

Energi terbarukan dan emisi karbondioksida: Studi kasus Indonesia tahun 1990-2020

Triya Isma Khoirunnisa*, Nur Hidayah, Dewi Anisa Febrianti
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

*) Korespondensi (e-mail: b300210105@student.ums.ac.id)

Abstract

Renewable resources in Indonesia are abundant; however, the community and managers have not been able to utilize them optimally, resulting in a very low trend of renewable energy use in Indonesia. The country still relies on fossil fuels such as coal and petroleum, which are environmentally harmful due to the direct pollution caused by fossil fuel management. This dependency is difficult to change because of inadequate infrastructure and low costs. Therefore, this research aims to identify the factors that influence the use of renewable energy in Indonesia. The data used in this study are secondary data sourced from the World Bank website, covering the time series from 1990 to 2020 in Indonesia. The data, in numerical form, were processed using quantitative methods. The results of the data analysis indicate that the variables of fossil energy consumption, economic growth, and electricity consumption have a positive and significant effect on the use of renewable energy. In contrast, fossil energy consumption does not have a significant effect on the use of renewable energy in Indonesia. It can be concluded that the use of renewable energy can reduce the impact of carbon dioxide emissions resulting from mining, which directly affects the environment.

Keywords: Renewable Energy, Carbon Dioxide Emissions, Fossil Energy

Abstrak

Sumber daya terbarukan di Indonesia jumlahnya sangat melimpah, namun masyarakat dan pengelola belum dapat memanfaatkannya secara optimal sehingga tren penggunaan energi terbarukan di Indonesia masih sangat kecil. Indonesia masih bergantung pada energi fosil seperti batu bara dan minyak bumi, yang tidak ramah lingkungan yang diakibatkan oleh hasil pengelolaan energi fosil yang langsung mencemarkan lingkungan sekitarnya. Ketergantungan ini sulit diubah karena infrastruktur yang kurang memadai dan biaya yang rendah. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari situs World Bank dengan rentang waktu (Time Series) tahun 1990-2020 di negara Indonesia. Data berupa angka diolah dengan menggunakan metode kuantitatif. Hasil analisis data menunjukkan bahwa variabel konsumsi energi fosil, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan, sedangkan konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Hal ini bisa disimpulkan bahwa penggunaan energi terbarukan mampu menurunkan dampak emisi pada karbondioksida akibat penambangan yang berdampak langsung terhadap lingkungan.

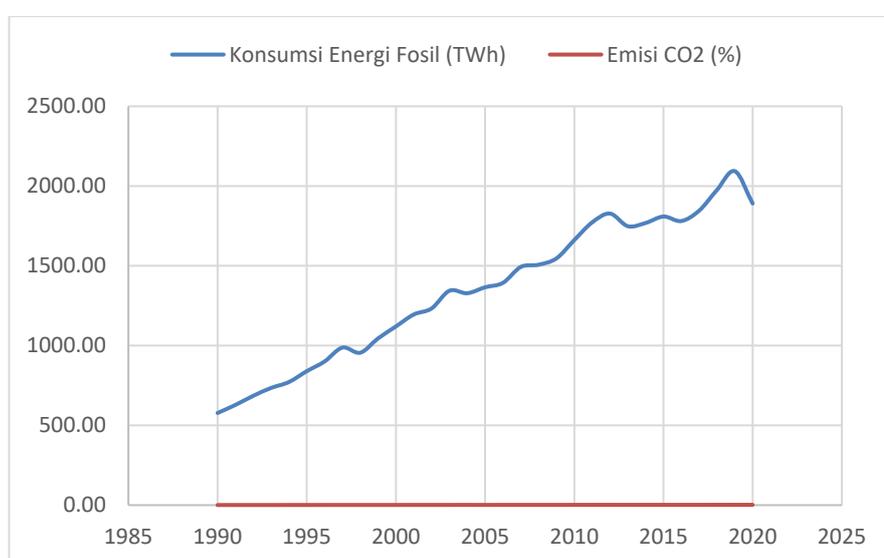
Kata kunci: Energi Terbarukan, Emisi Karbondioksida, Energi Fosil.

How to cite: Khoirunnisa, T. I., Hidayah, N., & Febrianti, D. A. (2024). Energi terbarukan dan emisi karbondioksida: Studi kasus Indonesia tahun 1990-2020 . *Journal of Economics Research and Policy Studies*, 4(3), 591–604. <https://doi.org/10.53088/jerps.v4i3.1355>



1. Pendahuluan

Energi merupakan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan dan memproduksi sesuatu untuk menunjang kehidupan manusia (Widayana, 2012). Di Indonesia banyak terdapat sumber energi yang dapat dimanfaatkan, baik energi yang dapat diperbaharui maupun tidak dapat diperbaharui. Seiring dengan perkembangan zaman, pemanfaatan energi tak terbarukan seperti energi fosil semakin tidak terkendali sehingga jumlahnya semakin menipis di masa sekarang dan diperkirakan akan habis di masa mendatang (Kalpikajati & Hermawan, 2022). Penelitian Setyono & Kiono (2021) memberikan kesimpulan bahwasanya penggunaan energi fosil akan tetap dominan di masa depan untuk memenuhi kebutuhan energi nasional, pasalnya energi fosil jauh lebih murah dibandingkan dengan energi terbarukan yang saat ini masih dalam proses pengembangan di Indonesia.



Gambar 1. Tren Emisi Karbondioksida akibat penggunaan energi fosil di Indonesia
Sumber: World Bank (1990-2020)

Berdasarkan Gambar 1. Dapat dilihat bahwa tren konsumsi energi fosil (dalam TWh) dan emisi CO₂ (dalam persentase) di Indonesia dari tahun 1990 hingga 2020. Konsumsi energi fosil, yang ditandai dengan garis biru, menunjukkan peningkatan signifikan dari sekitar 1.000 TWh pada awal 1990-an hingga hampir 2.000 TWh pada tahun 2020. Sementara itu, emisi CO₂, yang ditandai dengan garis merah, menunjukkan fluktuasi yang relatif stabil dengan persentase yang tidak jauh dari 0% sampai 10%. Peningkatan konsumsi energi fosil yang tajam ini berpotensi besar pada peningkatan emisi CO₂, meskipun persentase emisi tampak tidak mengalami lonjakan yang sebanding. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun konsumsi energi fosil meningkat, ada kemungkinan langkah-langkah mitigasi yang diambil untuk mengendalikan emisi, atau jika sumber energi lain mulai berkontribusi pada total konsumsi energi. Grafik diatas memberikan informasi penting mengenai dampak lingkungan dari ketergantungan pada energi fosil dan mendukung urgensi untuk beralih ke sumber energi yang lebih berkelanjutan. Penggunaan energi terbarukan di Indonesia harus mulai digalakkan, supaya kedepannya Indonesia tidak terjadi krisis

energi yang akan berdampak pada seluruh aspek kehidupan karena tingginya Tingkat ketergantungan masyarakat akan sumber energi untuk mendorong aktivitas produksi.

Penelitian ini menggunakan teori Kuznets, yang dikemukakan oleh Simon Kuznets, menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan ketimpangan pendapatan. Teori ini sering diilustrasikan melalui kurva yang menunjukkan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, ketimpangan pendapatan cenderung meningkat, tetapi seiring dengan pertumbuhan dan kemajuan ekonomi, ketimpangan pendapatan akan menurun. Teori Kuznets dapat digunakan untuk memahami bagaimana pertumbuhan ekonomi memengaruhi adopsi energi terbarukan. Pada awalnya, negara-negara mungkin lebih fokus pada pertumbuhan ekonomi melalui penggunaan sumber energi konvensional, yang berpotensi meningkatkan emisi karbon. Namun, seiring dengan kemajuan dan kesadaran akan dampak lingkungan, negara dapat beralih ke energi terbarukan yang lebih bersih. Penelitian ini dapat mengeksplorasi bagaimana ketimpangan pendapatan terkait dengan emisi karbon. Negara dengan ketimpangan tinggi mungkin lebih bergantung pada energi fosil yang lebih murah, sehingga menghasilkan lebih banyak emisi. Namun, saat ekonomi tumbuh dan ketimpangan berkurang, investasi dalam energi terbarukan dapat meningkat, mengurangi emisi karbon. Teori ini juga relevan dalam konteks transisi energi. Dalam tahap awal transisi, mungkin ada peningkatan emisi karena investasi dalam infrastruktur energi terbarukan. Namun, seiring waktu, dengan kemajuan teknologi dan peningkatan kesadaran lingkungan, emisi dapat menurun.

Penggunaan energi fosil yang berlebihan dan terus-menerus akan memberikan dampak khususnya terhadap lingkungan. Emisi karbondioksida merupakan dampak langsung yang saat ini dapat dirasakan akibat dari aktivitas penambangan dan pengolahan bahan tambang untuk menghasilkan energi (Ria & Deviarti, 2012). Sugiono (2006) dalam penelitiannya menyatakan emisi karbondioksida sangat dipengaruhi oleh besarnya penggunaan energi. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian dari Putri et al. (2021) yang menyatakan bahwa konsumsi energi berpengaruh terhadap emisi karbondioksida. Hal ini perlu adanya mitigasi melalui kebijakan pemerintah dalam penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan (Nurkamila et al., 2022). Data dari World Bank menunjukkan selama 3 dekade, emisi karbondioksida di Indonesia terus menunjukkan peningkatan setiap tahunnya. Perubahan struktur dari pertanian ke industri yang sangat bergantung terhadap energi fosil sebagai penunjang aktivitas produksi sangat berpengaruh besar terhadap peningkatan emisi karbondioksida di Indonesia selama beberapa tahun terakhir (Pratama, 2022).

Penggunaan energi terbarukan di suatu negara turut menjadi indikator pembangunan negara karena hal tersebut merupakan sebuah upaya ketahanan energi nasional (Yandri et al., 2018). Penggunaan energi terbarukan diharapkan dapat menjadi jawaban bagi negara untuk mengurangi penggunaan energi tak terbarukan yang sangat besar serta perlunya terus adanya subsidi dari pemerintah untuk pengadaannya, sehingga diharapkan penggunaan energi terbarukan dapat berdampak terhadap pertumbuhan ekonomi karena dianggap lebih murah dan

sustainable (Kholiq, 2015). Banyak pihak yang perlu dilibatkan dalam upaya pengembangan energi terbarukan di Indonesia, seperti perusahakan produsen yang dapat memproduksi energi terbarukan, dan kesadaran masyarakat untuk beralih menggunakan energi terbarukan dalam aktivitas sehari-hari (Apriliyanti & Rizki, 2023). Potensi energi terbarukan di Indonesia cukup besar, meski begitu adopsinya sering kali terhambat oleh berbagai faktor, termasuk biaya awal yang tinggi, infrastruktur yang kurang memadai, dan kebijakan yang tidak mendukung. Di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, pertumbuhan ekonomi yang pesat sering kali diiringi dengan peningkatan konsumsi energi fosil, yang mengarah pada peningkatan emisi karbon dioksida (Mubarok, 2023). Masalah tersebut akhirnya menimbulkan tantangan yang lebih besar dalam mencapai keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan.

Di Indonesia, permintaan energi listrik masih sangat dominan. Energi listrik masih tidak dapat dipisahkan dengan aktivitas kehidupan sehari-hari dimana setiap sub sektor membutuhkan energi listrik untuk melaksanakan kegiatan produksi (Mudakir, 2007). Namun di Indonesia sendiri, produksi listrik nasional masih didominasi dari bahan bakar fosil atau energi tak terbarukan yang dampaknya pada jangka panjang sangat buruk khususnya bagi lingkungan (Setyono & Kiono, 2021). Perlu adanya pergantian dalam produksi energi listrik yang sebelumnya masih bergantung pada energi fosil menuju energi terbarukan yang dinilai ramah lingkungan dan jumlah cadangannya melimpah.

Sumber daya fosil menimbulkan masalah terkait ketersediaannya untuk generasi saat ini dan yang akan datang. Penipisan total sumber daya ini perlu dihindari, karena dapat mengurangi dampak lingkungan. Selain itu, ketidakstabilan pasar dan fluktuasi harga juga merupakan kelemahan dari penggunaan energi fosil, yang dapat menyebabkan efek ekonomi yang merugikan (Faddila et al., 2023). Semua masalah yang telah disebutkan sebelumnya berkontribusi pada perkembangan sistem energi terbarukan saat ini sebagai solusi baru yang dapat mengurangi dampak negatif di bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan, sehingga meningkatkan keberlanjutan. Meskipun upaya yang dilakukan oleh pemerintah, lembaga internasional, dan pemangku kepentingan lainnya, energi terbarukan masih menghadapi tantangan di banyak negara. Peralihan dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan semakin menarik perhatian, terutama karena meningkatnya kekhawatiran tentang perubahan iklim dan penipisan sumber energi fosil seperti batu bara, minyak, dan bahan bakar fosil lainnya. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sebagai respons, Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris ditandatangani atas inisiatif Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim. Perkembangan ini bertujuan untuk mengatasi perubahan iklim dan mendorong penggunaan teknologi energi bersih yang berkelanjutan (Sustainable Development Goal 7 dari Perjanjian Paris), sambil tetap menjaga pertumbuhan ekonomi di masa depan.

Sumber daya terbarukan di Indonesia jumlahnya sangat melimpah, Karena Indonesia memiliki iklim tropis salah satu sumber daya yang jumlahnya melimpah seperti energi angin, energi matahari dapat dimanfaatkan dengan dijadikan energi

baru (Dwisari et al., 2023). Di Indonesia, proyek berkaitan dengan transmisi penggunaan energi terbarukan masih minim dilakukan oleh masyarakat dan pengelola belum dapat memanfaatkannya secara optimal sehingga tren penggunaan energi terbarukan di Indonesia masih sangat kecil (Hardiansyah et al., 2024). Penelitian ini penting dilaksanakan untuk mengetahui dan menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia, supaya kedepannya terdapat upaya-upaya yang harus dilaksanakan untuk mendukung proyek penggunaan energi terbarukan di Indonesia serta dalam pengembangannya mendapat dukungan dari seluruh pihak.

Penelitian ini menunjukkan kebaharuan ditunjukkan dari penggunaan beberapa variabel yang belum ada pada penelitian sebelumnya supaya dapat dijadikan sebagai referensi dan literatur bagi para akademisi. Terdapat perbedaan antara hasil penelitian ini dan penelitian sebelumnya, yang menunjukkan adanya ketidakpastian dalam hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor lain, seperti kebijakan energi dan teknologi, juga perlu dipertimbangkan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dipaparkan oleh Rahmandani dan Dewi (2023), yang menyatakan bahwa peningkatan penggunaan energi terbarukan justru dapat menurunkan tingkat pertumbuhan ekonomi pada studi kasus negara-negara OKI. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan kajian dalam pengambilan keputusan mengenai penggunaan energi terbarukan.

2. Tinjauan Pustaka

Energi Terbarukan

Penggunaan energi terbarukan merupakan sebuah upaya untuk mencapai ketahanan energi yang diperlukan setiap negara dengan beralih menggunakan energi yang ramah lingkungan dalam proses produksi dan penggunaannya untuk menunjang aktivitas atau kegiatan sehari-hari. Energi terbarukan merupakan energi yang memanfaatkan sumber daya alam yang jumlahnya selalu dapat terbaharui untuk selanjutnya diolah menjadi energi baru, dalam hal ini proses pengolahan dan penggunaannya tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan seperti pencemaran. Indonesia yang saat ini sedang darurat energi dimana sebelumnya Tingkat ketergantungannya akan energi fosil sangat tinggi perlu melaksanakan upaya penggunaan energi terbarukan mulai saat ini supaya di masa depan jumlah cadangan energi fosil di Indonesia tidak habis (Shen, 2023).

Pengembangan akan energi terbarukan di Indonesia tergolong masih minim karena terbatasnya teknologi dan minimnya sumber daya manusia yang dapat menghasilkan sumber energi terbarukan jika dibandingkan dengan negara-negara maju lainnya (Nuva et al., 2019). Energi terbarukan dalam penerapannya memberikan banyak manfaat seperti keberlanjutan dan diversifikasi energi (Mahdi et al., 2024). Sumber energi terbarukan yang jumlahnya melimpah akan mendukung keberlanjutan dalam penggunaannya karena sumber energi terbarukan akan selalu terbaharui secara alami.

Penggunaan energi terbarukan juga akan turut mendukung pengurangan penggunaan energi fosil yang selama ini masih besar penggunaannya.

Energi Fosil

Energi fosil merupakan sumber daya yang diperoleh melalui aktivitas penambangan dan kemudian diolah sehingga menghasilkan energi baru seperti bahan bakar minyak (BBM) yang dapat digunakan kembali untuk mendukung proses produksi (Meilani & Wuryandani, 2010). Konsumsi energi di Indonesia sampai saat ini masih didominasi oleh energi fosil meskipun dalam perkembangannya harga energi fosil terus menunjukkan fluktuasi (Firmansyah et al., 2022). Besarnya subsidi yang diberikan oleh pemerintah menjadikan sebab masyarakat masih merasa energi fosil sebagai energi yang tergolong murah dan mudah didapatkan (Vikalista, 2012). Akses untuk mendapatkan energi fosil di Indonesia yang cukup mudah dan besarnya jumlah permintaan masyarakat menyebabkan konsumsi energi fosil menjadi cukup dominan dibandingkan dengan sumber energi lain (Pahlevi et al., 2024).

Emisi Karbon Dioksida

Emisi karbon dioksida merupakan gas buangan yang dihasilkan dari aktivitas produksi yang menyebabkan efek rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global (Rachmayanti & Mangkoedihardjo, 2021). Aktivitas-aktivitas penyumbang emisi karbon dioksida terbesar di Indonesia adalah transportasi dan konsumsi energi rumah tangga (Santoso & Kristanto, 2020). Kegiatan konsumsi energi yang semakin besar semakin lama juga akan memperbesar tingkat emisi yang berdampak langsung terhadap lingkungan seperti semakin menipisnya lapisan ozon (Kurnia & Sutrisno, 2008). Penurunan kualitas udara akibat emisi karbon sudah selayaknya diatasi dengan kegiatan-kegiatan yang ramah lingkungan yakni dengan beralih menggunakan energi bersih dan tidak merusak lingkungan. Upaya peralihan ini perlu menjadi konsentrasi utama dari seluruh pihak guna menjaga kelestarian lingkungan.

Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi diartikan sebagai kondisi perubahan ekonomi suatu negara menjadi lebih baik yang ditunjukkan dengan adanya kenaikan pada proses produksi sehingga menyebabkan kenaikan terhadap pendapatan nasional (Amdan & Sanjani, 2023). Terjadinya pertumbuhan ekonomi di suatu negara dapat dilihat dari seberapa besar penggunaan energi negara tersebut untuk mendorong proses produksi (Yona Afrina et al., 2015). Sebagai negara yang mulai menerapkan ekonomi industri Indonesia sangat memerlukan banyak sumber energi untuk menggerakkan kegiatan ekonomi.

Energi Listrik

Energi Listrik merupakan sumber energi primer yang banyak digunakan untuk menunjang aktivitas sehari-hari yang berasal dari aliran elektron melalui suatu konduktor (Imam, 2013). Energi listrik primer di Indonesia masih didominasi dari energi fosil yang diubah menjadi energi listrik sementara data yang diperoleh dari Dewan Energi Nasional pada tahun 2023 energi listrik yang berasal dari energi baru terbarukan (EBT) persentasenya masih kecil yaitu sebesar 13,09%. Target Indonesia

dalam produksi energi listrik yang dihasilkan dari energi baru terbarukan pada tahun 2025 sebesar 23%. Sebagai negara yang mulai menerapkan ekonomi industri, Indonesia harus bersiap untuk memproduksi lebih besar energi listrik untuk menyokong permintaan listrik nasional. Investasi dan teknologi yang canggih juga perlu disiapkan untuk menghadirkan energi listrik yang ramah lingkungan hasil dari pengolahan sumber energi terbarukan supaya ketahanan energi di Indonesia tidak sepenuhnya bergantung pada sumber energi fosil yang diperkirakan di masa depan persediaannya akan habis (Hakim et al., 2022).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berupa angka. Data yang dikumpulkan selanjutnya akan diolah menggunakan alat analisis *Ordinary Least Square (OLS)* kemudian akan melalui tahapan uji asumsi klasik berupa uji multikolinieritas, uji normalitas residual, uji heteroskedastisitas, uji autokorelasi, dan uji linieritas model. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder antar waktu (*time series*) selama periode 1990-2020 di negara Indonesia yang bersumber dari situs World Bank.

Tabel 1. Variabel, Satuan, Simbol dan Sumber Data

Variabel	Definisi	Satuan	Sumber Data
Konsumsi Energi Terbarukan	Energi yang tersedia dari alam dan di dimanfaatkan manusia secara terus menerus.	%	World Bank (1990-2020)
Konsumsi Energi Fosil	Bahan bakar yang terbuat dari sisa-sisa molekul yang mengandung karbon.	TWh	Our world in data (1990-2020)
Emisi Karbondioksida	Pelepasan gas karbondioksida ke atmosfer bumi.	%	World Bank (1990-2020)
Pertumbuhan Ekonomi	Proses pertumbuhan kondisi perekonomian yang terjadi di suatu negara secara berkesinambungan.	US\$	World Bank (1990-2020)
Konsumsi Listrik	Energi utama yang di butuhkan bagi peralatan yang tersimpan dalam arus listrik.	KWh	World Bank (1990-2020)

Model ekonometrika dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$RNW_t = \beta_0 + \beta_1 FOSSIL_t + \beta_2 CO2_t + \beta_3 GDP_t + \beta_4 ELEC_t + \varepsilon_t$$

Keterangan:

<i>Renewable (RNW)</i>	= Energi Terbarukan
<i>Fossil</i>	= Energi Fosil
<i>Emission (CO2)</i>	= Emisi karbondioksida
<i>GDP</i>	= Pertumbuhan Ekonomi
<i>ELEC</i>	= Konsumsi Listrik
t	= dimensi runtun waktu (time series)
β	= Konstanta
β 1, 2, 3..n	= Koefisien
ε	= Residual (error term)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

Hasil Estimasi Model

Tabel 2. Hasil Estimasi Model Ekonometrika

$RENEW_t = 8054,418 - 0,010793 FOSSIL_t - 2616,483 CO2_t - 0,081438 GDP_t + 0,004260 ELEC_t$
(0,9795) (0,0000)* (0,0936)** (0,0003)*
$R^2 = 0,989298; DW = 1,123396; F = 600,8797; Prob. F = 0,00000$

Uji Diagnosis

1) Uji Multikolinieritas

$$R^2_{FOSSIL} = 0,984615875; R^2_{CO2} = 0,982854317; R^2_{GDP} = 0,860615638; 0,127025628$$

2) Uji Normalitas Residual (Jarque Bera)

$$JB(2) = 0,867752; Prob. JB(2) = 0,647993$$

3) Uji Otokorelasi (Breusch Godfrey)

$$\chi^2(3) = 10,67385; Prob. \chi^2(3) = 0,0136$$

4) Uji Heteroskedastisitas (White)

$$\chi^2(9) = 23,49358; Prob. \chi^2(9) = 0,0527$$

5) Uji Spesifikasi Model (Ramsey Reset)

$$F(2, 24) = 0,540773; Prob. F(2, 24) = 0,5892$$

Sumber: *World Bank, Statistika, Our World in Data.*

Keterangan: * signifikan pada α 0,01; ** signifikan pada α 0,05; *** signifikan pada α 0,10. Angka dalam kurung adalah nilai p nilai statistik t

Uji Asumsi Klasik

Hasil uji multikolinieritas (*Klein*) yang diperoleh nilai R^2 fossil sebesar 0,984615875; R^2 CO_2 sebesar 0,982854317; R^2 GDP sebesar 0,860615638; R^2 elec sebesar 0,127025628 dimana kurang dari R^2 , sehingga model tersebut terbebas dari multikolinieritas. Hasil uji normalitas residual (*Jarque Bera*) menunjukkan nilai t -hitung sebesar 0,647993 lebih besar dari α (0,10) dinyatakan berpengaruh signifikan, sehingga model tersebut terdistribusi normal.

Pada uji otokorelasi (*Breusch Godfrey*) hasilnya diperoleh t -hitung sebesar 0,0136 lebih besar dari α (0,01) dinyatakan berpengaruh signifikan, sehingga model tersebut terbebas dari otokorelasi. Selanjutnya, pada uji heteroskedastisitas (*White*) nilai t -hitung diperoleh sebesar 0,2098 lebih besar dari α (0,10) dinyatakan berpengaruh signifikan, sehingga model tersebut terbebas dari heteroskedastisitas.

Diperoleh t -hitung 0,5892 lebih besar dari α (0,10) sehingga berpengaruh signifikan pada uji spesifikasi model (*Ramsey Reset*), sehingga model tersebut terestimasi linier. R^2 GDP sebesar 0,860615638; R^2 elec sebesar 0,127025628 dimana kurang dari R^2 , sehingga model tersebut terbebas dari multikolinieritas.

Uji Koefisien Determinasi (R^2) dan F

Pada Tabel 2. diketahui nilai R -squared sebesar 0,989298 dapat diartikan bahwa konsumsi energi fosil, emisi karbondioksida, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi listrik mempengaruhi penggunaan energi terbarukan sebesar 98,9% sedangkan 1,1% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain diluar variabel. Adapun Nilai

probabilitas F menunjukkan angka $0,00000 < 0,10$ sehingga variabel yang digunakan dalam penelitian yaitu konsumsi energi fosil, emisi karbon dioksida, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi listrik secara bersama-sama berpebgaruh terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia.

Uji Validitas Pengaruh (Uji t)

Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat 3 variabel yang secara signifikan berpengaruh terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia yaitu Variabel emisi karbon dioksida dengan nilai probabilitas $0,0000 < 0,10$ dan memiliki nilai koefisien $-2616,483$. Artinya jika emisi karbon dioksida naik 1% maka konsumsi energi terbarukan turun sebesar 2616,483%. Variabel pertumbuhan ekonomi memiliki angka probabilitas sebesar $0,0936 < 0,10$ dengan nilai koefisien $-0,081438$. Artinya apabila pertumbuhan ekonomi naik 1 US\$ maka penggunaan energi terbarukan akan turun sebesar 0,081438%. Variabel konsumsi energi listrik terbukti signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia yang ditunjukkan dengan angka probabilitas $0,0003 < 0,10$ dengan nilai koefisien $0,004260$. Artinya apabila konsumsi energi listrik naik 1 KWh maka penggunaan energi terbarukan akan naik sebesar 0,004260%. Terdapat 1 variabel yaitu penggunaan energi fosil terbukti tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia karena nilai probabilitas sebesar $0,9795 > 0,10$.

4.2. Pembahasan

Konsumsi Energi Fosil dan Penggunaan Energi Terbarukan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Merujuk pada hipotesis lingkungan Kuznets (Environmental Kuznets curve, EKC), peneli Penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi energi fosil di Indonesia tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan. Ini sejalan dengan tahap awal kurva Kuznets, di mana ketergantungan pada energi fosil masih tinggi dan investasi dalam energi terbarukan belum cukup untuk memenuhi kebutuhan. Temuan ini sesuai dengan penelitian dari Setyono & Kiono (2021) yang menyatakan bahwa kebutuhan energi fosil yang dominan tidak dapat diimbangi dengan produksi energi terbarukan yang lambat. Ini menunjukkan bahwa Indonesia mungkin berada pada tahap awal EKC, di mana transisi menuju energi bersih belum terjadi secara signifikan. Dalam konteks EKC, untuk mencapai titik balik, diperlukan kebijakan yang mendukung investasi dalam teknologi energi terbarukan dan pengurangan ketergantungan pada energi fosil. Meskipun konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan saat ini, dampak negatif dari emisi dan polusi yang dihasilkan tetap menjadi perhatian dalam konteks EKC. Kualitas lingkungan cenderung memburuk pada tahap pertumbuhan ekonomi yang tinggi, sebelum akhirnya membaik seiring dengan peningkatan kesadaran dan investasi dalam energi terbarukan.

Emisi Karbondioksida dan Penggunaan Energi Terbarukan

Penggunaan energi terbarukan dapat mengurangi emisi CO₂, yang mendukung argumen dalam EKC bahwa investasi dalam energi bersih dapat memperbaiki kualitas lingkungan seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Hal tersebut sesuai dengan

penelitian Tsandra et al. (2023) dimana penulis menyimpulkan bahwa penggunaan energi terbarukan mampu menurunkan dampak emisi karbondioksida yang ditimbulkan akibat aktivitas-aktivitas penambangan yang berdampak langsung terhadap lingkungan. Wardhana & Marifatullah (2020) dalam penelitiannya juga mengungkapkan bahwa aktivitas tambang seperti batu bara merupakan penghasil emisi karbondioksida terbesar dimana nilainya mencapai 44%.

Penelitian ini menggambarkan bagaimana emisi karbondioksida memiliki pengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan, yang sejalan dengan Hipotesis Lingkungan Kuznets. Dengan memahami bahwa transisi ke energi terbarukan dapat membantu mengurangi emisi CO₂, kebijakan yang mendukung pengembangan energi terbarukan menjadi sangat penting untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan lingkungan yang lebih baik di Indonesia.

Pertumbuhan Ekonomi dan Penggunaan Energi Terbarukan

Peningkatan penggunaan energi terbarukan berhubungan dengan penurunan pertumbuhan ekonomi, yang mencerminkan fase awal dari EKC. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan energi terbarukan tidak selalu berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi. Hal ini bisa jadi disebabkan oleh ketergantungan yang masih tinggi pada energi fosil, yang mendominasi sistem energi saat ini. Hasil ini tidak sesuai dengan penelitian Ula & Affandi (2019) dimana dijelaskan bahwasanya pertumbuhan ekonomi terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan sehingga menarik untuk dilakukan penelitian selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana pengaruh antara pertumbuhan ekonomi terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia.

Penelitian ini dan penelitian sebelumnya menunjukkan adanya ketidakpastian dalam hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan. Ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor lain, seperti kebijakan energi dan teknologi, perlu dipertimbangkan. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang di paparkan oleh Rahmandani & Dewi (2023) yang menyatakan bahwa peningkatan pada penggunaan energi terbarukan justru semakin menurunkan tingkat pertumbuhan ekonomi pada studi kasus negara-negara OKI. Penelitian ini mencerminkan kompleksitas hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan penggunaan energi terbarukan, yang sejalan dengan Hipotesis Lingkungan Kuznets. Meskipun ada pengaruh signifikan dari pertumbuhan ekonomi terhadap penggunaan energi terbarukan, koefisien negatif menunjukkan bahwa saat ini, transisi ke energi terbarukan mungkin berhadapan dengan tantangan dalam mempertahankan pertumbuhan ekonomi. Untuk mencapai keseimbangan yang berkelanjutan, diperlukan kebijakan yang mendukung investasi dalam energi terbarukan, sambil mempertimbangkan konteks ekonomi yang lebih luas.

Konsumsi Listrik dan Penggunaan Energi Terbarukan

Peningkatan dalam konsumsi energi terbarukan juga berpotensi meningkatkan konsumsi listrik. Ini mencerminkan kebutuhan untuk infrastruktur yang lebih baik dan teknologi yang dapat memanfaatkan energi terbarukan secara efisien. Meningkatnya konsumsi energi listrik yang berasal dari energi terbarukan, ada potensi untuk

mengurangi dampak lingkungan negatif dari penggunaan listrik berbasis fosil. Hal ini mencerminkan proses yang dijelaskan dalam EKC, di mana seiring dengan kesadaran masyarakat akan dampak lingkungan, ada pergeseran menuju energi yang lebih bersih. Hasil ini sesuai dengan penelitian dari Haryono et al. (2015) dimana energi terbarukan berpengaruh terhadap konsumsi energi listrik, yang mana pada saat ini sedang digencarkan dengan penggunaan alat-alat yang dapat menghasilkan energi listrik yang berasal dari energi terbarukan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan, yang sejalan dengan Hipotesis Lingkungan Kuznets. Dengan pertumbuhan ekonomi dan kesadaran akan pentingnya energi bersih, ada potensi untuk mengalihkan konsumsi listrik ke sumber terbarukan, sehingga mengurangi dampak lingkungan negatif. Kebijakan yang mendukung investasi dalam infrastruktur energi terbarukan akan menjadi kunci dalam mencapai keseimbangan yang berkelanjutan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa variabel konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan di Indonesia sedangkan tiga variabel lainnya yaitu variabel emisi karbon dioksida, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi listrik memiliki pengaruh signifikan terhadap penggunaan energi terbarukan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan energi terbarukan dapat terjadinya kenaikan atau penurunan terhadap konsumsi energi fosil tidak berpengaruh terhadap penggunaan energi terbarukan, sedangkan kenaikan atau penurunan emisi karbon dioksida, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi listrik mempengaruhi tingkat penggunaan energi terbarukan di Indonesia. Dengan adanya penelitian ini penulis memberi saran kepada pemerintah agar dapat memberi kebijakan pengalokasian subsidi energi untuk energi terbarukan, serta mengurangi penggunaan energi fosil dengan menerapkan ekonomi hijau.

Ucapan Terimakasih

Puji dan syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada semua yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- Amdan, L., & Sanjani, M. R. (2023). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 3(1), 108–119. <https://doi.org/10.56799/ekoma.v3i1.2089>
- Apriliyanti, K., & Rizki, D. (2023). Kebijakan energi terbarukan: studi kasus Indonesia dan Norwegia dalam pengelolaan sumber energi berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pemerintahan Widya Praja*, 49(2), 186–209. <https://doi.org/10.33701/jipwp.v49i2.36843246>

- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan energi matahari: masa depan energi terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Faddila, H. P., Hartelina, & Hawignyo. (2023). Factor Analysis And Process Of Forming The Quality Of Samsung Online Smartphone Advertising. *Management Studies and Entrepreneurship Journal*, 4(4), 3672–3680. <http://journal.yrpiiku.com/index.php/msej>
- Firmansyah, M. F., Nasution, F. Z., & Efendi, M. F. (2022). Bagaimana peran konsumsi bidang energi dan sumber daya alam dapat mempengaruhi produk domestik bruto? (studi kawasan asia tenggara periode 2004-2018). *WELFARE Jurnal Ilmu Ekonomi*, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.37058/wlfr.v3i1.4747>
- Hakim, A. R., Pratiwi, Y. D., & Sugiastari, Y. P. (2022). Model instrumen yuridis perusahaan industri energi baru dan terbarukan dalam mewujudkan ketahanan energi nasional. *Bina Hukum Lingkungan*, 7(1), 110–129. <https://doi.org/10.24970/bhl.v7i1.310>
- Hardiansyah, K., Kanthi Pawening Tyas, Qintar Alifah Ristiana, Risma, Tuti, & Rumaisah Azizah Al Adawiyah. (2024). Green park energy sebagai strategi inovatif peningkatan energi terbarukan di indonesia berbasis green wakaf. *Al-Awqaf: Jurnal Wakaf Dan Ekonomi Islam*, 16(1), 55–63. <https://doi.org/10.47411/al-awqaf.Vol16Iss1.183>
- Imam, A. A. (2013). Potensi sumber energi alternatif dalam mendukung kelistrikan nasional. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 892–897.
- Juwito, A. F., Pramonohadi, S., & Haryono, T. (2012). Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 15(1), 22–34.
- Kalpikajati, S. Y., & Hermawan, S. (2022). Hambatan Penerapan Kebijakan Energi Terbarukan di Indonesia. *Batulis Civil Law Review*, 3(2), 187–207. <https://doi.org/10.47268/ballrev.v3i2.1012>
- Kholiq, I. (2015). Editorial Board. *Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi Bbm*, 19(2), 75–91. [https://doi.org/10.1016/s1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/s1877-3435(12)00021-8)
- Kurnia, U., & Sutrisno, dan N. (2008). Strategi pengelolaan lingkungan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2(1), 59–74. <http://ejournal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/view/200/100>
- Mahdi, Sufitrayati, Yana, S., Nengsih, R., Hanum, F., & Susanti. (2024). Keuntungan bio-ekonomi dan lingkungan dari energi terbarukan: tinjauan komprehensif terhadap praktik terbaik. *Jurnal Serambi Engineering*, IX(2), 9127–9136.
- Meilani, H., & Wuryandani, D. (2010). Potensi panas bumi sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil untuk pembangkit tenaga listrik di indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, 1(1), 47–74.
- Mubarok, D. (2023). Penerapan green economy salam menapai pembangunan ekonomi berkelanjutan. *Jurnal Bina Ummat: Membina Dan Membentengi Ummat*, 6(2), 31–52. <https://doi.org/10.38214/jurnalbinaummatstdnatsir.v6i2.195>
- Mudakir, B. (2007). Permintaan Energi Listrik Di Jawa Tengah. In *Jurnal Ekonomi Pembangunan* (Vol. 8, Issue 1, pp. 1–14). <https://doi.org/10.23917/jep.v8i1.3933>

- Nurkamila, H. M., Hanum, N., & Dzata, R. A. (2022). Analisis tantangan penerapan pajak karbon di indonesia. *Juremi: Jurnal Riset Ekonomi*, 1(4), 314–321. <https://doi.org/10.53625/juremi.v1i4.746>
- Nuva, Fauzi, A., Dharmawan, A. H., & Kumala Putri, E. I. (2019). Ekonomi politik energi terbarukan dan pengembangan wilayah: persoalan pengembangan biodiesel di indonesia. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7(2), 110–118. <https://doi.org/10.22500/sodality.v7i2.19727>
- Pahlevi, R., Thamrin, S., Ahmad, I., & Nugroho, F. B. (2024). Masa depan pemanfaatan batubara sebagai sumber energi di indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(2), 50–60. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22973>
- Pratama, A. (2022). Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO₂ Di Indonesia. *Jurnal Ecodemica Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis*, 6(1), 98–110. <https://doi.org/10.31294/eco.v6i1.11726>
- Putri, D. U., Melliani, D., Niman, F. M., Marliyanti, F., & Hidayat, A. (2021). Iklim organisasi keseluruhan dalam perspektif ekologi. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(12), 2735–2742.
- Rachmayanti, L., & Mangkoedihardjo, S. (2021). Evaluasi dan perencanaan ruang terbuka hijau (RTH) berbasis serapan emisi karbon dioksida (CO₂) di zona tenggara kota surabaya (studi literatur dan kasus). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54854>
- Rahmandani, N., & Dewi, E. P. (2023). Pengaruh Energi Terbarukan, Emisi Karbon, Dan Foreign Direct Investment Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Negara Anggota OKI. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 9(1), 405–417. <http://dx.doi.org/10.29040/jiei.v9i1.6962>
- Ria, R., & Deviarti, H. (2012). Evaluasi pengungkapan akuntansi lingkungan dalam perspektif PT timah (Persero) Tbk. *Binus Business Review*, 3(2), 1010–1028. <https://doi.org/10.21512/bbr.v3i2.1371>
- Santoso, D. H., & Kristanto, W. A. D. (2020). Identifikasi emisi CO₂ pada penggunaan lahan permukiman di kecamatan mlati kabupaten sleman yogyakarta. *Jurnal Mineral, Energi, Dan Lingkungan*, 4(1), 42. <https://doi.org/10.31315/jmel.v4i1.3159>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Shen, M. (2023). Perubahan iklim: tinjauan holistik sektor batubara. *Parahyangan Economic Development Review*, 1(2), 116–130. <https://doi.org/10.26593/pedr.v1i2.6672>
- Sugiono, A. (2006). Penanggulangan pemanasan global di sektor pengguna energi. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 7(2), 15–19.
- Tsandra, N. A., Sunaryo, R. P., Syafri, S., & Octaviani, D. (2023). Pengaruh Konsumsi Energi dan Aktivitas Ekonomi Terhadap Emisi CO₂ di Negara G20. *E-Journal Ekonomi Bisnis Dan Akuntansi*, 10(2), 69–79. <https://doi.org/10.19184/ejeba.v10i2.39278>
- Ula, T., & Affandi. (2019). Dampak konsumsi energi terbarukan terhadap pertumbuhan ekonomi: studi di asia tenggara. *Journal of Economics Science*, 5(2), 26–34.

- Vikalista, E. (2012). Implementasi kebijakan konversi minyak tanah ke lpg (liquified petroleum gas) di kecamatan banjarmasin utara kota banjarmasin. *Jurnal Ilmu Politik Dan Pemerintahan Lokal*, 1(2), 40–57.
- Wardhana, A. R., & Marifatullah, W. H. (2020). *Transisi Indonesia Menuju Energi Terbarukan* (pp. 269–283).
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan energi surya. *JPTK, UNDIKSHA*, 9(1), 37–46.
- Yandri, E., Arianti, R., & Ibrahim, R. F. (2018). Meningkatkan Keamanan Energi Melalui Perincian Indikator Energi Terbarukan dan Efisiensi Guna Membangun Ketahanan Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 24(2), 239–260.
- Yona Afrina, Ningsih, R. B., & Aqualdo, N. (2015). Pengaruh pertumbuhan ekonomi dan penduduk terhadap konsumsi energi di indonesia. *Jom FEKON*, 2(2), 1.