungan global, regional, maupun nasional pada satu negara.

Pada lingkup global, terdapat beberapa penelitian yang melakukan penelitian hubungan kausal antara PDB dan emisi karbon. Di antaranya Maddison dan Rehdanz (2008) meneliti hubungan kausal antara PDB dan emisi karbon dengan data panel 134 negara selama periode 1990 hingga 2005. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tidak ada hubungan kausalitas antara emisi CO<sub>2</sub> dan PDB di Amerika Utara, Asia, dan Oseania. Untuk kasus negara maju dan berkembang, Niu *et al.* (2011) melakukan analisis hubungan ekuilibrium jangka panjang antara konsumsi energi, pertumbuhan PDB, dan emisi CO<sub>2</sub> untuk delapan negara Asia-Pasifik. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan kausalitas dari konsumsi energi hingga emisi CO<sub>2</sub>. PDB bertanggung jawab atas peningkatan konsumsi energi, dan juga terdapat kausalitas yang kuat antara PDB dan emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang di negara maju. Namun sebaliknya, hubungan tersebut tidak ada di negara berkembang. Selanjutnya, Apergis dan Payne (2010) meneliti hubungan sebab akibat antara konsumsi energi, emisi karbon dioksida dan produksi untuk sebelas negara *Commonwealth* selama periode tersebut 1992–2004 menguji hipotesis pola bentuk U terbalik terkait dengan Kurva Kuznets. Hasilnya menunjukkan hubungan kausal dua arah (*bidirectional*) antara konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang dan hubungan searah antara konsumsi energi dan produksi terhadap emisi karbon dioksida dalam jangka pendek.

Pada lingkup regional, Lean dan Smyth (2010) menggunakan Kurva Kuznets untuk menilai hubungan kausalitas antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi listrik, dan pertumbuhan energi pada lima negara ASEAN selama periode 1980-2008. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan searah (*unidirectional*) antara konsumsi listrik dan emisi CO<sub>2</sub> terhadap pertumbuhan energi untuk jangka panjang. Sementara dalam jangka pendek, juga terdapat hubungan searah dari emisi CO<sub>2</sub> terhadap konsumsi listrik. Selanjutnya, Osman *et al.* (2016) yang

meneliti hubungan konsumsi listrik dengan pertumbuhan ekonomi di negara – negara Timur Tengah pada tahun 1975-2012 dengan menggunakan *the pooled mean group estimator* (PGME). Hasil yang didapat menunjukkan bahwa terdapat hubungan kausalitas dua arah antara konsumsi listrik dan pertumbuhan ekonomi. Lebih lanjut, Dritsaki dan Dritsaki (2014) meneliti hubungan kausalitas antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi energi, dan pertumbuhan energi di tiga negara Eropa Selatan pada periode 1960-2009. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan 2 arah antara ketiga variabel tersebut. Sementara itu, untuk jangka panjang terdapat hubungan satu arah dari emisi CO<sub>2</sub> terhadap konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi dan hubungan dua arah antara energi konsumsi dan pertumbuhan energi. Hal ini menunjukkan bahwa energi merupakan penggerak pertumbuhan ekonomi, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Pada tingkat nasional, Chang (2010) menyelidiki hubungan sebab akibat antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi berdasarkan data panel untuk 28 provinsi di Tiongkok selama periode 1995-2007. Studi ini menunjukkan kausalitas dua arah dari PDB ke emisi CO<sub>2</sub> dan konsumsi minyak mentah dan batubara, serta dari konsumsi listrik ke PDB. Selanjutnya, Budiwan (2020) menguji hubungan kausalitas antara energi, pertumbuhan ekonomi, dan jumlah emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia pada periode 1965-2017. Hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi energi tidak memiliki hubungan kausalitas terhadap PDB, PDB tidak memiliki hubungan kausalitas satu maupun dua arah terhadap keluaran emisi karbon dioksida, dan konsumsi energi memiliki hubungan kausalitas dua arah terhadap keluaran emisi karbon dioksida. Namun, hubungan ini hanya berlaku satu arah dan tidak berlaku sebaliknya. Dari berbagai penelitian diatas menunjukkan hasil hubungan kausalitas yang beragam, baik searah, dua arah, maupun tidak terdapat hubungan sama sekali. Oleh karenanya, para pembuat kebijakan setiap negara harus mempertimbangkan baik-baik tingkat pertumbuhan ekonomi di setiap negara ketika kebijakan konsumsi energi dirumuskan.

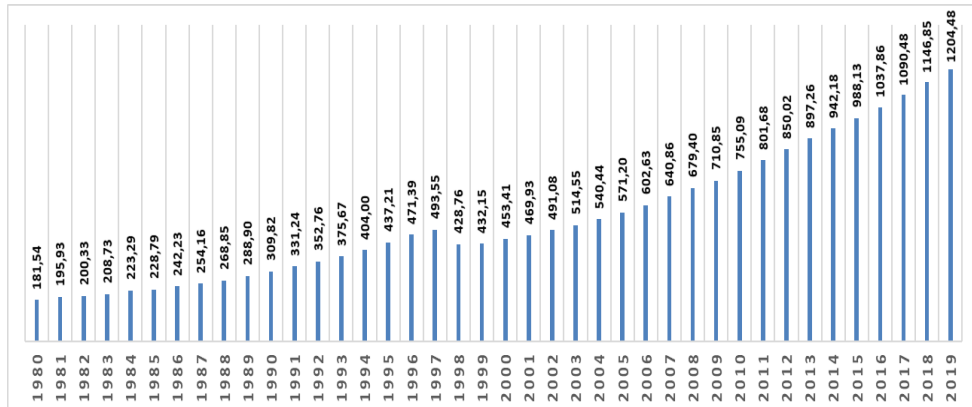
### 3. Metodologi

Penelitian ini akan menganalisis hubungan kausalitas antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon dioksida. Data yang digunakan sebagai variabel penelitian ini adalah data konsumsi energi primer, data produk domestik bruto (PDB) harga konstan, dan data emisi karbon dioksida. Adapun data yang digunakan adalah data *time series* dari tahun 1980 sampai dengan tahun 2019. Berikut deskripsi singkat terhadap data yang digunakan dalam penelitian ini:

#### a. Produk Domestik Bruto (PDB)

Pada analisis ini menggunakan data PDB harga konstan tahun 1980-2019 yang diperoleh dari *World Bank* dengan satuan miliar USD. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai PDB terendah yaitu USD181,5 miliar dan tertinggi USD1204,28 miliar. Adapun rata-rata nilai PDB Indonesia sepanjang tahun 1980-2019 ialah USD542,94 miliar dengan nilai tengah yaitu USD470,6 miliar.

**Gambar 4. Produk Domestik Bruto Indonesia Tahun 1980-2019 (Konstan, USD Miliar)**

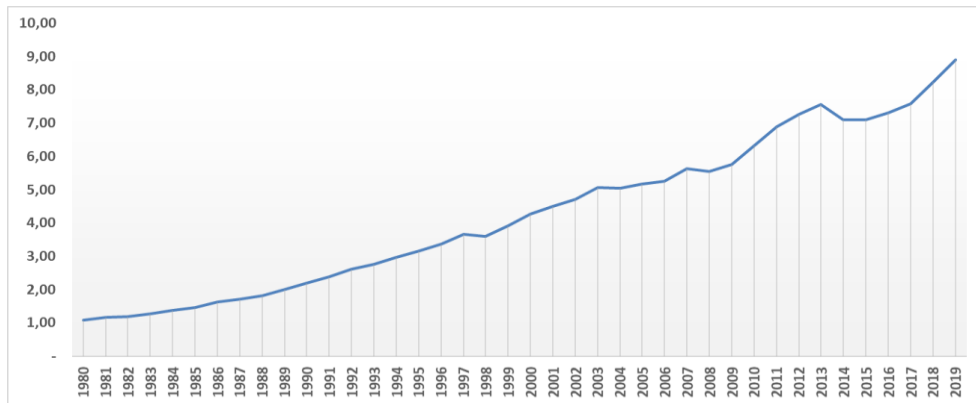


Sumber: World Bank (2021)

b. Konsumsi Energi

Data konsumsi energi yang digunakan ialah konsumsi energi primer tahun 1980-2019 yang diperoleh dari BP *Stastical Review of World Energy*. Satuan yang digunakan ialah exajoule. Pada Gambar 5 menunjukkan nilai konsumsi energi terendah yaitu 1,08 exajoule dan tertinggi 8,91 exajoule. Adapun rata-rata konsumsi energi sepanjang tahun 1980-2019 ialah 4,2 exajoule dengan nilai tengah yaitu 4,09 exajoule.

**Gambar 5. Konsumsi Energi Primer di Indonesia Tahun 1980-2019 (exajoule)**



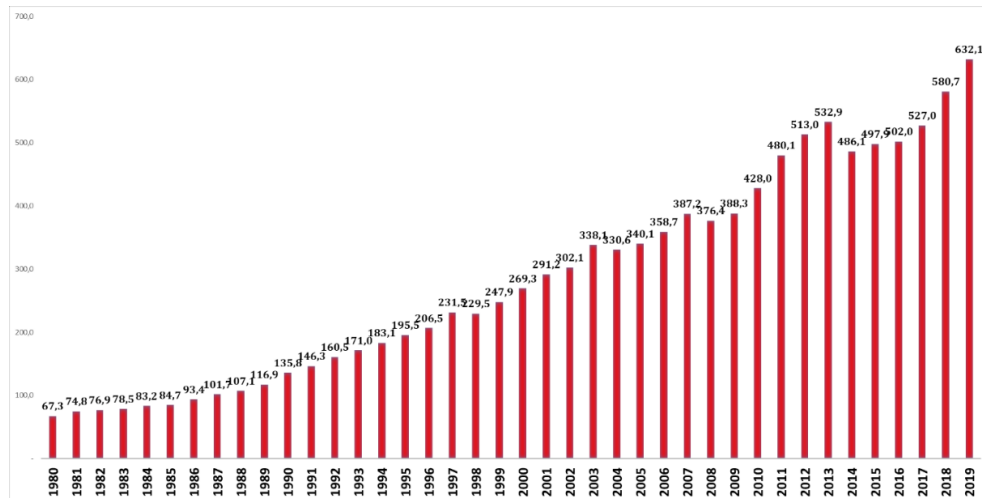
Sumber: BP *Stastical Review of World Energy 2020*

c. Emisi CO<sub>2</sub>

Data emisi yang digunakan ialah emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia selama periode 1980-2019. Data yang digunakan bersumber dari BP *Stastical Review of World Energy 2020* dengan satuan juta ton CO<sub>2</sub>. Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa angka emisi terbesar selama periode 1980-2019 ialah 632 juta ton CO<sub>2</sub>, sementara itu terkecil yaitu 67,3 juta ton CO<sub>2</sub>. Rata-rata emisi selama 4 dekade ini yaitu 283 juta ton CO<sub>2</sub>, dengan nilai tengah yaitu 258,6 juta ton CO<sub>2</sub>.



**Gambar 6. Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) di Indonesia Selama Periode 1980-2019 (Juta Ton CO<sub>2</sub>)**



Sumber: BP Stastical Review of World Energy 2020

Untuk melihat bentuk hubungan timbal balik antara variabel-variabel independen dengan variabel dependen yang diteliti apakah hubungan searah atau dua arah, maka pada penelitian ini menggunakan pengujian kausalitas *Granger*. Uji kausalitas *Granger* adalah uji hipotesis statistik untuk menentukan apakah satu rangkaian waktu berguna dalam memperkirakan yang lain (Granger, 1969).

Sebelum melakukan pengujian dengan metode *Granger Causality*, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk menentukan panjang *lag* atau *lag length*. Penentuan *lag length* adalah untuk menghindari terjadinya serial korelasi antara *error term* dengan variabel endogen dalam model yang menyebabkan estimator menjadi tidak konsisten. Hal ini berarti bahwa pemilihan *lag* yang tepat akan menghasilkan residual yang bersifat Gaussian, yakni terbebas dari permasalahan autokedastisitas (Gujarati, 1997). Dalam penentuan *lag optimal*, dilakukan dengan memilih kriteria yang mempunyai *final prediction error correction* (FPE) atau jumlah dari *Schwarz Criterion* (SC), *Hannan-Quinn Information Criterion* (HQ), *Akaike Information Criterion* (AIC) yang paling kecil diantara berbagai *lag* yang diajukan. Penentuan panjang *lag* atau *lag length* dilakukan dengan menggunakan metode *Lag Length Criteria*.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Tahap pertama analisis pada penelitian ini ialah menentukan hubungan kausalitas antarvariabel pertumbuhan ekonomi, emisi, dan konsumsi energi. Namun, sebelum melakukan uji kausalitas *Granger* tersebut dilakukan, penentuan uji *lag optimal* yang tertera pada Tabel 1. Dimana pada Tabel 1, diketahui bahwa *lag optimal* yang direkomendasikan adalah *lag* 1.

**Tabel 1. Hasil Penentuan Lag Length**

<i>Endogenous variables: GROWTH_GDP LN_EMISI LN_ENERGY</i>						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-38.80326	NA	0.001923	2.259636	2.390251	2.305684
<b>1</b>	<b>87.66089</b>	<b>225.5847*</b>	<b>3.37e-06*</b>	<b>-4.089778*</b>	<b>-3.567318*</b>	<b>-3.905586*</b>
2	90.43265	4.494740	4.77e-06	-3.753116	-2.838811	-3.430781
3	91.77340	1.956769	7.42e-06	-3.339103	-2.032953	-2.878624

Sumber: hasil pengolahan data

#### 4.1. Hasil Uji Kausalitas antara Penggunaan Energi dan Pertumbuhan Ekonomi

Hasil uji *Granger Causality* antara variabel konsumsi energi yang ditransformasikan ke dalam logaritma natural (LN\_ENERGY) dan pertumbuhan ekonomi (*GROWTH\_GDP*) disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

**Tabel 2. Hasil Uji Granger Causality antara Pertumbuhan Ekonomi dan Konsumsi Energi**

<i>Null Hypothesis:</i>	<i>Obs</i>	<i>F-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
<i>GROWTH_GDP does not Granger Cause LN_ENERGY</i>	39	0.90547	0.3477
<i>LN_ENERGY does not Granger Cause GROWTH_GDP</i>		0.02291	0.8805

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil uji kausalitas Granger menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan kausalitas antara penggunaan energi dan pertumbuhan ekonomi pada tingkat signifikansi sebesar 95% ( $\alpha=0,05$ ). Berdasarkan nilai probabilitas penggunaan energi terhadap pertumbuhan ekonomi diperoleh sebesar 0,3447 ( $> 0,050$ ) dan nilai probabilitas pertumbuhan ekonomi terhadap penggunaan energi sebesar 0,8805 ( $> 0,005$ ). Hal ini menandakan bahwa perubahan penggunaan energi selama periode penelitian tidak memengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, begitu juga sebaliknya, perubahan pertumbuhan ekonomi tidak memengaruhi penggunaan energi.

**Tabel 3. Hasil Uji Granger Causality antara Pertumbuhan PDB Industri dan Konsumsi Energi untuk Industri**

<i>Null Hypothesis:</i>	<i>Obs*</i>	<i>F-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
<i>LN_PDB_Industri does not Granger Cause LN_Energi Industri</i>	19	1.37597	0.2580
<i>LN_ENERGI_Industri does not Granger Cause LN_PDB Industri</i>		0.64035	0.4353

Sumber: hasil pengolahan data | \*) Data yang digunakan ialah data konsumsi energi untuk industri dari tahun 2000-2019 yang bersumber dari Kementerian ESDM

Selain menguji hubungan kausalitas antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi, secara umum juga dilakukan uji kausalitas antara pertumbuhan PDB sektor industri dan konsumsi energi khusus industri. Uji ini dilakukan untuk membuktikan apakah energi yang spesifik digunakan untuk sektor industri apakah sudah memengaruhi pertumbuhan ekonomi dari sektor industri, begitu juga

sebaliknya. Namun, dari Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai probabilitas PDB sektor industri terhadap konsumsi energi untuk sektor industri ialah 0,258 dan nilai probabilitas konsumsi energi untuk sektor industri dengan pertumbuhan PDB sektor industri ialah 0,435. Dengan demikian, hal ini menandakan tidak ada hubungan kausalitas antara kedua variabel tersebut.

Penelitian serupa telah banyak dilakukan dengan hasil yang berbeda bergantung pada jenis data, tempat dan waktu penelitian. Namun, terdapat beberapa penelitian dengan hasil yang serupa, di antaranya Susanto dan Laksana (2013) menguji hubungan kausalitas antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi di enam negara ASEAN selama 1998-2010. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa konsumsi energi di enam negara ASEAN tidak menyebabkan pertumbuhan ekonomi, meskipun pertumbuhan ekonomi memengaruhi konsumsi energi. Selanjutnya, penelitian oleh Budiwan (2020) menguji hubungan kausalitas antara konsumsi energi dan PDB di Indonesia pada periode 2004-2017 dan hasilnya ialah tidak terjadi kausalitas satu maupun dua arah untuk kedua variabel tersebut.

#### 4.2. Hasil Uji Kausalitas antara Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Lingkungan

Hasil uji *Granger Causality* antara variabel emisi CO<sub>2</sub> yang ditransformasikan ke dalam logaritma natural (LN\_emisi) dan pertumbuhan ekonomi (*GROWTH\_GDP*) disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4. Hasil Uji Granger Causality Antara Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi CO<sub>2</sub>**

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
<i>GROWTH_GDP does not Granger Cause LN_EMISI</i>	39	0.00856	0.9268
<i>LN_EMISI does not Granger Cause GROWTH_GDP</i>		0.02464	0.8761

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil uji kausalitas *Granger*, dapat diketahui bahwa tidak terdapat hubungan kausalitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi dan emisi lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,9268 (> 0,005), dan nilai probabilitas emisi CO<sub>2</sub> terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 0,8761 (>0,005). Hal ini berarti bahwa tinggi atau rendahnya pertumbuhan ekonomi selama periode penelitian tidak memengaruhi emisi lingkungan, dan sebaliknya tinggi atau rendahnya emisi lingkungan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Maddison dan Rehdanz (2008) yang meneliti hubungan kausal antara PDB dan emisi karbon dalam data panel untuk 134 negara selama periode 1990 hingga 2005. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tidak ada hubungan kausalitas antara emisi CO<sub>2</sub> dan PDB di Amerika Utara, Asia, dan Oseania. Putra (2019) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa tidak terjadi hubungan kausalitas maupun hubungan satu arah antara pertumbuhan ekonomi dan emisi lingkungan maupun

emisi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia pada periode 1982-2016.

#### 4.3. Hasil Uji Kausalitas antara Emisi Lingkungan dan Penggunaan Energi

Hasil uji *Granger Causality* antara variabel emisi CO<sub>2</sub> yang ditransformasikan ke dalam logaritma natural (LN\_emisi) dan konsumsi energi (LN\_ENERGY), disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5. Hasil Uji Granger Causality antara Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi CO<sub>2</sub>**

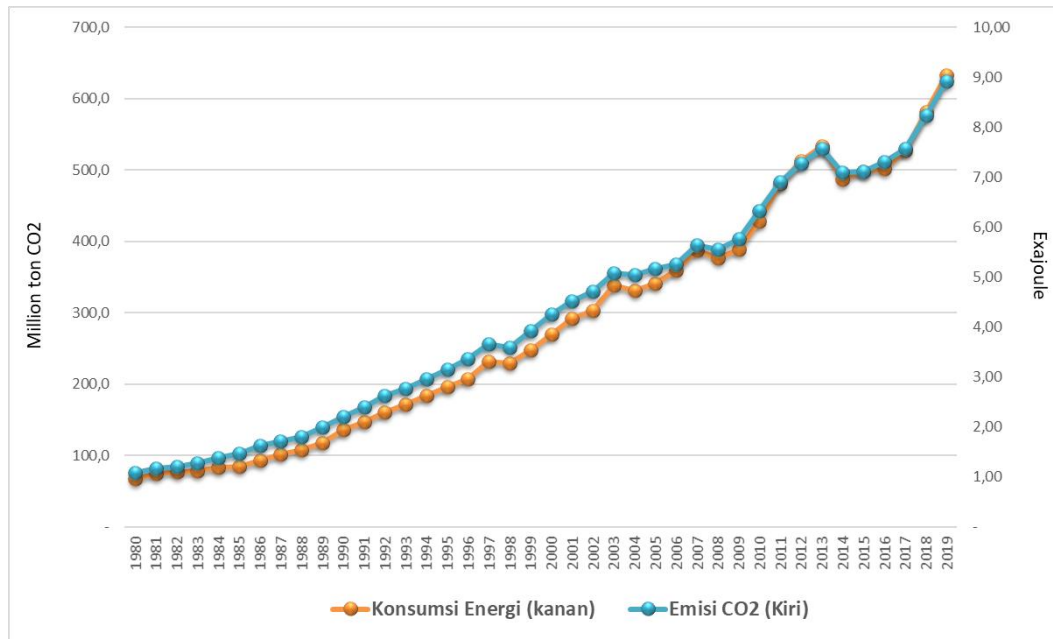
<i>Null Hypothesis:</i>	<i>Obs</i>	<i>F-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
<i>LN_ENERGY does not Granger Cause LN_EMISI</i>	39	6.98909	0.0121
<i>LN_EMISI does not Granger Cause LN_ENERGY</i>		3.37463	0.0745

*Sumber: hasil pengolahan data*

Berdasarkan hasil uji Kausalitas *Granger* dapat diketahui bahwa penggunaan energi dan emisi CO<sub>2</sub> memiliki hubungan kausalitas 1 arah, dimana terdapat hubungan searah dari konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas penggunaan energi terhadap emisi lingkungan 0,0121 (<0,05) dan nilai probabilitas emisi lingkungan terhadap penggunaan energi sebesar 0,0745 (>0,05). Dengan demikian, tinggi atau rendahnya penggunaan energi selama periode penelitian memengaruhi emisi lingkungan, namun tidak sebaliknya. Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa pergerakan antara konsumsi energi dan emisi selama periode 1980-2019 begitu selaras. Ketika konsumsi energi mengalami penurunan di tahun 1998, 2008, dan 2014, hal yang sama juga terjadi pada emisi yang sedikit mengalami pengurangan.

Penelitian dengan hasil serupa juga diperoleh Omri (2013) yang menguji kausalitas antara konsumsi energi dan emisi di 14 negara *Middle East North America* (MENA) pada periode 1990-2011 dan hasilnya ialah konsumsi energi memengaruhi emisi CO<sub>2</sub> dengan hubungan satu arah. Sementara itu, Soytaş and Sari (2009) menginvestigasi hubungan kausalitas dengan uji Granger antara emisi dan konsumsi energi di Turki, yang hasilnya ialah terjadi hubungan searah dari emisi ke konsumsi energi.

**Gambar 7. Konsumsi Energi dan Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia Selama Periode 1980-2019**



Sumber: BP Statistical Energy Review 2020

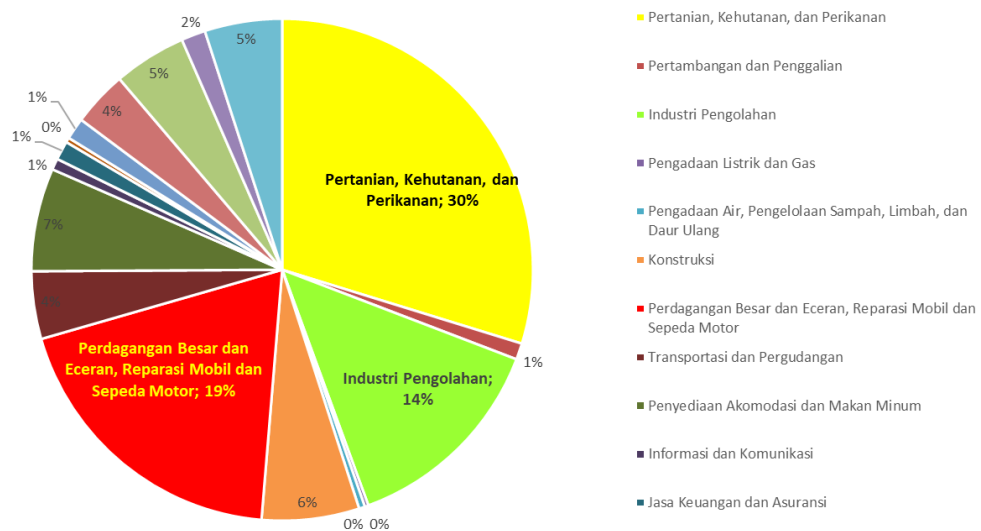
#### 4.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil uji *Granger causality* menunjukkan bahwa tidak ada hubungan kausalitas 2 arah antara pertumbuhan ekonomi dengan konsumsi energi maupun emisi CO<sub>2</sub>. Sementara itu, terjadi hubungan kausalitas satu arah dari konsumsi energi kepada emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini dapat menjadi salah satu sinyal dan pertanyaan bahwa apakah konsumsi energi di Indonesia sudah efisien sehingga penggunaan konsumsi yang rendah memengaruhi pertumbuhan yang semakin tinggi? Pertanyaan itu cukup beralasan, mengingat teknologi dapat menjadi salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi energi sehingga dapat mendorong pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Namun, apakah hal ini benar sudah terjadi di Indonesia? Bila dilihat emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia terus meningkat dan pergerakannya sangat dipengaruhi oleh konsumsi energi (Gambar 7), dan dibuktikan dengan hasil uji *Granger* yang menunjukkan bahwa energi memengaruhi emisi sehingga hal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi di Indonesia belum sepenuhnya efisien dan masih berdampak pada degradasi lingkungan yang ditunjukkan dengan emisi yang tinggi. Ditambah lagi, statistik menunjukkan tidak adanya hubungan kausalitas antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi, yang bisa diartikan bahwa konsumsi energi di Indonesia belum sepenuhnya digunakan untuk kegiatan produktif dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Sementara itu, aktivitas perekonomian di Indonesia sendiri belum berwawasan lingkungan dan berkelanjutan dilihat dari emisi yang dihasilkan cukup tinggi yang dapat berdampak pada degradasi lingkungan. Teori *Environmental Kuznet Curve* menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi mengarah pada kerusakan lingkungan, tetapi setelah tingkat pertumbuhan ekonomi tertentu masyarakat mulai meningkatkan hubungan

dengan lingkungan dan tingkat degradasi terhadap lingkungan mulai berkurang. Terkait hal itu, pada saat ini aktivitas ekonomi di Indonesia belum sepenuhnya memperhatikan daya dukung lingkungan yang dilihat dari degradasi terhadap lingkungan yang cukup tinggi begitu juga dengan emisi yang dihasilkan. Dengan demikian pengelolaan energi di Indonesia dapat dikatakan belum optimal, hal ini tidak hanya terlihat dari penggunaannya yang kurang menstimulus perekonomian, sebaliknya telah menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang cukup tinggi. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi di antaranya sebagai berikut.

1. Bentuk struktur perekonomian suatu negara akan memengaruhi seberapa besar pengaruh konsumsi energi terhadap pertumbuhan ekonomi (Budiwan, 2020). Perekonomian di Indonesia mayoritas disumbangkan oleh lapangan usaha industri, pertanian, dan perdagangan. Ketiga jenis lapangan usaha tersebut merupakan jenis lapangan usaha yang memiliki karakteristik membutuhkan tenaga kerja yang tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 bahwa 63 persen tenaga kerja di Indonesia bekerja pada sektor pertanian, perdagangan, dan industri. Namun sayangnya saat ini, penggunaan teknologi di Indonesia masih belum optimal terutama untuk sektor industri. Dimana saat ini Indonesia masih melakukan dalam persiapan dalam penerapan Industri 4.0, sehingga teknologi yang digunakan belum tinggi dan tidak bisa terlepas dari campur tangan manusia. Berdasarkan fakta tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan di Indonesia dapat dikatakan lebih kepada *labour intensive* daripada bergantung pada konsumsi energi (*non-energy intensive*).

**Gambar 8. Jumlah Tenaga Kerja Berdasarkan Lapangan Usaha pada Tahun 2019-2020**

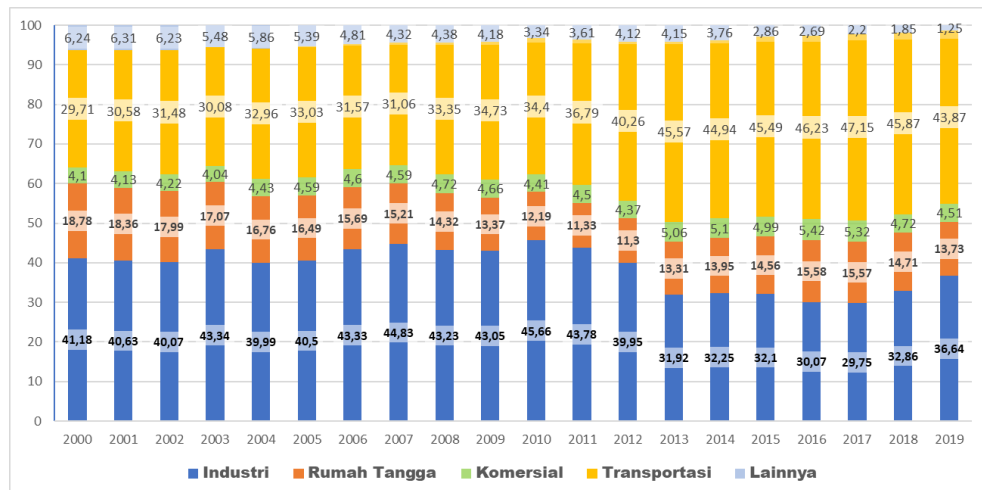


Sumber: BPS (2020)

2. Konsumsi energi sebagian besar masyarakat Indonesia didominasi oleh kegiatan non-produktif seperti sarana transportasi, dan penggunaan alat elektronik di rumah tangga. Penggunaan energi tersebut kurang menciptakan nilai tambah (*values added*) sehingga tidak berdampak pada

kenaikan PDB. Dengan demikian, konsumsi energi belum menjadi stimulus pertumbuhan energi. Bisa dilihat pada Gambar 9, dimana sejak tahun 2012, proporsi penggunaan energi untuk sektor transportasi ( $\pm 45$  persen) lebih besar dibandingkan sektor industri ( $\pm 32$  persen). Penggunaan energi yang besar pada sektor transportasi ialah berasal dari bahan bakar minyak (BBM). Ditambah lagi, impor BBM masih berperan besar dalam memenuhi kebutuhan konsumsi BBM di dalam negeri. Dengan demikian hal ini akan memengaruhi neraca perdagangan, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kinerja pertumbuhan ekonomi. Hal tersebut juga menjadi penyebab tidak signifikannya pengaruh konsumsi energi terhadap pertumbuhan ekonomi. Selain konsumsi BBM, konsumsi energi lain yang bersifat non-produktif adalah konsumsi untuk rumah tangga yaitu rata-rata sebesar 14,8 persen pada periode 2015-2019. Konsumsi energi untuk rumah tangga didominasi oleh untuk listrik sebesar 48,61 persen dan LPG sebesar 48,87 persen (Kementerian ESDM, 2019). Kedua jenis konsumsi tersebut merupakan konsumsi yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan atau utilitas setiap individu rumah tangga.

**Gambar 9. Pangsa Konsumsi Energi Berdasarkan Sektor Tahun 2000-2019 (persen)**



Sumber: Kementerian ESDM (2019)

- Emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari penggunaan energi disebabkan oleh ketergantungan dunia pada sumber energi fosil, yaitu sekitar dua per tiga dari total penggunaan energi (Luukkanen dan Kaivo-oja, 2002). Hal ini juga berlaku di Indonesia, sebagaimana terlihat pada Gambar 2 bahwa lebih dari 70 persen konsumsi energi di Indonesia masih menggunakan energi fosil yaitu minyak bumi sebesar 35 persen dan batubara sebesar 37 persen. Peningkatan penggunaan energi mampu memengaruhi emisi lingkungan di Indonesia. Jumlah kendaraan yang semakin bertambah juga sangat memengaruhi peningkatan penggunaan minyak bumi, yang nantinya dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan yang berdampak terhadap makhluk hidup lainnya.

## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tidak terdapat hubungan kausalitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi dan emisi. Dengan demikian, pertumbuhan ekonomi tidak memengaruhi emisi lingkungan, begitu juga sebaliknya, sehingga tidak terdapatnya hubungan kausalitas dan tidak ada hubungan satu arah antara pertumbuhan ekonomi dan emisi lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,9268 ( $> 0,005$ ), dan nilai probabilitas emisi CO<sub>2</sub> terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 0,8761 ( $> 0,005$ ). Lebih lanjut, penelitian ini juga menguji hubungan antara PDB untuk sektor industri dengan konsumsi energi sektor industri, hasilnya menunjukkan bahwa keduanya tidak memiliki hubungan kausalitas.
2. Tidak terdapat hubungan kausalitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi dan emisi lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,9268 ( $> 0,005$ ), dan nilai probabilitas emisi CO<sub>2</sub> terhadap pertumbuhan ekonomi sebesar 0,8761 ( $> 0,005$ ). Hal ini berarti bahwa selama periode penelitian tinggi atau rendahnya pertumbuhan ekonomi tidak memengaruhi emisi lingkungan, dan sebaliknya tinggi atau rendahnya emisi lingkungan.
3. Penggunaan energi dan emisi CO<sub>2</sub> memiliki hubungan kausalitas satu arah, dimana terdapat hubungan searah dari konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas penggunaan energi terhadap emisi lingkungan 0,0121 ( $< 0,05$ ) dan nilai probabilitas emisi lingkungan terhadap penggunaan energi sebesar 0,0745 ( $> 0,05$ ). Dengan demikian, selama periode penelitian tinggi atau rendahnya penggunaan energi memengaruhi emisi lingkungan, namun tidak sebaliknya.
4. Pengelolaan energi di Indonesia dapat dikatakan belum optimal, hal ini tidak hanya terlihat dari penggunaan energi yang kurang menstimulus perekonomian, tetapi juga menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang cukup tinggi. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi di antaranya; pertama, perekonomian Indonesia ditopang oleh 3 sektor yaitu pertanian, industri, dan perdagangan, dimana ketiga sektor tersebut menyerap 63 persen tenaga kerja. Hal ini menandakan pertumbuhan di Indonesia dapat dikatakan lebih kepada *labour intensive* daripada bergantung pada konsumsi energi (*non-energy intensive*). Ditambah penggunaan teknologi di ketiga sektor tersebut belum optimal. Kedua, konsumsi energi sebagian besar masyarakat Indonesia didominasi oleh kegiatan non-produktif seperti sarana transportasi dan penggunaan alat elektronik di rumah tangga. Ketiga, lebih dari 70 persen konsumsi energi di Indonesia masih menggunakan energi fosil yaitu minyak bumi sebesar 35 persen dan batubara sebesar 37 persen, dimana penggunaan energi yang terus meningkat mampu memengaruhi emisi lingkungan di Indonesia.



## 5.2. Rekomendasi

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa tidak terdapat hubungan kausalitas dua arah antara konsumsi energi maupun emisi terhadap pertumbuhan ekonomi, namun terdapat hubungan kausalitas satu arah dari konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Adapun beberapa rekomendasi dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Pemerintah perlu menetapkan dan menjalankan kebijakan yang mendorong efisiensi energi agar intensitas energi semakin rendah. Dengan semakin menurunnya angka intensitas energi, maka konsumsi energi yang lebih rendah akan menghasilkan *output* yang lebih tinggi sehingga konsumsi energi dapat berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Meskipun sulit untuk mengurangi permintaan energi seiring dengan penambahan jumlah penduduk, namun meningkatkan kesadaran lingkungan di masyarakat harus dilakukan. Kesadaran masyarakat yang selaras dengan tekanan peraturan pemerintah dapat menjadi solusi atas masalah degradasi lingkungan. Masyarakat harus disadarkan akan konsekuensi penggunaan produk minyak bumi berkualitas rendah dan didorong untuk menggunakan peralatan elektronik yang lebih hemat energi. Jika barang-barang tersebut mahal untuk dibeli, pemerintah dapat menyediakannya dengan harga bersubsidi.
2. Terkait tingginya emisi akibat penggunaan energi, maka diperlukan transformasi teknologi rendah karbon yang bertujuan untuk mengurangi emisi dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Hal ini tidak hanya menjaga ekonomi tetap hijau, tetapi juga melestarikan lingkungan untuk generasi mendatang.
3. Pemerintah harus mendukung dan mendorong pengembangan investasi dalam penyediaan sumber energi berbasis energi baru dan terbarukan (EBT). Hal ini dapat dilakukan dengan adanya payung hukum atau kebijakan yang mendukung investasi tersebut, salah satunya dengan segera mengesahkan Rancangan Undang-Undang Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang saat ini masih dalam proses pembahasan di Komisi VII DPR RI.
4. Dengan diterbitkannya UU EBT yang diharapkan akan dapat menarik investasi dalam penyediaan energi baru terbarukan, juga untuk mendorong pemanfaatan EBT di berbagai sektor, terutama transportasi, rumah tangga, dan pembangkit listrik. Pemanfaatan EBT di sektor transportasi dapat dilakukan dengan cara konversi BBM ke bahan bakar gas atau listrik yang dapat dimulai pada kendaraan umum. Pemanfaatan EBT pada pembangkit listrik dapat dilakukan dengan kebijakan pemberian insentif kepada pengembang, sehingga menghasilkan harga listrik yang bersumber dari EBT yang dapat bersaing dengan harga listrik dari energi fosil. Selain itu, pemanfaatan EBT oleh rumah tangga dapat dilakukan kebijakan konversi minyak tanah ke LPG dan jaringan gas kota, serta penggunaan kompor induksi listrik.

**Daftar Pustaka**

- Apergis, N., Payne, J. E. (2010). *The emissions, energy consumption, and growth nexus: Evidence from the commonwealth of independent states*. *Energy Policy*, 38, 650–655.
- Ashgar, Zahid. (2008). *Energy-GDP Relationship: A Causal Analysis for the Five Countries of South Asia*. *Applied Econometrics and International Development*. Vol. 8 No 1. pp. 167-180.
- Budiwan, Isa. (2020). *Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Emisi Karbon Dioksida Di Indonesia*. Tesis dalam Program Studi Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan. Intitut Pertanian Bogor
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Laju Pertumbuhan Produk Domestik Bruto British Petroleum. 2020. Statistical Review of World Energy*.
- Chang, C. (2010). *A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China*. *Applied Energy*, 87, 3533–3537.
- Chontanawat, J., Hunt, L., & Pierse, R. (2006). *Causality between Energy Consumption and GDP: Evidence from 30 OECD and 78 non-OECD Countries*. Survey Energy Economics Discussion Paper Series 113 dalam <http://www.seec.surrey.ac.uk>.
- Dritsaki, Chaido dan Melina Dritsaki (2014). *Causal Relationship Between Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions: A Dynamic Panel Data Approach*. *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 4, No. 2, 2014, pp.125-136 ISSN: 2146-4553.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2003). *Basic econometrics (ed.)*. Singapore: McGrew Hill Book Co.
- Granger, C. W. (1969). *Investigating Causal Relations by Econometric Models And Crossspectral Methods*. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Halicioglu, F. (2009). *An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey*. *Energy Policy*. Vol.37. No.3 pp.1156-1164. DOI:10.1016/j.enpol.2008.11.012.
- Hwang, Yoo. (2012). *Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth: Evidence from Indonesia*. *Springer Science Business Media* (12). 63-73.
- Kaika, Dimitra., Efthimios Zervas. (2013). *The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case*. *Energy Policy*. Vol. 62. pp 1392-1402. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>.
- Kementerian ESDM. (2019). *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2010, 2015, 2019*.
- Lean, H.H., Smyth, R. (2010). *CO2 Emissions, Electricity Consumption and Output in Asean*, *Applied Energy*. 87(6), 1858-1864

- Luukkanen, J. & Kaivo-oja J. (2002). *ASEAN Tigers and Sustainability of Energy Use Decomposition Analysis of Energy and CO2 Efficiency Dynamics*. Energy Policy. 30,281-292.
- Maddison, D, and K. Rehdanz (2008). *Carbon Emissions and Economic Growth: Homogeneous Causality in Heterogeneous Panels*. Working Paper No. 1437, Kiel Institute for the World Economy.
- 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.
- Omri, A. (2013). *CO 2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: evidence from simultaneous equations models*. Energy economics 40: 657-664.
- Osman M, Gachino G, Hoque A. (2016). *Electricity Consumption and Economic Growth in the GCC Countries: Panel data analysis*. Energy Policy. 23. 318 - 327.
- Our World in Data. (2020). *CO2 Emission by Fuel Type*. Diakses dari <https://ourworldindata.org/grapher/co2-by-source?tab=chart&stackMode=absolute&time=2000..latest&region=World>.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*.
- Pao, H., Tsai, C. (2011). *Modeling and forecasting the CO2emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil*. Energy, 36, 2450–2458.
- Putra, Serdo Nurdi Dan Alpon Satrianto. (2019). *Analisis Hubungan Kausalitas Penggunaan Energi, Pertumbuhan Ekonomi Dan Emisi Lingkungan di Indonesia*. Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan, Volume 1, Nomor 1, Februari 2019, Hal 49-68. Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang.
- Stern, David. (2003). *Energy and Economics Growth*. Encyclopedia of Energy. Volume 2. Elsevier Inc.
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). *Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member*. Ecological Economics, 68, 1667–1675.
- Susanto, Joko dan Dwi Hari Laksana. (2013). *Uji Kausalitas antara Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Ekonomi di ASEAN*. Buletin Ekonomi Vol 11, No.1 April 2013 Hal 1-86.
- World Bank. (2020). *World Development Indicators: GDP Constant 2010*.
- Zaekhan. (2012). *Dampak GDP per Kapita dan Energi Terbarukan pada Emisi Karbondioksida Negara G-20*. Depok: Program Pascasarjana Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi UI.