



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 4649-4658

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Analisis Pengaruh Kepadatan Penduduk dan Laju Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Konsumsi Energi Baru Terbarukan sebagai Variabel Intervening di Indonesia

M. Zuhriadi

Universitas Negeri Medan

[muhammadzuhriadi9@gmail.com](mailto:muhammadzuhriadi9@gmail.com)

### Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kepadatan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di Indonesia, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui konsumsi energi baru terbarukan sebagai variabel mediasi, dengan cakupan periode 2003–2023 untuk menangkap dinamika jangka panjang perubahan demografi, ekonomi, dan energi nasional. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data sekunder berupa deret waktu (time series) yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Bank Dunia, serta Our World in Data. Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis jalur (path analysis) untuk mengidentifikasi pengaruh langsung dan tidak langsung antarvariabel, yang didukung oleh uji asumsi klasik guna memastikan validitas dan reliabilitas model estimasi, serta uji Sobel untuk menguji signifikansi pengaruh tidak langsung melalui variabel mediasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>, yang mengindikasikan meningkatnya tekanan lingkungan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi, sekaligus berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan konsumsi energi baru terbarukan. Sementara itu, pertumbuhan ekonomi tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> maupun terhadap penggunaan energi baru terbarukan selama periode penelitian. Selanjutnya, konsumsi energi baru terbarukan terbukti berpengaruh negatif dan signifikan dalam menurunkan emisi CO<sub>2</sub> serta berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara kepadatan penduduk dan emisi CO<sub>2</sub>, namun tidak mampu memediasi hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi CO<sub>2</sub>. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan pemanfaatan energi bersih dan terbarukan memiliki peran strategis dalam menekan emisi karbon tanpa menghambat pembangunan ekonomi, sehingga dapat mendukung tercapainya pembangunan berkelanjutan di Indonesia.*

*Kata kunci: Kepadatan Penduduk, Laju Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi Baru Terbarukan, Emisi CO<sub>2</sub>*

### 1. Latar Belakang

Perkembangan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di Indonesia menunjukkan tren meningkat selama periode 2003–2023, meskipun terdapat fluktuasi pada beberapa tahun tertentu. Pada awal periode, kenaikan emisi relatif lambat, namun mulai 2010–2015 terjadi lonjakan tajam yang dipengaruhi oleh industrialisasi, meningkatnya konsumsi energi fosil, serta peristiwa kebakaran hutan yang berkontribusi pada pelepasan karbon dalam jumlah besar. Setelah 2015, emisi terus merangkak naik hingga mencapai titik tertinggi sekitar 2021, dengan satu-satunya penurunan signifikan terjadi pada 2020 akibat pembatasan mobilitas selama pandemi COVID-19. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) memainkan peran utama dalam perubahan iklim dalam skala global. Berdasarkan buku karya Donald L. Sparks yang berjudul *Advances in Agronomy* (2022) menjelaskan bahwa jejak karbon adalah total emisi gas rumah kaca (GRK) atau pelepasan karbondioksida yang masuk ke atmosfer, baik itu disebabkan oleh individu, organisasi, proses, produk, atau peristiwa, dalam suatu konteks tertentu. Labiba dan Wisnu (2018) menerangkan bahwa pemanasan global banyak disebabkan oleh emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan sebagian besar pengeluaran CO<sub>2</sub> ini berasal dari kegiatan manusia seperti penggunaan energi fosil dan penebangan hutan. Gas rumah kaca ini dirilis ke atmosfer melalui berbagai aktivitas manusia, termasuk pembakaran energi fosil, penebangan pohon, dan proses industri.

Sementara itu, konsumsi energi baru terbarukan (EBT) menunjukkan tren peningkatan yang konsisten, meskipun pertumbuhannya relatif lambat. Pada tahun 2003, proporsi energi terbarukan masih berada di kisaran 3%, kemudian meningkat bertahap terutama setelah 2010 seiring mulai diterapkannya kebijakan transisi energi dan investasi teknologi energi bersih. Hingga tahun 2023, pangsa EBT baru mencapai sekitar 12%, menunjukkan

---

Analisis Pengaruh Kepadatan Penduduk dan Laju Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Konsumsi Energi Baru Terbarukan sebagai Variabel Intervening di Indonesia

adanya perkembangan positif namun masih jauh dari target nasional, yaitu 23% bauran energi terbarukan pada tahun 2025. Di sisi lain, variabel kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi juga memperlihatkan dinamika yang relevan terhadap tingkat emisi dan konsumsi energi. Kepadatan penduduk meningkat stabil dari tahun ke tahun, terutama di Pulau Jawa yang menampung lebih dari separuh populasi Indonesia. Laju pertumbuhan ekonomi secara umum berada pada kisaran 4–6%, kecuali pada tahun-tahun tertentu seperti 2009 dan 2020 yang tertekan oleh krisis global dan pandemi. Kombinasi pertumbuhan penduduk, pola konsumsi energi, dan aktivitas ekonomi ini menjadi faktor yang mendorong perubahan emisi CO<sub>2</sub> serta pergeseran menuju penggunaan energi yang lebih bersih.

## 2. Metode Penelitian

Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis data sekunder berupa deret waktu (time series) selama periode 2003–2023. Data diperoleh melalui Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), World Bank, dan Our World in Data. Variabel dalam penelitian ini meliputi kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi sebagai variabel independen, emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai variabel dependen, serta konsumsi energi baru terbarukan sebagai variabel intervening.

Metode analisis yang digunakan ialah analisis jalur (path analysis) untuk mengkaji pengaruh langsung dan tidak langsung antarvariabel. Sebelum dilakukan analisis, data diuji menggunakan uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, multikolinearitas, autokorelasi, dan heteroskedastisitas. Selanjutnya, pengujian signifikansi hubungan dilakukan melalui uji t, uji F, koefisien determinasi (R<sup>2</sup>), dan uji Sobel untuk menguji peran variabel mediasi.

### 2.1. Uji Asumsi Klasik

#### a) Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah dalam suatu model regresi, variabel independen dan variabel dependen ataupun keduanya memiliki distribusi normal atau tidak. Hasil regresi yang baik mempunyai distribusi data yang normal ataupun hampir normal.

#### b) Uji Multikolinearitas

Asumsi multikolinearitas bertujuan untuk mengevaluasi apakah terdapat hubungan yang kuat diantara variabel-variabel independen dalam sebuah regresi linear berganda. Apabila terdapat korelasi yang signifikan diantara variabel-variabel independen, maka interaksi diantara variabel independen dengan variabel dependen akan terhambat. Alat statistik yang sering digunakan sebagai penguji gangguan multikolinearitas ialah menggunakan variance inflation factor (VIF), korelasi pearson diantara variabel-variabel bebas, atau dengan melihat eigenvalues dan condition index (CI) (Agha De et. al.,).

#### c) Uji Heteroskedastisitas

Uji ini digunakan sebagai penentu apakah dalam model regresi terdapat perbedaan varian dari residual diantara sebuah pengamatan dengan pengamatan lainnya. Sebuah model regresi yang bagus tidak menunjukkan adanya heteroskedastisitas atau homoskedastisitas.

### 2.2. Uji Hipotesis

Asumsi hipotesis ialah sesuatu pernyataan ataupun anggapan yang kemungkinan benar atau tidak kepada suatu populasi atau lebih (Walpole, 1990). Langkah ini dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel secara acak dari populasi yang ingin diteliti. Penjelasan mengenai sampel yang tidak sesuai dengan hipotesis yang telah ditetapkan akan menyebabkan hipotesis tersebut ditolak, sedangkan sampel yang mendukung hipotesis akan menyebabkan hipotesis tersebut diterima. Penerimaan sebuah hipotesis hanya menunjukkan bahwa data yang ada tidak cukup untuk membuktikan bahwa hipotesis tersebut salah. Di satu sisi, penolakan sebuah hipotesis memperlihatkan bahwa kenyataan dari sampel membantah kebenarannya (Azwar Habibi, 2023).

Penelitian ini dilakukan untuk menunjukkan apakah signifikan tidaknya di antara kepadatan penduduk (X1) dan laju pertumbuhan ekonomi (X2) terhadap konsumsi energi baru terbarukan (Z) serta emisi CO2 (Y). Persamaan yang dipakai adalah:

$$t = \frac{bi}{Se(bi)}$$

Keterangan:

- t = test signifikan dengan angka korelasi
- bi = koefisiensi regresi
- Se (bi) = standart error dari koefisien korelasi

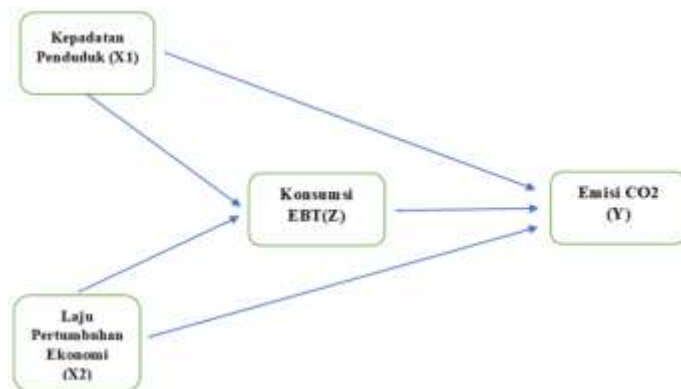
Formula hipotesis uji t:

1. Ho :  $bi > 0,05$   
Ho diterima dan Ha ditolak, yang berarti tidak memiliki dampak secara parsial diantara variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y)
2. Ha :  $bi < 0,05$   
Ho ditolak dan Ha diterima, yang berarti memiliki dampak secara parsial diantara variabel bebas (X) terhadap varriabel terikat (Y).

**2.3. Uji Path Analysis atau Analisis Jalur**

Penelitian ini menerapkan Analisis Jalur dengan bantuan perangkat lunak Eviews untuk mengevaluasi hubungan sebab-akibat diantara populasi, pertumbuhan ekonomi, serta penggunaan energi terbarukan terhadap emisi CO2 di Indonesia dalam rentang waktu 2003 hingga 2023, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui variabel penghubung.

Analisis jalur adalah salah satu bentuk model regresi yang dipergunakan untuk mengkaji hubungan kausal diantara beberapa variabel, baik variabel independen ataupun variabel dependen. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memahami pengaruh langsung maupun tidak langsung antarvariabel dalam suatu model penelitian. Penggunaan analisis jalur didasarkan pada sejumlah asumsi yang harus dipenuhi agar hasil analisis dapat diinterpretasikan secara valid (Muhson, 2011). Hubungan kausal antar variabel dapat dianalisis menggunakan analisis jalur (path analysis). Signifikansi model tampak berdasarkan koefisien beta ( $\beta$ ) yang hakiki kepada jalur:



Gambar 1. *Path Analysis*

Rancangan analisis jalur yang dipakai pada studi berikut dijabarkan ke dalam bentuk persamaan struktural berikut

1.  $Z = \beta_{ZX1} + \beta_{ZX2} + \epsilon_1$  ..... (Persamaan 1)
2.  $Y = \beta_{YX1} + \beta_{YX2} + \beta_{ZY} + \epsilon_2$  ..... (Persamaan 2)

Keterangan:

- X1 = Kepadatan Penduduk  
 X2 = Laju Pertumbuhan Ekonomi  
 Z = Konsumsi Energi Baru Terbarukan  
 Y = Emisi Karbondioksida (Co2)  
 $\epsilon_1, \epsilon_2$  = Variabel pengganggu

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1. Uji Asumsi Klasik

##### a) Uji Normalitas

Dalam penelitian ini, normalitas dari residual diuji menggunakan metode Jarque-Bera (J-B). Pada penelitian ini, besaran probabilitas yang diterapkan adalah  $\alpha = 0,05$ . Hasil dapat ditentukan berdasarkan nilai probabilitas dari statistik J-B dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika nilai probabilitas  $\geq 0,05$  maka asumsi regresi dianggap normal.
- Jika nilai probabilitas  $< 0,05$  maka asumsi regresi tidak dianggap normal.

Tabel 3.1 Uji Normalitas Model 1

Jarque-Bera	0.502909
Probability	0.777669

Uji normalitas yang didasarkan pada nilai probabilitas Jarque-Bera (JB) dianggap seimbang jika nilai probabilitas lebih besar dari 0,05. Dari tabel 3. 1 yang telah disebutkan, diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,777669, yang menunjukkan bahwa 0,777669 lebih besar daripada 0,05, sehingga data dari model 1 memiliki distribusi normal.

Tabel 3.2 Uji Normalitas Model 2

Jarque-Bera	4.643813
Probability	0.535700

Uji normalitas menggunakan nilai probabilitas Jarque-Bera (JB) dinyatakan seimbang jika nilai probabilitas lebih besar dari 0,05. Dari tabel 3. 2 yang tertera di atas, diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,535700, yang berarti 0,535700 lebih besar daripada 0,05, sehingga data dari model 2 mengikuti distribusi normal.

##### b) Uji Multikolinieritas

Multikolinieritas berperan untuk mengevaluasi apakah terdapat hubungan yang signifikan atau sempurna antara variabel independen dalam suatu model regresi. Model regresi yang ideal seharusnya tidak menunjukkan adanya korelasi di antara variabel-variabel tersebut. Apabila ada korelasi yang tinggi diantara variabel independen, maka interaksi antara variabel independen dan variabel dependen akan terganggu. (Ghozali (2017:71))

Salah satu metode untuk mengidentifikasi ada tidaknya dampak dari multikolinieritas dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis Variance Inflation Factor. VIF mengindikasikan sejauh mana varians dari estimasi koefisien suatu variabel meningkat karena adanya hubungan linier dengan variabel lain. Jika nilai VIF melebihi 10, ini menunjukkan adanya multikolinieritas.

Tabel 3.3 Uji Multikolinieritas Model 1

Variable	VIF
Kepadatan Penduduk	1.169767
Laju Pertumbuhan Ekonomi	1.169767

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam tabel 3. 3 Eviews di atas, terlihat bahwa semua variabel independen memiliki nilai koefisien korelasi di bawah 10, sehingga bisa disimpulkan bahwa model 1 pada studi ini tidak mengalami isu multikolinearitas..

Tabel 3.4 Uji Multikolinieritas Model 2

Variable	VIF
Kepadatan Penduduk	3.896794
Laju Pertumbuhan Ekonomi	1.453050
Konsumsi EBT	4.679980

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam tabel 3.4 Eviews di atas, terlihat bahwa semua variabel independen memiliki nilai koefisien korelasi di bawah 10, sehingga bisa disimpulkan bahwa model 2 pada studi ini tidak mengalami isu multikolinearitas.

c) Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi memiliki tujuan untuk mengetahui apakah dalam suatu model penelitian terdapat tanda-tanda autokorelasi antara kesalahan pengganggu yang berhubungan dengan waktu. Untuk menentukan apakah terdapat autokorelasi dalam model, dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan uji Durbin-Watson.

Tabel 3.5 Uji Autokorelasi Model 1

Test	Statistic
Durbin-Watson	0.663470

Hasil pengujian yang tertera pada tabel 3. 5 memperlihatkan bahwa model 1 tidak mengalami autokorelasi. Tampak bahwa nilai Durbin-Watson yang dihasilkan berada dalam rentang -2 hingga +2, yaitu sebesar 0,663470.

Tabel 3.6 Uji Autokorelasi Model 2

Test	Statistic
Durbin-Watson	1.122294

Hasil pengujian yang tertera dalam tabel 3. 6 memperlihatkan bahwa model 2 tidak mengalami autokorelasi. Tampak bahwa nilai Durbin-Watson yang dihasilkan berada dalam rentang -2 hingga +2, yaitu sebesar 1.655094.

d) Uji Heteroskedistisitas

Uji heterokedastisitas dilaksanakan untuk menentukan apakah dalam model regresi terdapat variasi ataupun perbedaan varians residual diantara satu observasi dengan observasi lainnya. Salah satu cara yang sering

dipakai sebagai pendeteksi keberadaan heterokedastisitas ialah melalui uji Glejser, yakni dengan meregresikan nilai absolut dari residual terhadap variabel independen guna mengetahui apakah terdapat hubungan yang signifikan.

Penyusunan Hipotesis

Ho: Homoskedastisitas

H1: Heteroskedastisitas

Formulasi Pengujian Glejser

Prob Obs\*R-Square 0,05 menunjukkan bahwa dapat disimpulkan tidak terdapat heteroskedastisitas.

Tabel 3.7 Uji Heteroskidesitas Model 1

Heteroskedasticity Test Glejser			
F-Statistic	2.510060	Prob. F(2.18)	0.1093
Obs*R-Squared	4.579582	Prob. Chi-Sq(2)	0.1013
Scaled Explained SS	3.029463	Prob . Chi-Sq(2)	0.2199

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam Tabel 3. 7, probabilitas Chi-Square tercatat senilai 0,1013, yang melebihi batas signifikansi 0,05. Ini menandakan bahwa hipotesis nol diterima dan hipotesis alternatif ditolak. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa model regresi yang digunakan dalam studi ini tidak mengalami masalah heteroskedastisitas, ataupun dapat disimpulkan, datanya bersifat homoskedastis.

Tabel 3.8 Uji Heteroskedisitas Model 2

Heteroskedasticity Test Glejser			
F-Statistic	0.370601	Prob. F(2.18)	0.7752
Obs*R-Squared	1.289097	Prob. Chi-Sq(2)	0.7317
Scaled Explained SS	0.635359	Prob . Chi-Sq(2)	0.8883

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam Tabel 3. 8, probabilitas Chi-Square tercatat senilai 0,1013, yang melebihi batas signifikansi 0,05. Ini menandakan bahwa hipotesis nol diterima dan hipotesis alternatif ditolak. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa model regresi yang digunakan dalam analisis ini tidak mengalami masalah heteroskedastisitas, ataupun dapat disimpulkan, datanya bersifat homoskedastis.

### 3.2. Uji T

Dalam menjawab pertanyaan penelitian ini, langkah pertama adalah melakukan analisis uji t. Uji statistik t pada intinya menggambarkan sejauh mana setiap variabel independen mempengaruhi variasi variabel dependen secara terpisah dengan cara membandingkan nilai t-hitung dan t-tabel. Uji t ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh dari setiap variabel, jika nilai signifikan berada di bawah 0,05, maka variabel dependen berpengaruh terhadap variabel independen maupun variabel intervening. Dari pengolahan data, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3.9 Hasil Output Eviews Persamaan Model 1

Variabel	Probability
Kepadatan Penduduk	0.0000
Laju Pertumbuhan Ekonomi	0.0513

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.4121>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Berdasarkan hasil regresi di atas, dapat ditafsirkan dibawah ini:

1. Dari tabel tersebut, kepadatan penduduk memiliki pengaruh positif terhadap konsumsi energi baru terbarukan dengan probabilitas 0,0000, yang kurang dari 0,05. Jadi, hipotesis alternatif diterima dan hipotesis nol ditolak, yang berarti variabel kepadatan penduduk berpengaruh pada konsumsi energi baru terbarukan di Indonesia.
2. Berdasarkan tabel tersebut, laju pertumbuhan ekonomi tidak menunjukkan pengaruh pada konsumsi energi baru terbarukan dengan nilai koefisien 0,0513 yang lebih besar dari 0,05. Jadi, hipotesis alternatif ditolak dan hipotesis nol diterima, yang berarti variabel laju pertumbuhan ekonomi tidak berpengaruh terhadap konsumsi energi baru terbarukan di Indonesia.

Tabel 3.10 Hasil Output Eviews Persamaan Coefficient Model 2

Variabel	Probability
Kepadatan Penduduk	0.0001
Laju Pertumbuhan Ekonomi	0.1337
Konsumsi EBT	0.109

Berdasarkan analisis regresi di atas, berikut adalah interpretasinya:

1. Dari tabel yang telah disajikan, terlihat bahwa kepadatan penduduk mempengaruhi emisi karbondioksida dengan nilai probabilitas 0.0001, yang lebih rendah dari 0,05. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (HA) diterima dan hipotesis nol (HO) ditolak, yang menunjukkan bahwa kepadatan penduduk berpengaruh terhadap emisi karbondioksida di Indonesia.
2. Dari tabel yang ada, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi tidak berpengaruh terhadap emisi karbondioksida, dengan nilai probabilitas 0.1337, yang lebih besar dari 0,05. Jadi, hipotesis alternatif (HA) ditolak dan hipotesis nol (HO) diterima, yang berarti bahwa pertumbuhan ekonomi tidak mempengaruhi emisi karbondioksida di Indonesia.
3. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa konsumsi emisi karbondioksida berpengaruh terhadap emisi karbondioksida dengan nilai probabilitas 0.0109, yang kurang dari 0,05. Maka, hipotesis alternatif (HA) diterima dan hipotesis nol (HO) ditolak, yang berarti variabel konsumsi energi baru terbarukan berpengaruh terhadap emisi karbondioksida di Indonesia.

### 3.3 Uji F dan Koefisien Determinasi

Uji F pada penelitian ini digunakan untuk menilai seberapa signifikan pengaruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen. Besarnya pengaruh simultan tersebut diperoleh melalui hasil pengolahan data, yang dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.:

Tabel 3.11 Uji F dan Koefien Determinasi Model 1

R-Squared	0.786324
F-Statistic	33.11982

Nilai F hitung sebesar 33,11982 melebihi F tabel yaitu 3,521893261, dan nilai F-statistic sebesar 0,000001 berada di bawah ambang 0,05. Dengan demikian, H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>A</sub> diterima. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kepadatan penduduk serta laju pertumbuhan sektor ekonomi berpengaruh terhadap konsumsi energi baru terbarukan di Indonesia. Selain itu, hasil uji koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) menunjukkan nilai *r-squared* sebesar 0,786324 (78%). Artinya, kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi menjelaskan 78% variasi konsumsi energi baru terbarukan, sedangkan 22% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model.

Tabel 3.12 Uji F dan Koefien Determinasi Model 2

R-Squared	0.924879
F-Statistic	69.76740

Nilai F hitung sebesar 69,76740 lebih tinggi dibandingkan F tabel yaitu 3,15990759, dan nilai F-statistic sebesar 0,000000 berada di bawah batas signifikansi 0,05. Berdasarkan hasil tersebut, H0 ditolak dan HA diterima. Temuan ini menunjukkan bahwa variabel kepadatan penduduk serta laju perkembangan sektor ekonomi memiliki pengaruh terhadap konsumsi energi baru terbarukan di Indonesia. Sementara itu, rasio R-squared ( $R^2$ ) tercatat sebesar 0,924879. Nilai ini mengindikasikan bahwa pengaruh kepadatan penduduk, laju pertumbuhan ekonomi, dan konsumsi energi baru terbarukan secara bersama-sama mampu menjelaskan 92,4% variasi output emisi karbon dioksida. Adapun sisanya yaitu 7,6% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diikutsertakan dalam model. Dengan kata lain, variabel karbon dioksida dapat dijelaskan oleh ketiga variabel tersebut sebesar 92,4%, sementara 7,6% berasal dari variabel eksternal yang tidak dianalisis dalam penelitian ini.

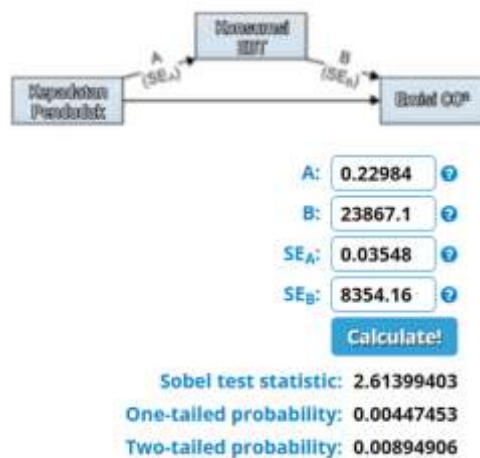
Setelah menyelesaikan runtutan uji asumsi klasik guna meyakinkan kelayakan model regresi. Uji tersebut meliputi uji normalitas, multikolinieritas, autokorelasi, dan heteroskedastisitas. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa data terdistribusi normal, tidak memiliki multikolinieritas diantara variabel independen, sekaligus terbebas dari autokorelasi dan heteroskedastisitas. Dengan demikian, model regresi dinilai memenuhi kriteria statistik dasar dan layak digunakan dalam analisis selanjutnya. Tahapan berikutnya meliputi pengujian statistik, yakni uji t guna menilai dampak parsial setiap variabel, uji F untuk melihat pengaruh secara simultan, serta uji koefisien determinasi guna mengetahui kontribusi variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen. Setelah itu dilakukan uji Sobel guna mengevaluasi signifikansi pengaruh tidak langsung melalui variabel mediasi. Pada penelitian ini, konsumsi energi baru terbarukan berperan sebagai variabel mediasi, sedangkan kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi sebagai variabel independen, dan emisi karbon dioksida sebagai variabel dependen.

### 3.4 Uji Sobel

Uji Sobel digunakan untuk mengukur signifikansi pengaruh tidak langsung dengan cara menghitung nilai  $t$  dari koefisien antara variabel eksogen dan variabel mediasi. Dalam penelitian ini, pengujian Sobel dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Kepadatan penduduk terhadap emisi karbondioksida melalui konsumsi energi baru terbarukan

Berdasarkan hasil analisis statistik, kepadatan penduduk terbukti memberikan pengaruh langsung baik terhadap konsumsi energi baru terbarukan maupun terhadap emisi karbon dioksida. Untuk menilai apakah kepadatan penduduk juga memengaruhi emisi karbon dioksida melalui perantaraan konsumsi energi baru terbarukan, dilakukan pengujian menggunakan uji Sobel sebagai berikut:

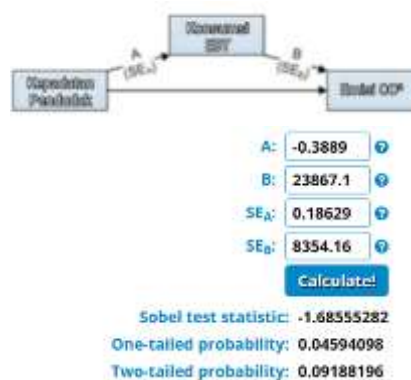


Gambar 3.1 Uji Sobel Jalur I

Berdasarkan hasil *Sobel test* pada Gambar 3.1, diperoleh nilai *one-tailed probability* sebesar 0.00447453 yang lebih kecil dari 0.05. Temuan ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh tidak langsung antara kepadatan penduduk terhadap emisi karbon dioksida melalui konsumsi energi terbarukan. Dengan demikian, konsumsi energi baru terbarukan terbukti berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara kepadatan penduduk dan emisi karbon dioksida, sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

## 2. Laju pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbondioksida melalui konsumsi energi baru terbarukan

Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa laju pertumbuhan ekonomi tidak memiliki pengaruh langsung baik terhadap konsumsi energi baru terbarukan maupun terhadap emisi karbon dioksida. Untuk menilai apakah laju pertumbuhan ekonomi memberikan pengaruh tidak langsung terhadap emisi karbon dioksida melalui konsumsi energi baru terbarukan, dilakukan pengujian menggunakan uji Sobel sebagai berikut:



Gambar 3.2 Uji Sobel Jalur 2

Berdasarkan hasil *Sobel test* pada Gambar 3.2, diperoleh nilai *one-tailed probability* sebesar 0.04594098 yang lebih kecil dari batas signifikansi 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh tidak langsung antara laju pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon dioksida melalui konsumsi energi terbarukan. Dengan demikian, konsumsi energi baru terbarukan berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan tersebut, sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan mengenai dampak kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon dioksida ( $CO_2$ ) dengan konsumsi energi baru terbarukan sebagai variabel intervening, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1). Kepadatan penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi  $CO_2$ . Dengan kata lain, semakin padat suatu wilayah, semakin besar pula tingkat emisi yang ditimbulkan. 2). Laju pertumbuhan ekonomi tidak menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan baik terhadap emisi  $CO_2$  maupun penggunaan energi baru terbarukan. Namun demikian, pertumbuhan ekonomi tetap berpotensi mendorong peningkatan emisi melalui aktivitas industrialisasi dan penggunaan energi fosil. 3). Konsumsi energi baru terbarukan memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi  $CO_2$ , sehingga semakin besar pemanfaatan energi bersih, semakin rendah emisi yang dihasilkan. 4). Berdasarkan hasil uji Sobel terkait pengaruh kepadatan penduduk terhadap emisi  $CO_2$  melalui konsumsi energi baru terbarukan, ditemukan bahwa konsumsi energi baru terbarukan mampu memediasi hubungan tersebut secara signifikan dengan arah negatif. 5). Hasil uji Sobel terhadap pengaruh laju pertumbuhan ekonomi terhadap emisi  $CO_2$  melalui konsumsi energi baru terbarukan juga menunjukkan bahwa variabel konsumsi energi baru terbarukan berperan sebagai mediator yang signifikan dan memiliki arah pengaruh negatif.

## Referensi

- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., Rjoub, H., Agyekum, E. B., & Kirikkaleli, D. (2022). The influence of renewable energy usage on consumption-based carbon emissions in MINT economies. *Heliyon*, 8(9), e08941.
- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, & Simatupang, J. W. (2020). Potensi energi panas bumi, angin, dan biomassa
- Ghozali, I. (2017). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: Badan Penerbit UNDIP.
- Labiba, D., & Pradoto, W. (2018). Sebaran emisi  $CO_2$  dan implikasinya terhadap penataan ruang area industri di Kendal. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2), 164–173.

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.4121>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

5. Pangestu, R. C. K., & Ayuningsasi, A. A. K. (2024). Dampak konsumsi energi sektor industri, rumah tangga, dan transportasi kepada pancaran karbon di Indonesia. *Inisiatif: Jurnal Ekonomi, Akuntansi dan Manajemen*, 3(4), 297-311.
6. Panjaya, A., & Mubaraq, A. (2023). Analisis Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk Kepada Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Kalimantan Barat. *Prosiding Seminar Nasional Program Studi Ekonomi Islam*, Vol. 1, 447-457. ISSN 3026-2488.
7. Pohan, H., & Lubis, I. (2024). Analisis dampak harga minyak mentah dunia, PDB per kapita, populasi urbanisasi, tarif listrik kepada konsumsi energi Indonesia pada tahun 1990-2019. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 4(6), 9357-9370.
8. Prima Agung, P. S., Hartono, D., & Awirya, A. A. (2024). Dampak urbanisasi kepada konsumsi energi dan pancaran CO<sub>2</sub>: Analisis provinsi di Indonesia. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 12(1), 1-15.
9. Ramadhan, H., Marselina, M., Nirmala, T., Aida, N., & Ratih, A. (2023). Analisis pertumbuhan ekonomi kepada pancaran gas karbon dioksida pada negara G20. *KLASSEN: Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 3(1), 44-50.
10. Ribeiro, H. V., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2019). Effects of changing population or density on urban carbon dioxide emissions. *Nature Communications*, 10(1), 3204.
11. Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(9), 4021-4028.
12. Sparks, D. L. (Ed.). (2022). *Advances in Agronomy* (Vol. 171, Suppl. C). Elsevier.
13. Sugiyono. 2018. *Metode Studi Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, penerbit Alfabeta, Bandung
14. Sukirno, S. (2010). *Makroekonomi: Teori pengantar*. RajaGrafindo Persada.
15. Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview potensi dan perkembangan pemanfaatan energi air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan (JEBT)*, 1(3), 124-132.
16. Widyawati, R. F., Hariani, E., Ginting, A. L., & Nainggolan, E. (2021). Dampak pertumbuhan ekonomi, populasi penduduk kota, keterbukaan perdagangan internasional kepada pancaran gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di negara ASEAN. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 37-47.
17. Zarco-Periñán, P. J., Zarco-Soto, I. M., & Zarco-Soto, F. J. (2021). Influence of Population Density on CO<sub>2</sub> Emissions Eliminating the Influence of Climate. *Atmosphere*, 12(9), 1193.
18. Zuhri, M. S. (2014). Dampak Faktor-faktor Demografi Kepada Pancaran Udara di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi dan Pembangunan (JIEP)*, Vol. 14, No. 2, November 2014, 13-30. Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Airlangga. ISSN (P) 1412-2200, E-ISSN 2548-1851.