



## Analisis Pengaruh Konsumsi Listrik dan Konsumsi Bahan Bakar Fosil Terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia

Peni Rachmawati Hanifah<sup>1</sup>, I. B. Putu Purbadharmaja<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup>Ekonomi Pembangunan, Universitas Udayana

Email: [penihanifah7@gmail.com](mailto:penihanifah7@gmail.com)<sup>1</sup>, [purbadharmaja@unud.ac.id](mailto:purbadharmaja@unud.ac.id)<sup>2</sup>

**Abstract:** The current warming trend is a negative externality of human activities since the mid-1800s and is proceeding at a pace unprecedented over the past millennia, such as increased energy consumption leading to an increase in the concentration of CO<sub>2</sub> gas and other gases in the atmosphere. CO<sub>2</sub> gas has the largest contribution to global warming at about 56%. Increased energy consumption that causes an increase in CO<sub>2</sub> gas because the use of energy consumption in Indonesia is still dominated by fossil energy consumption produced from fossil fuels and often uses technology that is not environmentally friendly so that it can trigger an increase in Greenhouse Gas (GHG) emissions which is the largest contributor to global warming. In response to this warming trend, Indonesia has ratified the Kyoto Protocol in 1997 into Law Number 17 of 2004 and the Paris Agreement into Law Number 16 of 2016 in an effort to reduce the temperature rise limit to 1.5°C above the earth's temperature in pre-industrial times. The objectives of this study are (1) To analyze the effect of electricity consumption and fossil fuel consumption simultaneously on the negative externalities of GHG emissions in Indonesia. (2) To analyze the effect of electricity consumption and fossil fuel consumption partially on the negative externalities of GHG emissions in Indonesia. The data used is secondary data, with multiple linear analysis techniques. The results showed that (1) Electricity consumption and fossil fuel consumption simultaneously affect the negative externalities of GHG emissions in Indonesia. (2) Electricity consumption partially has a positive and significant effect on the negative externalities of GHG emissions in Indonesia. (3) Fossil fuel consumption partially has a positive and insignificant effect on the negative externalities of GHG emissions in Indonesia.

**Keywords:** Electricity Consumption, Energy Consumption, Fossil Fuel Consumption, Greenhouse Gas, Negative Externalities

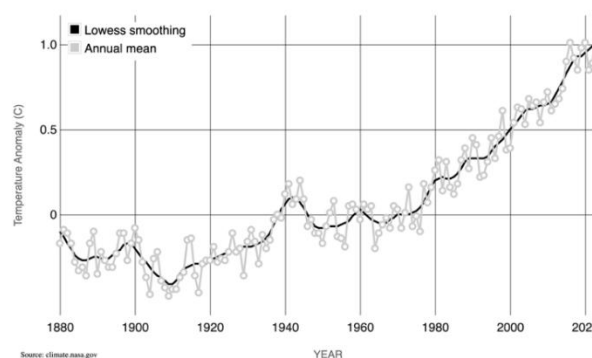
**Abstrak:** Tren pemanasan suhu saat ini merupakan eksternalitas negatif dari aktivitas manusia sejak pertengahan tahun 1800-an dan berlangsung dengan kecepatan yang belum pernah terjadi selama ribuan tahun terakhir, seperti peningkatan konsumsi energi yang menyebabkan terjadinya kenaikan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dan gas-gas lainnya di atmosfer. Gas CO<sub>2</sub> mempunyai kontribusi terbesar terhadap pemanasan global sekitar 56%. Peningkatan konsumsi energi yang menyebabkan peningkatan gas CO<sub>2</sub> karena penggunaan konsumsi energi di Indonesia masih didominasi oleh konsumsi energi fosil yang dihasilkan dari bahan bakar fosil dan seringkali menggunakan teknologi yang tidak ramah lingkungan sehingga dapat memicu peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang merupakan kontributor terbesar terhadap pemanasan global. Dalam menanggapi tren pemanasan suhu ini, Indonesia telah meratifikasi Protokol Kyoto pada tahun 1997 ke dalam Undang-Undang Nomor 17 tahun 2004 dan Paris Agreement ke dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 dalam upaya menekan batas kenaikan suhu hingga 1,5°C di atas suhu bumi pada masa pra-industri. Tujuan penelitian ini adalah (1) Untuk menganalisis pengaruh konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar fosil secara simultan terhadap eksternalitas negatif emisi GRK di Indonesia. (2) Untuk menganalisis pengaruh konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar fosil secara parsial terhadap eksternalitas negatif emisi GRK di Indonesia. Data yang digunakan adalah data sekunder, dengan teknik analisis linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar fosil berpengaruh secara simultan terhadap eksternalitas negatif emisi GRK di Indonesia. (2) Konsumsi listrik secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap eksternalitas negatif emisi GRK di Indonesia. (3) Konsumsi bahan bakar fosil secara parsial berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap eksternalitas negatif emisi GRK di Indonesia.

**Kata Kunci:** Eksternalitas Negatif, Gas Rumah Kaca, Konsumsi Bahan Bakar Fosil, Konsumsi Energi, Konsumsi Listrik

## 1. PENDAHULUAN

Isu lingkungan yang sedang ramai diperbincangkan belakangan ini terkait suhu bumi yang semakin hari semakin panas atau biasa yang dikenal sebagai perubahan iklim. Menurut (NASA, 2023), tren pemanasan suhu saat ini berbeda karena hal ini jelas merupakan suatu eksternalitas negatif yang dihasilkan dari aktivitas manusia sejak pertengahan tahun 1800-an, dan berlangsung dengan kecepatan yang belum pernah terjadi selama ribuan tahun terakhir. Tidak dapat dipungkiri bahwa aktivitas manusia telah menghasilkan gas-gas di atmosfer yang memerangkap lebih banyak energi matahari di sistem bumi. Energi ekstra ini telah menghangatkan atmosfer, lautan, dan daratan, serta telah terjadi perubahan yang luas dan cepat di atmosfer, lautan, kriosfer, dan biosfer. Para ilmuwan mengaitkan tren pemanasan global ini dengan perluasan Efek Rumah Kaca Green House Effect (GHE) yang dilakukan manusia.

Fenomena perubahan iklim semakin mengkhawatirkan serta memicu dampak yang lebih luas. Hal itu terlihat dari berbagai peristiwa alam terkait iklim, dari suhu udara yang lebih panas, terganggunya siklus hidrologi, hingga maraknya bencana hidrometeorologi di berbagai belahan dunia. Di Indonesia sendiri, perubahan iklim yang terjadi pada sektor kelautan terbukti dengan adanya contoh nyata kemunculan siklon tropis Seroja yang mengakibatkan bencana banjir bandang dan longsor di Nusa Tenggara Timur (NTT) pada April 2021. Padahal fenomena siklon bisa dikatakan sangat jarang terjadi terbentuk di wilayah tropis seperti Indonesia. Namun, selama 10 tahun terakhir kejadian siklon tropis semakin sering terjadi (KOMINFO, 2023).



**Gambar 1.** Anomali Temperatur Global dari Tahun ke Tahun

Sumber: Climate.nasa.gov, 2023

Grafik di atas menggambarkan indeks suhu daratan dan lautan secara global. Dari grafik tersebut dapat dianalisis bahwa dunia telah mengalami peningkatan suhu secara signifikan. Peningkatan suhu ini utamanya disebabkan oleh perkembangan teknologi yang menghasilkan eksternalitas negatif berupa emisi yang kemudian merusak lingkungan. Hasil kajian para ilmuwan yang tergabung dalam Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC)

menyimpulkan bahwa perubahan iklim yang mendorong pemanasan global terlihat secara nyata pada 150 tahun terakhir yang ditunjukkan melalui hadirnya anomali kondisi alam, seperti naiknya suhu rata-rata udara dan laut, cairnya salju es di beberapa tempat, dan meningkatnya permukaan air laut secara global (Abdulah, 2019).

Perkembangan industri yang dibarengi dengan teknologi tidak ramah lingkungan khususnya di negara berkembang telah meningkatkan emisi gas rumah kaca. Keberadaan industri dapat memberikan manfaat bagi masyarakat dengan terbukanya lapangan pekerjaan yang dapat meningkatkan taraf kesejahteraan masyarakat di sekitar industri. Degradasi atau penurunan kualitas lingkungan lebih besar terjadi pada negara berkembang ketimbang negara maju karena negara berkembang sedang berada pada tahap industrialisasi. Sebaliknya, pergerakan perekonomian pada negara maju telah mengalami transisi dari industrialisasi menuju sektor jasa, sehingga polusi yang bersumber dari penggunaan energi pada negara maju akan lebih rendah pertumbuhannya (Hayami & Godo, 2005).

Aktivitas manusia yang paling besar menyumbang emisi gas rumah kaca adalah aktivitas industri. Perusahaan sebagai pelaku ekonomi yang menjalankan aktivitas industri memiliki peluang besar menghasilkan emisi gas rumah kaca (Prafitri & Zulaikha, 2016). Beberapa industri mungkin akan menjadi perhatian publik terutama industri-industri dimana operasi bisnisnya akan menghasilkan tingkat gas rumah kaca yang besar dan berbahaya (PWC, 2008). Jenis industri yang intensif karbon seperti pertanian, energi dan transportasi, serta industri dasar dan kimia yang menghasilkan kerusakan lingkungan dan emisi karbon yang tinggi dibandingkan dengan jenis perusahaan yang non intensif seperti yang bergerak di bidang jasa, perdagangan, dan lain sebagainya (Prafitri & Zulaikha, 2016). Adapun industri-industri yang mengandalkan bahan bakar untuk mengendalikan peralatan atau kendaraan, pembangkit listrik, dan bahan bakar untuk transportasi yang dapat mempengaruhi pengendalian emisi gas rumah kaca secara langsung (Choi et al., 2013)

Dalam menanggapi anomali yang terjadi di dunia saat ini, 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 (Persetujuan 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°C dan berupaya menekan batas kenaikan suhu hingga 1,5°C di atas suhu bumi pada masa pra-industri. 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 (Pratiwi, 2021).

Dalam konferensi Global Climate & SDG Synergy yang dilakukan pada tahun 2022, pengurangan emisi pada industri skala besar dan sektor transportasi memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan dan dapat menghemat biaya. Dalam beberapa tahun terakhir telah dilakukan banyak studi terkait peningkatan kualitas udara di daerah perkotaan dan daerah yang tengah mengalami industrialisasi. Adapun seiring dengan kualitas udara yang meningkat begitupula kualitas kesehatan dan juga stabilitas iklim, hal ini juga tidak terlepas dari peningkatan efisiensi energi di industri seperti, semen, baja dan industri berat lainnya. Selain itu peningkatan teknologi kendaraan, peralihan ke transportasi umum dan perumahan dalam desain perkotaan membawa pengurangan yang signifikan dalam berbagai polutan (PM 2.5 dan NOx) dan emisi gas rumah kaca (GRK) (Global Climate & SDG Synergy Conference, 2022).

Sejalan dengan yang dituju oleh Global Climate & SDG Synergy Conference 2022, terkait langkah-langkah kebijakan utama dan tindakan spesifik di bidang-bidang yang dapat membantu mewujudkan manfaat dari iklim maupun SDGs seperti pada bidang pangan dan pertanian, energi, pertumbuhan ekonomi, lapangan kerja, keanekaragaman hayati, pengurangan risiko bencana, ekonomi sirkular, air dan sebagainya (Global Climate & SDG Synergy Conference, 2022). Adapun menurut (Fasikha & Yuliadi, 2018) menunjukkan bahwa sektor energi adalah penyebab utama polusi dan penurunan kualitas udara.

**Tabel 1** Data Pemakaian Bahan Bakar dari Pembangkit Listrik PLN Berdasarkan Jenis Tahun 2014-2022

| Tahun        | Jenis Bahan Bakar           |                    |                     |                   |
|--------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
|              | Minyak Bumi<br>(Kilo Liter) | Batu Bara<br>(Ton) | Gas Alam<br>(MMSCF) | Biomassa<br>(Ton) |
| 2014         | 7.431.005                   | 44.604.981         | 450.190             | 0                 |
| 2015         | 5.473.892                   | 48.125.940         | 456.494             | 0                 |
| 2016         | 4.667.032                   | 50.556.446         | 505.125             | 0                 |
| 2017         | 3.598.223                   | 54.711.847         | 447.072             | 0                 |
| 2018         | 4.055.804                   | 60.481.245         | 465.419             | 0                 |
| 2019         | 3.118.762                   | 67.008.829         | 479.776             | 0                 |
| 2020         | 2.669.946                   | 66.683.392         | 378.246             | 9.731             |
| 2021         | 3.090.844                   | 68.474.268         | 397.765             | 282.628           |
| 2022         | 2.987.910                   | 70.444.162         | 381.620             | 585.705           |
| <b>Total</b> | <b>37.093.418</b>           | <b>531.091.110</b> | <b>3.961.707</b>    | <b>878.064</b>    |

*Sumber: PT PLN (Persero), 2022*

Pada Tabel 1 dapat di lihat bahwa konsumsi energi yang menghasilkan konsumsi listrik di Indonesia didominasi oleh konsumsi energi fosil yang dihasilkan dari bahan bakar fosil. Sedangkan, bahan bakar fosil ketersediaannya sangat terbatas. Penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi fosil secara terus menerus akan mengakibatkan cadangan menipis (Afriyanti et al., 2020). Konsumsi energi listrik di Indonesia mengalami tren peningkatan yang signifikan, di mana Indonesia tercatat sebagai negara dengan tingkat konsumsi energi terbesar di kawasan Asia Tenggara dan menempati urutan kelima di wilayah Asia Pasifik. Di sisi lain, Indonesia juga menghadapi tantangan terkait penurunan cadangan energi fosil, yang belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru yang memadai (Kurniarahma et al., 2020). Peningkatan konsumsi listrik dan bahan bakar fosil menjadi dua variabel penting yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia. Ketika konsumsi listrik dan bahan bakar fosil mengalami peningkatan, hal ini akan menyebabkan terjadinya eksternalitas negatif, yaitu meningkatnya intensitas emisi gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim dan kerusakan lingkungan.

## **2. KAJIAN PUSTAKA.**

### **Gas Rumah Kaca**

Istilah Gas Rumah Kaca mengemuka seiring dengan isu pemanasan global dan perubahan iklim yang dampaknya telah dirasakan di berbagai wilayah di Indonesia. Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli yaitu menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Gas-gas di atmosfer yang bersifat seperti rumah kaca disebut “Gas Rumah Kaca” atau GRK. Terminologi Gas Rumah Kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi infra merah. Sebagian radiasi dari matahari dalam bentuk gelombang pendek ini diterima permukaan bumi dan dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah).

### **Konsumsi Listrik**

Menurut Rohi (2001) dalam (Rifais, 2018), energi listrik dihasilkan dari berbagai energi-energi potensial seperti energi fosil yakni batu bara, minyak bumi, maupun gas alam atau yang lainnya. Selain itu energi listrik juga dihasilkan dari sumber daya yang dapat diperbaharui seperti air, angin, matahari, panas bumi, dan yang lainnya. Energi listrik adalah energi yang berasal dari muatan listrik yang memiliki medan listrik atau electron yang bergerak pada konduktor. Energi

listrik dapat diciptakan oleh konversi energi yang lain dan bahkan energi listrik ini juga dapat diubah kembali menjadi energi lain.

### **Konsumsi Bahan Bakar Fosil**

Konsumsi bahan bakar fosil sudah menjadi ketergantungan bagi manusia untuk mengkonsumsinya. Hal ini dapat memicu peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca (GRK), namun emisi yang dihasilkan dari ketiga bahan bakar fosil ini (minyak bumi, batu bara dan gas) berbeda-beda (Irawan & M. Suparmoko, 2008). Bahan Bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Sumber energi tak terbarukan merupakan sumber energi yang terdapat di alam bebas, namun energi tersebut tidak dapat diperbaharui karena persediaannya terbatas.

### **Teori Konsumsi**

Menurut (Samuelson & Nordhaus, 2001), konsumsi adalah pengeluaran untuk membeli barang-barang dan jasa akhir untuk mendapatkan kepuasan ataupun memenuhi kebutuhannya. Konsumsi tidak hanya sebatas mengonsumsi makanan dan minuman tetapi konsumsi memiliki pengertian lebih luas yaitu mengonsumsi barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan manusia. Barang dan jasa akhir yang dimaksud adalah barang dan jasa yang sudah siap dikonsumsi oleh konsumen. Adapun pengertian pengeluaran konsumsi menurut teori ekonomi makro yaitu masyarakat yang berperilaku membelanjakan sebagian dari pendapatan untuk membelikan sesuatu.

### **Teori Energi**

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) dalam bidang fisika energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, misalnya untuk energi listrik dan mekanika. Energi adalah gaya atau kekuatan yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Misalnya dapat merupakan bagian atau suatu bahan atau tidak terkait pada bahan, seperti sinar matahari. Energi juga dapat diartikan sebagai tenaga.

### **Teori Eksternalitas**

Menurut (Pindyck & Rubinfeld, 2001), eksternalitas diartikan sebagai efek langsung dari aktivitas seseorang atau perusahaan terhadap kesejahteraan orang lain atau perusahaan lain baik pada produksi maupun konsumsi, yang dalam hal ini tidak diatur oleh harga pasar. Sedangkan menurut (Rosen, 1988) eksternalitas terjadi ketika aktivitas suatu satu kesatuan mempengaruhi

kesejahteraan kesatuan yang lain yang terjadi di luar mekanisme pasar (non market mechanism). Tidak seperti pengaruh yang ditransmisikan melalui mekanisme harga pasar, eksternalitas dapat mempengaruhi efisiensi ekonomi. Dalam hal ini eksternalitas merupakan konsekuensi dari ketidakmampuan seseorang untuk membuat suatu property right.

### **3. METODE PENELITIAN**

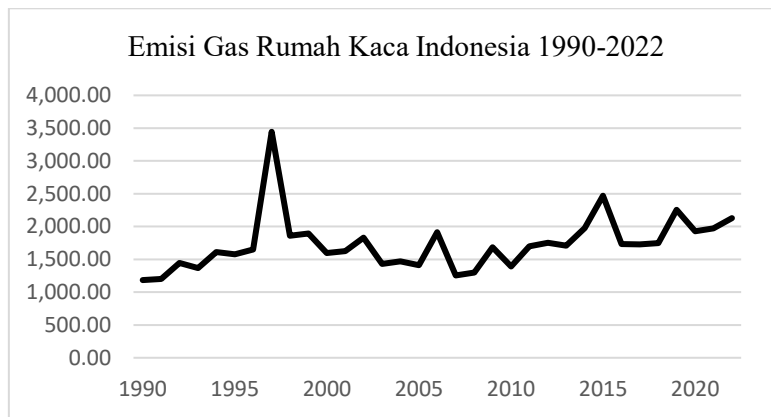
Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan asosiatif. Pendekatan kuantitatif berbentuk asosiatif digunakan untuk mengetahui pengaruh atau hubungan antara dua variabel atau lebih (Sugiyono, 2018). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar fosil terhadap eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca di Indonesia.

### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Gambaran Umum Indonesia**

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah sebesar 1.904.569 km<sup>2</sup>, serta negara dengan pulau terbanyak ke-6 di dunia, dengan jumlah 17.504 pulau dan hanya sekitar 7.000 pulau yang berpenghuni. Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Sumatra dan Papua merupakan pulau utama di Indonesia. Selain itu Indonesia juga memiliki pulau-pulau kecil seperti Bali, Karimunjawa, Gili dan Lombok yang merupakan tujuan wisata lokal maupun internasional. Ibukota negara Indonesia adalah Jakarta, yang terletak di Pulau Jawa. Dilihat dari segi geografis, kepulauan Indonesia terletak antara 5° 54' 08" bujur utara hingga 11° 08' 20" bujur selatan dan 95°00'38" sampai 141°01'12" bujur timur. Beberapa pulau terletak di garis ekuator. Karena itu, siang dan malam memiliki waktu yang hampir sama, yaitu 12 jam. Atas dasar letak geografis yang luas, wilayah Indonesia dibagi menjadi 3 zona waktu yaitu WIB (Waktu Indonesia Barat), WITA (Waktu Indonesia Tengah) dan WIT (Waktu Indonesia Timur). Dari satu pulau ke pulau lainnya dapat terjadi perbedaan waktu hingga 8 jam. Indonesia beriklim tropis yang menjadikan Indonesia menjadi tujuan wisata yang utama. Waktu terbaik untuk berwisata ke Indonesia adalah saat musim panas yang berlangsung mulai bulan April hingga Oktober. Bulan Maret dan November merupakan pergantian musim. Dimana saat pergantian musim, cuaca di Indonesia dapat menjadi tidak menentu. Hujan, panas matahari dan angin lebat dapat datang bersamaan dalam satu hari. Sementara itu, musim hujan biasanya berlangsung mulai bulan Desember hingga Maret.

## Perkembangan Emisi Gas Rumah Kaca



**Gambar 2** Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia (Miliar Ton), 1990-2022

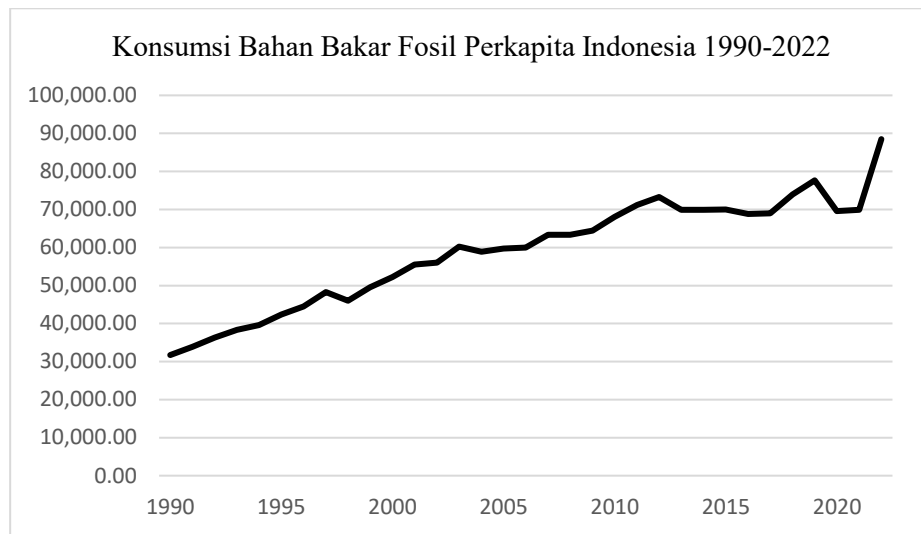
*Sumber: Our World in Data, 2023*

Berdasarkan Gambar 2 perkembangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menunjukkan bahwa dari 1990-2022 mengalami fluktuasi. Pada tahun 1997 melonjak secara signifikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Peningkatan emisi ini disebabkan oleh kebakaran hutan dan deforestasi yang meluas. Dimana emisi GRK Indonesia pada tahun 1997 meningkat tajam sekitar 1.2 milyar ton CO<sub>2</sub>e, dari tahun-tahun sebelumnya (*year-on-year/yoy*). Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi akan menimbulkan suatu permasalahan serius di Indonesia bahkan seluruh dunia yaitu adanya perubahan iklim dan pergeseran cuaca ekstrem yang ditimbulkan dari pemanasan global (*global warming*). GRK merupakan salah satu penyebab timbulnya pemanasan global dimana kandungan di dalam GRK terdiri dari gas yang mengandung flour, metana (CH<sub>4</sub>), nitro oksida (N<sub>2</sub>O), dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Emisi CO<sub>2</sub> merupakan hal terpenting diantara keempat kategori GRK tersebut karena emisi CO<sub>2</sub> menyumbang sekitar 75% dari total emisi gas rumah kaca di dunia (Sukardi, 2012).

Volume emisi gas rumah kaca Indonesia pada 2022 mencapai 2.127,22 miliar ton CO<sub>2</sub>e atau sekitar 2,3% dari total emisi gas rumah kaca global, dimana meningkat 10% dibanding tahun sebelumnya (*year-on-year/yoy*), sekaligus menjadi rekor tertinggi baru. Persentase peningkatan tahunan pada tahun 2022 ini juga merupakan yang paling besar dibanding negara-negara lain (*Global Climate & SDG Synergy Conference, 2022*). Karena hal ini pemerintah Indonesia terus berupaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sesuai dengan target yang tercantum dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC). Di dalam NDC, target penurunan emisi sebesar 29% pada Tahun 2030 diterjemahkan menjadi angka 834 juta ton CO<sub>2</sub>e untuk seluruh sektor. Sektor energi mendapatkan porsi penurunan emisi sebesar 314 juta ton CO<sub>2</sub>e.



## Perkembangan Konsumsi Bahan Bakar Fosil



**Gambar 3** Konsumsi Bahan Bakar Fosil Perkapita Indonesia (kWh),  
1990-2022

*Sumber: Our World in Data, 2023*

Berdasarkan Gambar 3 perkembangan konsumsi bahan bakar fosil dapat disimpulkan bahwa dari tahun 1990-2022 konsumsi bahan bakar fosil di Indonesia hampir selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya. Meningkatnya konsumsi bahan bakar di Indonesia ini menjadi salah satu permasalahan di Indonesia dikarenakan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil dapat menurunkan cadangan energi yang dimiliki. (Kementerian ESDM, 2023) menyatakan bahwa cadangan energi fosil Indonesia mengalami penurunan dan belum mampu menemukan cadangan baru. Dimana saat ini di Indonesia konsumsi bahan bakar fosil mencapai 44% dan diikuti oleh konsumsi listrik sebesar 20%. Energi fosil masih jadi sumber energi utama Indonesia, khususnya minyak bumi. Dari konsumsi minyak bumi 1,6 juta barrel per hari, Indonesia hanya memproduksi 700.000-800.000 barrel per hari (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023).

## Perkembangan Konsumsi Listrik



**Gambar 4** Konsumsi Listrik Perkapita Indonesia (kWh), 1990-2022

*Sumber: World Bank, 2023*

Berdasarkan Gambar 4 perkembangan konsumsi listrik dari tahun 1990-2022 dapat dilihat bahwa rata-rata konsumsi listrik penduduk Indonesia selalu naik setiap tahun. Pada tahun 2022 level konsumsi listrik naik sekitar 4% dibanding 2021 (*year-on-year/yo*y), sekaligus menjadi rekor tertinggi baru dalam lima dekade terakhir. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh penggunaan alat elektronik yang semakin hari semakin meningkat dan diiringi dengan semakin majunya digitalisasi terutama di sektor rumah tangga. Selain itu, permintaan listrik juga bersumber dari komersial yang berbahan bakar minyak ke penggunaan listrik *on grid* dan sektor industri karena adanya substitusi penggunaan genset.

## Pembahasan

### Pengaruh Simultan Konsumsi Listrik (X1), dan Konsumsi Bahan Bakar Fosil (X2) terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca (Y) di Indonesia

Berdasarkan hipotesis dalam penelitian menyatakan bahwa Konsumsi Listrik dan Konsumsi Bahan Bakar Fosil berpengaruh secara simultan terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. Hasil pengujian memperoleh nilai F-hitung sebesar 3,62 dan tingkat signifikansi sebesar  $0,0388 < 0,05$ . Dapat disimpulkan bahwa variabel konsumsi listrik (X1), dan konsumsi bahan bakar fosil (X2) berpengaruh secara simultan terhadap variabel eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca (Y) di Indonesia.

Hal ini berarti bahwa konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar fosil secara bersama-sama memiliki pengaruh signifikan terhadap eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca di Indonesia. Menurut teori neoklasik, penggunaan sumber daya, seperti konsumsi listrik dan

bahan bakar fosil, dapat memengaruhi hasil lingkungan, dalam hal ini emisi gas rumah kaca. Teori neoklasik berpendapat bahwa perilaku konsumen dan produsen dipengaruhi oleh harga dan biaya, yang dalam konteks ini mencakup biaya eksternal dari emisi. Peningkatan konsumsi energi dapat meningkatkan emisi, dimana hal ini menunjukkan perlunya intervensi dari pemerintah dan masyarakat untuk menginternalisasi biaya eksternal dan mendorong penggunaan sumber energi yang lebih bersih untuk mengurangi dampak lingkungan (Arsyad, 1992). (Pao & Tsai, 2010) juga menemukan hubungan equilibrium jangka panjang pada siklus antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi energi dan output nyata untuk negara. Konsumsi energi dalam jangka panjang berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>

### **Pengaruh Parsial Konsumsi Listrik (X<sub>1</sub>) terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca (Y) di Indonesia**

Berdasarkan hipotesis dalam penelitian menyatakan bahwa Konsumsi Listrik berpengaruh positif terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. Hasil pengujian memperoleh nilai koefisien beta Konsumsi Listrik terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca bernilai positif sebesar 0,124 dengan nilai signifikansi sebesar (0,0338) < 0,05 yang berarti H<sub>0</sub> ditolak. Hal tersebut menunjukkan bahwa hipotesis Konsumsi Listrik berpengaruh positif terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia adalah terbukti.

Penelitian oleh Nadeak & Nasrudin (2023) dalam judul "Pengaruh PDB per Kapita dan Konsumsi Energi terhadap Emisi GRK di Indonesia" menyimpulkan bahwa konsumsi energi berpengaruh positif terhadap emisi gas rumah kaca, terutama karena sebagian besar energi listrik di Indonesia masih bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan gas. Peningkatan konsumsi listrik mendorong peningkatan pembangkit berbasis fosil, yang pada gilirannya meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> dan berkontribusi pada pemanasan global. Teori ekonomi lingkungan menjelaskan bahwa konsumsi energi dapat menyebabkan eksternalitas negatif, seperti polusi, karena biaya lingkungan tidak tercermin dalam harga pasar, yang memicu penggunaan berlebihan dan dampak lingkungan yang merugikan. Oleh karena itu, kebijakan yang menginternalisasi biaya eksternal, seperti pajak karbon atau insentif untuk energi terbarukan, diperlukan untuk mengurangi dampak tersebut (Jaffe et al., 2004).

### **Pengaruh Parsial Konsumsi Bahan Bakar Fosil (X2) terhadap Emisi Gas Rumah Kaca (Y) di Indonesia**

Berdasarkan hipotesis dalam penelitian menyatakan bahwa Konsumsi Bahan Bakar Fosil berpengaruh positif terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. Hasil pengujian memperoleh nilai koefisien beta Konsumsi Bahan Bakar Fosil terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca bernilai positif sebesar 0,005 dengan nilai signifikansi sebesar  $(0,2235) > 0,05$  yang berarti  $H_0$  diterima. Hal tersebut menunjukkan bahwa hipotesis Konsumsi Bahan Bakar Fosil berpengaruh positif terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia adalah terbukti, namun hasil ini tidak signifikan secara statistik.

Penelitian oleh Aji et al. (2024) yang berjudul "Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan Ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil" menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar fosil berpengaruh positif terhadap emisi gas rumah kaca, sejalan dengan temuan Tsandra et al. (2023) yang mengeksplorasi dampak serupa di negara-negara G20. Keempat negara tersebut masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, yang berkontribusi pada pelepasan zat perusak ozon dan kerusakan alam. Penelitian Khobai (2017) juga mendukung temuan ini dengan menegaskan bahwa konsumsi energi yang tinggi berhubungan langsung dengan tingginya emisi karbon. Temuan serupa juga ditemukan oleh Mardani (2018), yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan fosil, khususnya dalam pembakaran energi, melepaskan CO<sub>2</sub> ke atmosfer, yang memperburuk perubahan iklim. Selain itu, penelitian Lu (2017) pada 16 negara di Asia Tenggara menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi energi sebesar 1% dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca sebesar 0,87%. Temuan-temuan ini menggaris bawahi urgensi untuk mengalihkan penggunaan energi fosil ke sumber yang lebih ramah lingkungan guna mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim.

### **Implikasi Penelitian**

Konsumsi Listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya kebijakan yang lebih ketat dan terintegrasi untuk mengurangi dampak lingkungan. Meningkatnya konsumsi listrik, yang sebagian besar masih bergantung pada pembangkit berbahan bakar fosil, memperburuk eksternalitas negatif dari emisi gas rumah kaca yang akan berkontribusi pada perubahan iklim global. Untuk mengatasi masalah ini, perlu adanya dorongan untuk transisi ke sumber energi terbarukan, penerapan teknologi efisiensi energi, dan peningkatan kesadaran

publik mengenai penggunaan energi yang lebih berkelanjutan. Pemerintah, sektor industri, dan masyarakat harus bekerja sama dalam merumuskan dan menerapkan strategi yang dapat mengurangi emisi sambil memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat.

Konsumsi bahan bakar fosil berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan dalam konsumsi bahan bakar fosil, dampaknya terhadap eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca tidak cukup besar untuk dianggap signifikan secara statistik atau praktis. Hal ini bisa terjadi jika misalnya, terdapat langkah-langkah mitigasi yang efektif, seperti teknologi pembangkit yang lebih bersih atau kebijakan pengendalian emisi yang berhasil, yang dapat menetralkan sebagian besar dampak negatif dari konsumsi bahan bakar fosil.

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan.

- Secara simultan, penelitian ini menemukan adanya dampak dari konsumsi listrik dan bahan bakar fosil terhadap eksternalitas negatif yang dihasilkan dari emisi gas rumah kaca di Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut secara bersama-sama memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca. Temuan ini sejalan dengan teori neoklasik, yang menyatakan bahwa penggunaan energi dapat berdampak pada lingkungan. Dimana konsumsi listrik yang meningkat di Indonesia, yang sebagian besar masih dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, berkontribusi pada emisi gas rumah kaca, karena pembakaran bahan bakar fosil melepaskan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke atmosfer.
- Secara parsial, penelitian ini menemukan bahwa konsumsi listrik berpengaruh positif terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia. Artinya, semakin tinggi konsumsi listrik, semakin tinggi pula emisi gas rumah kaca. Temuan ini didukung oleh penelitian lain yang menunjukkan hubungan serupa antara konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca.
- Secara parsial, penelitian ini menunjukkan pengaruh positif dari konsumsi bahan bakar fosil terhadap emisi gas rumah kaca, namun pengaruh ini tidak signifikan secara statistik. Ini menunjukkan bahwa faktor lain yang juga berperan dalam emisi gas rumah kaca di Indonesia, seperti teknologi yang digunakan dalam pembangkitan listrik dan kebijakan energi.

## **Saran**

Berdasarkan simpulan yang telah diuraikan di atas, maka dapat disajikan saran sebagai berikut.

- Pemerintah sebagai pemangku kebijakan hendaknya memperketat pengawasan terhadap penggunaan Bahan Bakar Fosil serta memperhatikan Konsumsi Listrik dalam negeri agar dapat mengurangi Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia.
- Agar dapat terwujudnya lingkungan yang bersih dari polusi dan emisi gas rumah kaca diperlukan peran baik pemerintah maupun masyarakat untuk mengurangi konsumsi Bahan Bakar Fosil agar dapat berkurangnya Eksternalitas Negatif Emisi Gas Rumah Kaca serta pemerintah diharapkan segera melakukan transisi menuju energi baru terbarukan di Indonesia.
- Bagi akademisi, peneliti serta seluruh pihak yang terkait akan tujuan penelitian ini, baiknya melakukan penelitian pendukung lebih lanjut dengan menggunakan variabel yang dibutuhkan serta diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebuah bahan referensi untuk penelitian selanjutnya ataupun untuk pendidikan serta pengabdian masyarakat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdulah, M. H. (2019). Relevansi Teori Environmental Kuznets Curve terhadap Degradasi Lingkungan di Tiga Klasifikasi Negara Tahun 1985-2014.
- Abokyi, E., Appiah-Konadu, P., Sikayena, I., & Oteng-Abayie, E. F. (2018). Consumption of Electricity and Industrial Growth in the Case of Ghana. *Journal of Energy*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8924835>
- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2020). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan di Indonesia. *Journal of Economic*, 2(3). <https://doi.org/10.24036/jkep.v3i2.11594>
- Agustin, S. I., & Suhartini, A. M. (2023). Hubungan Simultanitas antara Emisi Gas Rumah Kaca dan Industrialisasi di Indonesia Tahun 1990-2019. *Seminar Nasional Official Statistics*. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1817>
- Aji, S. M. B., Adliawan, I., & Kawahyuning, D. I. (2024). Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan Ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap emisi gas rumah kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Sosial*, 7(1), 11-25. <https://ojs.ejournalunigoro.com/index.php/JEMeS>
- Arsyad, L. (1992). *Pembangunan Ekonomi* (2nd ed.). STIE YKPN.
- Asian Development Bank. (2023). *Asian Development Outlook April 2023*.
- Ayres, R., & Warr, B. (2009). *The Economic Growth Engine, How Energy and Work Drive Material Prosperity*. Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781848445956>

- Bachtiar, A. Z. (2019). Analisis Pengaruh Tenaga Kerja Informal, Pengangguran, dan Pendidikan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 7(2).
- Badan Pusat Statistik. (2023). Laporan Perekonomian Indonesia 2023.
- Berlianto, D. M. F., & Wijaya, R. S. (2022). Pengaruh Transisi Konsumsi Energi Fosil Menuju Energi Baru Terbarukan terhadap Produk Domestik Bruto di Indonesia. *Jurnal Perspektif Ekonomi Dan Pembangunan Daerah*, 11(2). <https://doi.org/10.22437/pdpd.v11i2.17944>
- BMKG. (2011). Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia.
- Budiwan, I. (2020). Analisis Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Karbon Dioksida di Indonesia. Institut Pertanian Bogor.
- Darmayanti, L. P. (2018). Analisis Hubungan Konsumsi Listrik dengan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Tahun 1971 - 2014.
- Devy, F. A. S., TN, A. Z., & Djoemadi, F. R. (2019). Konsumsi Listrik Dan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia, 1995-2015. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 7(2).
- Dewan Riset Nasional. (2011). Iptek untuk perubahan Iklim Kajian Kebutuhan Tema Riset Prioritas.
- Fariz, M., & Muljaningsih, S. (2015). Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Periode 1980-2012. *Jurnal Ilmiah*.
- Fauzi, R. (2017). Pengaruh Konsumsi Energi, Luas Kawasan Hutan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi CO<sub>2</sub> di 6(Enam)NegaraAnggota ASEAN : Pendekatan Analisis Data Panel. 11(1). <http://data.worldbank.org/> <https://doi.org/10.20886/JKLH.2017.11.1.14-26>
- Ghozali, I. (2018). Aplikasi Analisis Multivariate SPSS 25 (9th ed.). Badan Penerbit Universitas Diponogoro.
- Global Climate & SDG Synergy Conference. (2022). Third Global Conference on Strengthening Synergies Between the Paris Agreement and the 2030 Agenda For Sustainable Development. <https://www.un.org/en/climate-sdgs-conference-2022>.
- Gunawan, M. H. (2020). Pertumbuhan Ekonomi dalam Pandangan Ekonomi Islam.
- Harris, J. M., & Roach, B. (2018). Environmental and Natural Resource Economics A Contemporary Approach (Fourth). Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9781315620190>
- Huda, N. (2015). Ekonomi Pembangunan Islam. Prenada Media.
- International Monetary Fund. (2023). World Economic Outlook : A Rocky Recovery. International Monetary Fund.
- Irawan, & M. Suparmoko. (2008). Ekonomika Pembangunan (6th ed.). BPFE.
- Jhingan, M. L. (2003). Ekonomi Pembangunan dan Perekonomian. PT. Raya Grafindo Persada.
- Kementerian ESDM. (2023). Laporan Kinerja 2023. [www.migas.esdm.go.id](http://www.migas.esdm.go.id)
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). Laporan Kinerja 2023.
- Kemlu. (2018). Sekilas tentang Indonesia. Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia.
- KOMINFO. (2023, March 20). Kondisi Bumi Kian Mengkhawatirkan, BMKG Ajak Masyarakat Kontribusi Tahan Laju Perubahan Iklim. Artikel GPR.

- Kurniarahma, L., Lorentino, T. L., & Prasetyanto, P. K. (2020). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia. *Journal of Economic*, 2(2).
- Lau, E., Chye, X. H., & Choong, C. K. (2011). Energy-growth causality: Asian countries revisited. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 1, 140-149.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). CO<sub>2</sub> Emissions, Electricity Consumption and Output in ASEAN. *Applied Energy*, 87(6). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.003>
- Mahira, D. I. (2022). Analisis Pengaruh Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi dan Luas Kawasan Hutan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di 5 Negara Asean: Pendekatan Data Panel.
- Mankiw, N. G. (2007). *Makroekonomi* (6th ed.). Erlangga.
- Mirzaei, M., & Bekri, M. (2017). Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in Iran, 2025. *Environmental Research*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.023>
- Nadeak, S. A. H., & Nasrudin. (2023). Pengaruh PDB per Kapita dan Konsumsi Energi terhadap Emisi GRK di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 23(2), 128-145. <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.09>
- NASA. (2023, December). The Causes of Climate Change. Causes.
- Nikensari, I., Destilawati, S., & Nurjanah, S. (2019). Studi Environmental Kuznets Curve di Asia: Sebelum dan Setelah Millennium Development Goals. *Ekonomi Dan Pembangunan*, 27(2). <https://doi.org/10.14203/JEP.27.2.2019.11-25>
- Noor, S., & Siddiqi, M. W. (2010). Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Countries: A Co-Integrated Panel Analysis. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 4.
- OECD. (2019). *OECD Green Growth Policy Review of Indonesia 2019* (OECD Environmental Performance Reviews). OECD.
- Our World in Data. (2023). Fossil Fuel Consumption (kWh per capita).
- Our World in Data. (2023). Total Greenhouse Gas Emissions (kt of CO<sub>2</sub> equivalent) - Indonesia.
- Patrianti, T., Shabana, A., & Tuti, R. W. (2020). Komunikasi Risiko Pemerintah pada Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca untuk Mengatasi Perubahan Iklim. *Jurnal Penelitian Komunikasi Dan Opini Publik*, 24(2). <https://doi.org/10.33299/jpkop.24.2.3416>
- Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Cetak) Buletin Utama Teknik*, 14(2), 1410-4520.
- Pratiwi, D. R. (2021). Analisis Hubungan Kausalitas Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi, dan Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia pada Periode 1980-2019. *Budget*, 6(1), 2021. <https://doi.org/10.22212/jbudget.v6i1.67>
- PT PLN (PERSERO). (2022). Statistik PLN. [www.pln.co.id](http://www.pln.co.id)
- Rifais, A. (2018). Prediksi Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Recurrent di PLN APJ Salatiga.
- Sampurna, I. P., & Nindhia, T. S. (2018). *Metodologi Penelitian dan Karya Ilmiah*.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2001). *Microeconomics* (17th ed.). Mc Graw-Hill.



- Sasana, H., & Aminata, J. (2019). Energy Subsidy, Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Dioxide Emission: Indonesian Case Studies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2). <https://doi.org/10.32479/ijeep.7479>
- Sinthiya, I. A. P. A., & Kusnadi, D. (2018). Analisis Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Pemetaan Zona Emisi Menggunakan GIS (Geospasial Information System) di Kabupaten Pringsewu, Lampung. *Sistem Informasi Dan Telematika*, 9(2). <https://doi.org/10.36448/jsit.v9i2.1078>
- Sugiyono, A. (2006). Penanggulangan Pemanasan Global Disektor Pengguna Energi. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 7(2).
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mixed Methods)* (2nd ed.). Alfabeta.
- Sukirno, S. (1998). *Pengantar Teori Mikroekonomi* (2nd ed.). RajaGrafindo Persada.
- Sukirno, S. (2000). *Makroekonomi Modern*. PT Raja Grafindo Persada.
- Tarigan, R. (2005). *Ekonomi Regional Teori dan Aplikasi*. PT. Bumi Aksara.
- Thaker, M. A., Thaker, H. M., Amin, M. F., & Pitchay, A. A. (2019). Electricity Consumption and Economic Growth : A Revisit Study of Their Causality in Malaysia. *Etikonomi*, 18(1). <https://doi.org/10.15408/etk.v18i1.7455>
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2006). *Pembangunan Ekonomi (Sembilan)*. Erlangga. [https://books.google.co.id/books?id=m8kMk\\_KbSX4C&lpg=PR4&hl=id&pg=PR4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?id=m8kMk_KbSX4C&lpg=PR4&hl=id&pg=PR4#v=onepage&q&f=false)
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2011). *Pembangunan Ekonomi (Sebelas)*. Erlangga.
- Tsandra, N. A., Sunaryo, R. P., & Octaviani, D. (2023). Pengaruh Konsumsi Energi dan Aktivitas Ekonomi Terhadap Emisi CO2 di Negara G20. *Journal Ekonomi Bisnis Dan Akuntansi*, 10(2), 69-79. <https://doi.org/10.19184/ejeba.v10i2.39278>
- United Nations. (1998). *Kyoto Protocol to The United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- Wang, Z., Li, Z., Lei, T., Yang, M., Qi, T., Lin, L., Xin, X., Ajayebi, A., Yang, Y., He, X., & Yan, X. (2016). Life Cycle Assessment of Energy Consumption and Environmental Emissions for Cornstalk-Based Ethyl Levulinate. *Applied Energy*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.187>
- World Bank. (2023). *Electric Power Consumption (kWh per capita) - Indonesia*.
- World Bank. (2023). *GDP Growth (annual %) - Indonesia*.
- Yoo, S.-H. (2006). The Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in the ASEAN Countries. *Energy Policy*, 34(18). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.07.011>
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237-248. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.05.003>
- Zulaicha, A. U., Sasana, H., & Septiani, Y. (2020). Analisis Determinasi Emisi CO2 di Indonesia Tahun 1990-2018. *Economic*, 2(2).