



## Faktor Ekonomi Penentu Indeks Kualitas Udara di Pulau Jawa 2016–2022

Article	Abstract
<p><b>Author</b> Elvina Hakim*, Zulfa Emalia</p> <p><b>Affiliation</b> Universitas Lampung</p> <p><b>Corresponding Author:</b> <a href="mailto:elvinahakim00@gmail.com">elvinahakim00@gmail.com</a></p> <p><b>Data:</b> Received: 7 Mei 2026; Revised: 20 Mei 2026; Published: 31 Mei 2026</p> <p><b>DOI:</b> <a href="https://doi.org/10.32764/margineco.v10i1.7193">10.32764/margineco.v10i1.7193</a></p>	<p>Air pollution has become an increasingly serious environmental problem in Indonesia, particularly on the island of Java, which has the highest levels of urbanization, population density, and economic activity. Pressure on air quality is driven by population growth, increasing energy consumption, and the intensification of economic activities. This study aims to analyze the influence of population size, electricity users, and Gross Regional Domestic Product (GRDP) on the Air Quality Index (AQI) on the island of Java during the period 2016–2022. This study employs a quantitative approach using panel data from six provinces on the island of Java. The analytical method used is panel data regression. The results indicate that population size and electricity users have a positive and significant effect on the AQI, while GRDP has a negative effect with relatively low elasticity. These findings suggest that air quality dynamics on the island of Java are more closely associated with demographic factors and energy consumption than with regional economic growth. Overall, the findings highlight the importance of strengthening emission control policies and accelerating the transition toward cleaner energy to support sustainable economic development.</p> <p><b>Keywords:</b> Air Quality Index; Electricity Users; GDP; The Number of Inhabitants</p> <p><b>Abstrak</b> Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin serius di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa yang memiliki tingkat urbanisasi, kepadatan penduduk, dan aktivitas ekonomi tertinggi. Tekanan terhadap kualitas udara didorong oleh pertumbuhan penduduk, peningkatan konsumsi energi, serta intensifikasi aktivitas ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah penduduk, pengguna listrik, dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terhadap Indeks Kualitas Udara (IKU) di Pulau Jawa pada periode 2016–2022. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data panel enam provinsi di Pulau Jawa. Metode analisis yang digunakan adalah regresi data panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penduduk dan pengguna listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap IKU, sedangkan PDRB tidak berpengaruh positif secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa tekanan terhadap kualitas udara di Pulau Jawa lebih dipengaruhi oleh faktor demografis dan konsumsi energi dibandingkan oleh pertumbuhan ekonomi. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan pentingnya penguatan kebijakan pengendalian emisi dan percepatan transisi energi bersih untuk mendukung pembangunan ekonomi yang berkelanjutan</p> <p><b>Kata Kunci:</b> Indeks Kualitas Udara; Jumlah Penduduk; PDRB; Pengguna Listrik</p>

©2017; This is an Open Acces Research distributed under the term of the Creative Commons Attribution Licencee (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original works is properly cited.

### PENDAHULUAN

Degradasi kualitas lingkungan, khususnya pencemaran udara, merupakan salah satu permasalahan global yang semakin mendapat perhatian seiring dengan meningkatnya aktivitas ekonomi, urbanisasi, dan pertumbuhan penduduk (Zhang et al., 2022). Di negara berkembang seperti Indonesia, tekanan terhadap kualitas lingkungan

cenderung lebih besar karena pertumbuhan ekonomi yang relatif cepat sering kali tidak diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang memadai (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2022). Kualitas udara yang buruk tidak hanya berdampak pada kerusakan ekosistem, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap kesehatan masyarakat, produktivitas tenaga kerja, dan keberlanjutan pembangunan ekonomi jangka Panjang (Saringatin et al., 2022).

Pulau Jawa merupakan wilayah dengan tingkat urbanisasi, kepadatan penduduk, dan aktivitas ekonomi tertinggi di Indonesia. Kondisi tersebut menjadikan Pulau Jawa sebagai pusat pertumbuhan ekonomi nasional sekaligus wilayah dengan tingkat tekanan lingkungan yang relatif tinggi (BPS, 2023). Data Indeks Kualitas Udara (IKU) menunjukkan bahwa kualitas udara di Pulau Jawa secara konsisten lebih rendah dibandingkan pulau-pulau besar lainnya di Indonesia, terutama Papua dan Sulawesi, yang memiliki kepadatan penduduk dan aktivitas industri yang lebih rendah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2022). Fenomena ini mengindikasikan adanya keterkaitan erat antara faktor-faktor sosial ekonomi dan kualitas udara di wilayah tersebut.

Tekanan terhadap kualitas udara di wilayah perkotaan dan industri seperti Pulau Jawa tidak dapat dilepaskan dari interaksi kompleks antara dinamika kependudukan, pola konsumsi energi, dan struktur aktivitas ekonomi. Menurut Borck & Schrauth (2021), peningkatan kepadatan penduduk cenderung meningkatkan intensitas transportasi, konsumsi energi, serta emisi polutan udara, khususnya di wilayah metropolitan. Kondisi ini diperkuat oleh laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang menunjukkan bahwa kota-kota besar di Pulau Jawa, seperti Jakarta, Bandung, dan Surabaya, secara konsisten mengalami penurunan kualitas udara akibat dominasi emisi dari sektor transportasi dan pembangkitan energi berbasis fosil. Dengan demikian, kualitas udara menjadi indikator penting yang merefleksikan tingkat tekanan lingkungan akibat aktivitas sosial ekonomi yang terkonsentrasi secara spasial.

Selain faktor kependudukan, konsumsi energi listrik menjadi determinan krusial dalam menjelaskan dinamika kualitas udara. Meskipun tingkat elektrifikasi di Pulau Jawa telah mendekati 100 persen, struktur bauran energi yang masih didominasi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara menyebabkan peningkatan emisi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  yang berdampak langsung pada penurunan kualitas udara. Studi Hu & Guo (2021) menegaskan bahwa peningkatan produksi listrik dari pembangkit termal memiliki kontribusi signifikan terhadap kenaikan indeks polusi udara di wilayah perkotaan. Temuan ini sejalan dengan kondisi Pulau Jawa, di mana peningkatan konsumsi listrik rumah tangga dan sektor industri belum sepenuhnya diimbangi oleh transisi menuju energi yang lebih bersih dan rendah emisi.

Pertumbuhan jumlah penduduk menjadi salah satu sumber tekanan utama terhadap kualitas lingkungan. Peningkatan populasi mendorong meningkatnya kebutuhan energi, transportasi, serta aktivitas domestik yang berpotensi meningkatkan emisi pencemar udara (Borck & Schrauth, 2021). Di sisi lain, peningkatan akses listrik yang hampir merata di Pulau Jawa juga menimbulkan implikasi lingkungan, mengingat sistem pembangkitan listrik masih didominasi oleh pembangkit berbasis bahan bakar fosil, khususnya PLTU Batubara yang menghasilkan emisi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  dalam jumlah signifikan (Hu & Guo, 2021). Selain itu, peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) mencerminkan intensifikasi aktivitas ekonomi yang dalam jangka pendek sering dikaitkan dengan peningkatan degradasi lingkungan, meskipun dalam jangka panjang dapat memicu perbaikan kualitas lingkungan melalui peningkatan kapasitas kelembagaan, teknologi, dan regulasi lingkungan, sebagaimana dijelaskan dalam hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (Grossman & Krueger, 1995).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji hubungan antara pertumbuhan ekonomi, kependudukan, dan kualitas udara, baik di Indonesia maupun di negara lain. Aktivitas ekonomi di Pulau Jawa masih memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara, sementara jumlah penduduk menunjukkan hasil yang beragam. Studi lain oleh Oktavia et al. (2021) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dapat berpengaruh positif terhadap kualitas udara dalam jangka panjang, sedangkan pertumbuhan penduduk cenderung memperburuk kualitas udara. Di tingkat internasional, Hu & Guo (2021) menekankan peran signifikan konsumsi energi, khususnya dari pembangkit listrik termal, dalam meningkatkan polusi udara.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada hubungan linier antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan, serta belum secara eksplisit menggunakan pendekatan ekonomi ekologi yang memandang sistem ekonomi sebagai subsistem dari sistem ekologi. Selain itu, kajian yang secara simultan mengaitkan jumlah penduduk, konsumsi energi rumah tangga (pengguna listrik), dan PDRB terhadap kualitas udara dalam konteks regional Pulau Jawa masih relatif terbatas. Padahal, pendekatan ini penting untuk memahami dinamika tekanan sosial-ekonomi terhadap lingkungan secara lebih komprehensif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan kualitas lingkungan, baik pada level nasional maupun lintas negara. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada hubungan linier antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan melalui pendekatan *Environmental Kuznets Curve* (EKC) (Grossman & Krueger, 1995). Di sisi lain, studi mengenai kualitas udara umumnya lebih menitikberatkan pada pengaruh konsumsi energi atau aktivitas industri terhadap pencemaran udara tanpa mengaitkannya secara simultan dengan dinamika kependudukan dan tekanan sosial ekonomi regional (Hu & Guo, 2021).

Kajian kualitas udara pada tingkat regional masih relatif terbatas di Indonesia, khususnya yang menempatkan Pulau Jawa sebagai wilayah dengan tekanan lingkungan tertinggi akibat konsentrasi penduduk, urbanisasi, dan aktivitas ekonomi yang tinggi (BPS, 2023). Selain itu, pendekatan yang digunakan dalam berbagai penelitian sebelumnya masih didominasi perspektif ekonomi konvensional, sehingga hubungan antara aktivitas ekonomi dan kualitas lingkungan cenderung dipandang secara parsial. Padahal, dalam perspektif ekonomi ekologi, aktivitas ekonomi, konsumsi energi, dan pertumbuhan penduduk merupakan bagian dari tekanan ekologis yang saling berkaitan terhadap kondisi lingkungan (Daly & Farley, 2011).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menganalisis pengaruh jumlah penduduk, pengguna listrik, dan PDRB terhadap kualitas udara di Pulau Jawa periode 2016–2022 dengan menggunakan perspektif ekonomi ekologi dan kerangka *Pressure-State-Response* (PSR). Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika tekanan sosial ekonomi terhadap kualitas udara pada level sub nasional.

## **LANDASAN TEORI**

### **Ekonomi Ekologi dan Kualitas Lingkungan**

Landasan teoritis dalam penelitian ini adalah pendekatan ekonomi ekologi (*ecological economics*) yang memandang sistem ekonomi sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari sistem ekologi. Pendekatan ini menolak pandangan ekonomi konvensional yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan ekonomi dapat berlangsung tanpa batas, serta menekankan adanya keterbatasan daya dukung lingkungan terhadap aktivitas manusia (Ekins et al., 2003). Dalam perspektif ekonomi ekologi, seluruh aktivitas produksi dan konsumsi akan menghasilkan tekanan ekologis melalui penggunaan sumber daya alam dan pelepasan limbah, termasuk pencemaran udara, sehingga kualitas lingkungan menjadi indikator penting dalam menilai keberlanjutan pembangunan (Daly & Farley, 2011).

Pendekatan ekonomi ekologi juga menekankan pentingnya hubungan sebab–akibat antara aktivitas sosial ekonomi dan kondisi lingkungan. Salah satu kerangka analisis yang banyak digunakan adalah *Pressure State Response* (PSR) yang dikembangkan oleh OECD. Dalam kerangka ini, pertumbuhan penduduk, konsumsi energi, dan aktivitas ekonomi dipandang sebagai *pressure* yang memberikan tekanan terhadap lingkungan, kualitas udara merepresentasikan *state* lingkungan, sedangkan kebijakan dan pengelolaan lingkungan merupakan bentuk *response* dari pemerintah dan Masyarakat (OECD, 2023). Kerangka ini relevan untuk menjelaskan dinamika kualitas udara di wilayah dengan intensitas aktivitas ekonomi tinggi seperti Pulau Jawa.

### **Teori Kependudukan**

Teori ekonomi kependudukan menjelaskan bahwa pertumbuhan jumlah penduduk berpotensi meningkatkan tekanan terhadap lingkungan melalui peningkatan kebutuhan energi, transportasi, serta aktivitas domestik. Todaro & Smith (2011) menyatakan bahwa lonjakan pertumbuhan penduduk di negara berkembang sering kali menjadi sumber utama degradasi lingkungan karena kapasitas pengelolaan lingkungan tidak tumbuh secepat pertumbuhan ekonomi dan populasi. Pandangan ini sejalan dengan gagasan Ehrlich

(1971) dalam *The Population Explosion* yang menekankan bahwa peningkatan populasi secara berlebihan dapat mempercepat kerusakan lingkungan dan pencemaran.

Namun, hubungan antara jumlah penduduk dan kualitas lingkungan tidak selalu bersifat linear. Dalam konteks wilayah dengan kapasitas kelembagaan dan infrastruktur yang relatif baik, peningkatan jumlah penduduk dapat diimbangi oleh perbaikan tata kelola lingkungan, penyediaan transportasi publik, serta penerapan regulasi pengendalian emisi yang lebih ketat. Oleh karena itu, pengaruh jumlah penduduk terhadap kualitas udara sangat bergantung pada konteks pembangunan dan kemampuan institusional suatu wilayah (Borck & Schrauth, 2021).

### **Konsumsi Energi Listrik dan Pencemaran Udara**

Konsumsi energi listrik merupakan salah satu determinan penting dalam analisis kualitas udara, terutama di wilayah yang sistem pembangkit listriknya masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Produksi listrik dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara menghasilkan emisi gas pencemar seperti SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang berdampak langsung pada penurunan kualitas udara (Hu & Guo, 2021). Dalam perspektif ekonomi ekologi, konsumsi energi dipandang sebagai bagian dari *metabolisme sosial*, yaitu aliran energi dan material yang menghubungkan sistem ekonomi dengan sistem ekologi (Daly & Farley, 2011).

Beberapa studi menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi listrik di negara berkembang sering kali berkorelasi positif dengan peningkatan polusi udara, terutama ketika transisi menuju energi bersih belum berjalan optimal (Gilmore et al., 2006). Kondisi ini relevan dengan Pulau Jawa, di mana tingkat elektrifikasi yang tinggi belum sepenuhnya diiringi oleh pergeseran bauran energi menuju sumber energi terbarukan, sehingga peningkatan konsumsi listrik tetap berimplikasi pada tekanan terhadap kualitas udara.

### ***Environmental Kuznets Curve (EKC)***

Hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan dijelaskan melalui hipotesis *Environmental Kuznets Curve (EKC)* yang dikemukakan oleh Grossman & Krueger (1995). Hipotesis ini menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan per kapita cenderung diikuti oleh peningkatan pencemaran lingkungan. Namun, setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, hubungan tersebut berbalik arah sehingga pertumbuhan ekonomi justru berkontribusi pada perbaikan kualitas lingkungan melalui adopsi teknologi yang lebih bersih, perubahan struktur ekonomi, serta peningkatan kesadaran dan regulasi lingkungan (Stern, 2004).

Peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) mencerminkan intensifikasi aktivitas ekonomi yang berpotensi meningkatkan tekanan lingkungan dalam jangka pendek. Namun, dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi dapat memperkuat kapasitas fiskal dan kelembagaan daerah dalam mengendalikan pencemaran udara, sebagaimana ditemukan dalam beberapa studi empiris di negara berkembang (Wang et al., 2017). Oleh karena itu, pengaruh PDRB terhadap kualitas udara bersifat dinamis dan bergantung pada tahap pembangunan ekonomi suatu wilayah.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu metode regresi data panel OLS (*Ordinary Least Square*), dengan tujuan menganalisis pengaruh faktor-faktor sosial ekonomi terhadap Indeks Kualitas Udara (IKU) di Pulau Jawa. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengujian hubungan kausal antar variabel berdasarkan data numerik dan analisis statistik. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

### **Data dan Lokasi Penelitian**

Objek penelitian meliputi enam provinsi di Pulau Jawa, yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Yogyakarta, dan Banten, dengan periode pengamatan tahun 2016–2022. Data yang digunakan berbentuk data panel, yaitu kombinasi antara data runtun waktu (*time series*) dan data lintas wilayah (*cross section*). Penggunaan data panel memungkinkan analisis yang lebih komprehensif karena mampu menangkap variasi antarwilayah dan dinamika antarwaktu secara simultan.

## Variabel Penelitian

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah Indeks Kualitas Udara (IKU) yang bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). IKU merupakan indikator yang digunakan untuk menggambarkan kondisi kualitas udara suatu wilayah berdasarkan tingkat pencemaran udara. Dalam penelitian ini, nilai IKU yang lebih tinggi menunjukkan kualitas udara yang semakin baik, sedangkan nilai IKU yang lebih rendah menunjukkan kualitas udara yang semakin buruk atau tingkat pencemaran udara yang lebih tinggi. IKU diukur dalam bentuk skala indeks dengan rentang nilai 0–100. Variabel independen meliputi jumlah penduduk (ribu jiwa), pengguna listrik (persen), dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga konstan (miliar rupiah). Ketiga variabel independen tersebut dipilih karena secara teoretis dan empiris merepresentasikan tekanan sosial ekonomi terhadap kualitas lingkungan.

## Model dan Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah regresi data panel. Model estimasi yang dipertimbangkan meliputi *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Pemilihan model terbaik dilakukan melalui Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier (LM). Berdasarkan hasil pengujian spesifikasi model, pendekatan *Common Effect Model* (CEM) dipilih sebagai model yang paling sesuai.

Untuk meningkatkan kualitas estimasi dan mengatasi perbedaan skala antar variabel, penelitian ini menggunakan model logaritmik (*full log model*). Model empiris yang digunakan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{LogIKU}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{JP}_{it}) + \beta_2 \log(\text{PL}_{it}) + \beta_3 \log(\text{PDRB}_{it}) + \varepsilon_{it}$$

di mana *IKU* adalah indeks kualitas udara, *JP* adalah jumlah penduduk, *PL* adalah pengguna listrik, dan *PDRB* adalah produk domestik regional bruto pada provinsi *i* dan tahun *t*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

#### Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif digunakan untuk melihat nilai *mean*, *median*, minimum, maksimum, serta standar deviasi. Jumlah total observasi dalam penelitian ini adalah 42. Adapun hasil statistik deskriptif disajikan sebagai berikut.

**Tabel 1. Statistik Deskriptif**

	IKU	JP	PL	PDRB
<i>Mean</i>	79.19714	25100.93	99.91738	1048477
<i>Median</i>	83.13	23473	99.93	1162949
<i>Maximum</i>	91.63	49406	100	1953488
<i>Minimum</i>	54.53	3721	99.72	87685
<i>Std. Dev.</i>	9.73407	17101	0.065781	624152
<i>Observations</i>	42	42	42	42

Sumber: Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Berikut uraian hasil statistik deskriptif setiap variabel:

1. Indeks kualitas udara (IKU) merupakan variabel dependen dalam penelitian ini. Secara deskriptif, IKU memiliki nilai rata-rata sebesar 79,19 dengan median 83,13. Nilai maksimum tercatat sebesar 91,63 pada DKI Jakarta, sedangkan nilai minimum sebesar 54,53. Standar deviasi sebesar 9,73 menunjukkan variasi data relatif rendah, sehingga sebaran data IKU tergolong cukup stabil dan mendekati distribusi normal.
2. Jumlah penduduk merupakan variabel independen (X1) dalam penelitian ini. Secara deskriptif, jumlah penduduk memiliki rata-rata 25.100,93 ribu jiwa dengan median 23.473 ribu jiwa. Nilai maksimum sebesar 49.406 ribu jiwa terdapat di Jawa Barat, sedangkan nilai minimum sebesar 3.721 ribu jiwa terdapat di DI Yogyakarta. Standar deviasi sebesar 17.101 menunjukkan variasi data relatif rendah sehingga sebaran data cenderung stabil dan mendekati distribusi normal.
3. Pengguna listrik merupakan variabel independen (X2) dalam penelitian ini. Secara deskriptif, pengguna listrik memiliki rata-rata 99,91 persen dengan median 99,93 persen. Nilai maksimum mencapai 100 persen,

sedangkan nilai minimum sebesar 99,72 persen. Standar deviasi sebesar 0,065 menunjukkan variasi data sangat rendah, sehingga sebaran data relatif stabil dan mendekati distribusi normal.

4. PDRB merupakan variabel independen (X3) dalam penelitian ini. Secara deskriptif, PDRB memiliki rata-rata 1.048.477 miliar rupiah dengan median 1.162.949 miliar rupiah. Nilai maksimum sebesar 1.953.488 miliar rupiah, sedangkan nilai minimum sebesar 87.685 miliar rupiah. Standar deviasi sebesar 624.152 menunjukkan variasi data relatif rendah sehingga sebaran data cenderung stabil dan mendekati distribusi normal.

**Uji Spesifikasi Model**

Penelitian ini menggunakan beberapa pendekatan model, yaitu CEM, FEM, dan REM. Pengujian yang dilakukan meliputi Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier.

**1. Uji Chow**

Adapun hipotesis yang digunakan adalah:

H0 = CEM

H1 = FEM

H0 ditolak jika nilai probabilitas < 5%, sehingga model yang tepat adalah FEM. Sebaliknya, jika nilai probabilitas > 5%, maka H0 diterima dan model yang sesuai adalah CEM. Berdasarkan pengujian, diperoleh nilai probabilitas sebagai berikut.

**Tabel 2. Hasil Uji Chow**

<i>Effects Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>d.f.</i>	<i>Prob.</i>
<i>Cross-section F</i>	0.690659	(5,33)	0.6340

**Sumber:** Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Tabel tersebut menunjukkan hasil Uji Chow, dapat dilihat nilai F-statistik 0,690659. Hal tersebut berarti nilai dari probabilitas > tingkat signifikansi dari *alpha* (0,05). Maka terima H0, atau model panel data yang tepat dan baik digunakan adalah CEM.

**2. Uji Hausman**

Hipotesis yang digunakan adalah:

H0 = REM

H1 = FEM

H0 ditolak jika nilai probabilitas < 5%, sehingga model yang tepat adalah FEM. Sebaliknya, jika probabilitas > 5%, H0 diterima dan model yang sesuai adalah REM. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

**Tabel 3. Hasil Uji Hausman**

<i>Test Summary</i>	<i>Chi-Sq. Statistic</i>	<i>Chi-Sq. d.f.</i>	<i>Prob.</i>
<i>Cross-section random</i>	1.875293	3	0.5987

**Sumber:** Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Tabel tersebut menampilkan hasil Uji Hausman, dengan nilai probabilitas 0,59. Karena nilai probabilitas > 0,05, maka H0 diterima, sehingga model panel data yang paling sesuai adalah REM.

**3. Uji Lagrange Multiplier**

Hipotesis yang digunakan adalah:

H0 = CEM

H1 = REM

H0 ditolak jika nilai probabilitas Breusch–Pagan < 5%, sehingga model yang tepat adalah *Random Effect*. Sebaliknya, jika nilai probabilitas > 5%, maka H0 diterima dan model yang sesuai adalah *Common Effect*. Hasil pengujiannya sebagai berikut:

**Tabel 4. Hasil Uji Lagrange Multiplier**

	<i>Test Hypothesis</i>		
	<i>Cross-section</i>	<i>Time</i>	<i>Both</i>
<i>Breusch-Pagan</i>	1.669723	0.736170	2.405893

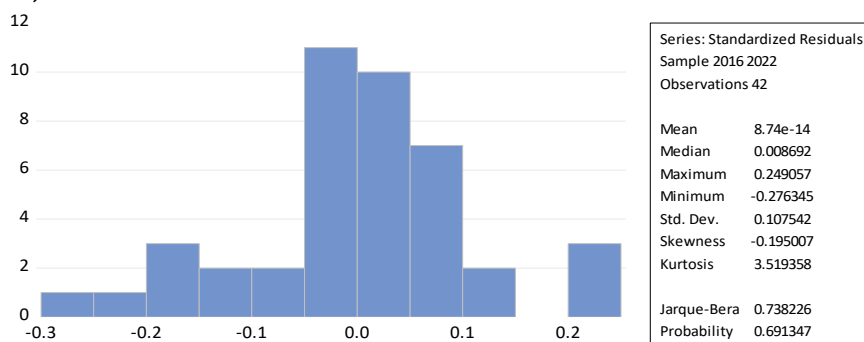
(0.1963) (0.3909) (0.1209)

Sumber: Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Tabel tersebut menampilkan hasil Uji LM, dengan nilai probabilitas Breusch-Pagan sebesar 0,1209. Karena nilai probabilitas > 0,05, maka H0 diterima, sehingga model panel data yang paling sesuai adalah CEM. Berdasarkan ketiga pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa model yang terpilih untuk digunakan adalah CEM.

**Uji Asumsi Klasik**

**Uji Normalitas**



**Gambar 1. Uji Normalitas**

Sumber: Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Hasil Pengujian diatas nilai dari Jarque-Bera adalah 0.738 dan probabilitas sebesar 0,691,  $\alpha = 0,05$  dengan jumlah variabel bebas = 3, maka didapat nilai Chi-Squares tabel = 5,99. Diperoleh hasil bahwa Jarque-Bera < Chi-Squares dan probabilitas > alpha, jadi kesimpulannya adalah data terdistribusi secara normal.

**Deteksi Multikolinieritas**

**Tabel 5. Hasil Uji Lagrange Multiplier**

	LOG(JP)	LOG(PL)	LOG(PDRB)
LOG(JP)	1.000000	0.041398	0.780115
LOG(PL)	0.041398	1.000000	0.254305
LOG(PDRB)	0.780115	0.254305	1.000000

Sumber: Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Hasil pengujian diatas adalah nilai koefisien dari variabel jumlah penduduk, pengguna listrik, dan PDRB < 0,80, kesimpulannya adalah masalah multikolinieritas antar variabel bebas tidak terjadi.

**Hasil Estimasi Regresi Data Panel**

**Tabel 6. Hasil Estimasi Data Panel Model Common Effect**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-kritis	Prob.
C	-325.7414	130.5308	-2.495515	0.0170
LOG(JP)	0.094288	0.031337	3.008798	0.0046
LOG(PL)	71.85264	28.36253	2.533365	0.0155
LOG(PDRB)	-0.122244	0.029144	-4.194476	0.0002
R-squared	0.334419			
Adjusted R-squared	0.281873			
F-statistic	6.364331			
Prob(F-statistic)	0.001329			

Sumber: Hasil olah data menggunakan E-views 12, 2026.

Berikut persamaan yang didapat:

$$\text{LogIKU} = -325.7414 + 0.094288 \text{ LOG(JP)} + 71.85264 \text{ LOG(PL)} - 0.122244 \text{ LOG(PDRB)}$$

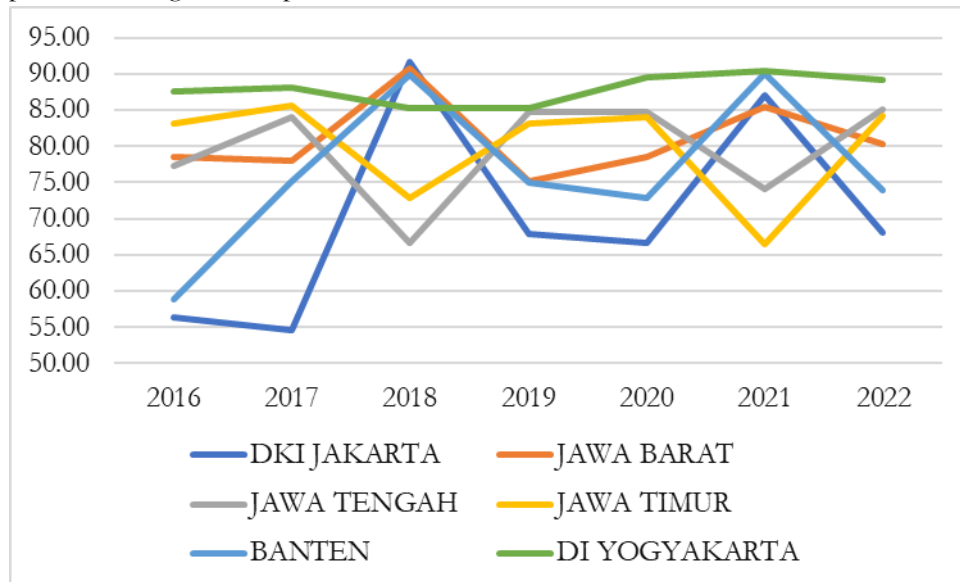
Berikut merupakan interpretasi output berdasar hasil estimasi:

1. Konstanta -325.741 merupakan nilai IKU (Indeks kualitas udara) apabila variabel bebas sebesar nol. Nilai tersebut memiliki arti apabila variabel bebas adalah konstan, maka indeks kualitas udara-nya akan menurun sebesar 325.741 nilai indeks.
2. Koefisien JP (jumlah penduduk) sebesar 0.094, ini berarti apabila jumlah penduduk meningkat 1 persen dan variabel lain konstan maka akan meningkatkan IKU sebesar 0.094 persen, *ceteris paribus*. Hal ini menunjukkan bahwa IKU bersifat *in elastis* terhadap perubahan jumlah penduduk karena nilai elastisitas lebih kecil dari satu.
3. Koefisien PL (pengguna listrik) sebesar 71.852, ini berarti apabila pengguna listrik meningkat 1 persen dan variabel lain konstan maka akan meningkatkan IKU sebesar 71.852 persen, *ceteris paribus*. Nilai ini menunjukkan elastisitas yang sangat tinggi terhadap perubahan pengguna listrik.
4. Koefisien PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) sebesar -0.122, ini berarti apabila PDRB meningkat 1 persen dan variabel lain konstan maka akan menurunkan IKU sebesar 0.122 persen, *ceteris paribus*. Hal ini menunjukkan hubungan negatif dengan tingkat elastisitas yang relatif rendah.

**PEMBAHASAN**

**Dinamika Indeks Kualitas Udara (IKU) di Pulau Jawa**

Sebelum melakukan interpretasi hasil regresi, perlu dilihat terlebih dahulu perkembangan kualitas udara antarprovinsi di Pulau Jawa selama periode penelitian. Visualisasi tren IKU digunakan untuk memberikan gambaran mengenai dinamika kualitas udara regional yang selanjutnya dianalisis melalui pendekatan regresi data panel.



**Gambar 2. Tren Indeks Kualitas Udara (IKU) Provinsi di Pulau Jawa Tahun 2016–2022**

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026.

Gambar 2 menunjukkan perkembangan Indeks Kualitas Udara (IKU) pada enam provinsi di Pulau Jawa selama periode 2016–2022. Secara umum, terdapat fluktuasi nilai IKU antarprovinsi dan antar periode yang menunjukkan bahwa kualitas udara di Pulau Jawa bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai aktivitas sosial ekonomi regional. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kualitas udara antarprovinsi di Pulau Jawa memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut mengindikasikan adanya variasi tekanan lingkungan regional yang kemungkinan berkaitan dengan tingkat urbanisasi, aktivitas ekonomi, konsumsi energi, dan kepadatan penduduk pada masing-masing wilayah.

Provinsi DI Yogyakarta cenderung memiliki nilai IKU paling stabil dan relatif tinggi selama periode penelitian, dengan nilai berada pada kisaran 85–90. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kualitas udara di wilayah tersebut relatif lebih baik dibandingkan provinsi lain di Pulau Jawa. Sementara itu, DKI Jakarta menunjukkan fluktuasi yang cukup tinggi, terutama pada periode 2016–2018 dan 2021–2022. Pola tersebut dapat mencerminkan tingginya tekanan aktivitas perkotaan, mobilitas penduduk, dan aktivitas ekonomi di

wilayah metropolitan. Provinsi Banten juga menunjukkan perubahan IKU yang cukup signifikan, terutama peningkatan tajam pada tahun 2018 dan 2021 sebelum kembali mengalami penurunan pada tahun 2022. Di sisi lain, Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur cenderung memiliki pola fluktuasi moderat dengan nilai IKU yang berada pada kategori menengah hingga tinggi.

### **Pengaruh Jumlah Penduduk Terhadap Indeks Kualitas Udara**

Hasil regresi menunjukkan bahwa jumlah penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap Indeks Kualitas Udara (IKU) di Pulau Jawa. Dalam model logaritmik, hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah penduduk diikuti oleh peningkatan nilai IKU atau kecenderungan perbaikan kualitas udara. Temuan ini berbeda dengan pandangan umum yang menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk cenderung meningkatkan tekanan lingkungan melalui peningkatan konsumsi energi, mobilitas, dan aktivitas ekonomi (Stern, 2004). Namun demikian, beberapa studi empiris menunjukkan bahwa hubungan antara jumlah penduduk dan kualitas lingkungan tidak selalu bersifat linear. Borck & Schrauth (2021) menemukan bahwa wilayah dengan tingkat urbanisasi tinggi dapat memiliki kualitas udara yang relatif lebih baik ketika didukung oleh efisiensi transportasi, konsentrasi aktivitas ekonomi, dan infrastruktur perkotaan yang lebih memadai. Shahbaz et al (2012) menjelaskan bahwa perubahan struktur ekonomi menuju sektor jasa dan aktivitas ekonomi berbasis teknologi berpotensi menurunkan tekanan emisi dibanding sektor industri konvensional.

Dalam konteks Pulau Jawa, hasil penelitian ini dapat mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah penduduk tidak selalu diikuti oleh penurunan kualitas udara. Akan tetapi, penelitian ini belum dapat menjelaskan secara langsung mekanisme kelembagaan, tata kelola lingkungan, maupun kebijakan pengendalian emisi karena variabel tersebut tidak dimasukkan dalam model penelitian.

### **Pengaruh Pengguna Listrik Terhadap Indeks Kualitas Udara**

Variabel pengguna listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap indeks kualitas udara. Peningkatan elektrifikasi mendorong peralihan konsumsi energi rumah tangga dari bahan bakar padat seperti kayu bakar dan minyak tanah menuju listrik yang menghasilkan emisi lebih rendah (Pachauri & Jiang, 2008). Transisi ini menurunkan emisi *partikulat* dan polutan udara, baik di dalam maupun luar ruangan (Aung et al., 2016; Bonjour et al., 2013). Fenomena ini sejalan dengan teori *energy ladder* bahwa peningkatan kesejahteraan mendorong penggunaan energi modern dan lebih bersih. Selain itu, pembangkitan listrik skala besar relatif lebih mudah dikendalikan melalui teknologi pengendalian emisi dibanding pembakaran bahan bakar di tingkat rumah tangga (Daioğlu et al., 2012; Markandya et al., 2018).

### **Pengaruh PDRB Terhadap Indeks Kualitas Udara**

Hasil estimasi menunjukkan bahwa PDRB berpengaruh negatif terhadap IKU. Dalam model elastisitas, peningkatan PDRB cenderung menurunkan nilai IKU, meskipun pengaruhnya relatif kecil. Temuan ini sejalan dengan argumentasi *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang menyatakan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan bersifat dinamis sesuai tahapan pembangunan ekonomi (Grossman & Krueger, 1995). Secara empiris, Apergis & Ozturk (2015) menemukan bahwa pada beberapa negara berkembang, peningkatan pendapatan mulai diikuti oleh penurunan tingkat pencemaran setelah mencapai tingkat pembangunan tertentu. Wang et al (2017) juga menunjukkan bahwa transformasi struktur ekonomi dan peningkatan efisiensi produksi dapat mengurangi tekanan lingkungan dalam jangka panjang. Namun demikian, penelitian ini belum dapat mengidentifikasi faktor spesifik yang menyebabkan hubungan tersebut karena variabel seperti teknologi ramah lingkungan, kebijakan lingkungan, dan kualitas institusi tidak diukur secara langsung dalam model penelitian.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah penduduk, pengguna listrik, dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terhadap Indeks Kualitas Udara (IKU) di Pulau Jawa selama periode 2016–2022 dengan menggunakan regresi data panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penduduk dan pengguna listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap IKU, sedangkan PDRB berpengaruh negatif dengan elastisitas yang relatif kecil.

Temuan tersebut mengindikasikan bahwa dinamika kualitas udara di Pulau Jawa tidak hanya berkaitan dengan aktivitas ekonomi, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor kependudukan dan konsumsi energi. Dalam konteks penelitian ini, peningkatan jumlah penduduk dan pengguna listrik diikuti oleh peningkatan nilai IKU, sedangkan peningkatan PDRB cenderung menurunkan nilai IKU. Namun demikian, hubungan tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena penelitian ini belum memasukkan faktor lain seperti aktivitas industri, jumlah kendaraan bermotor, kondisi meteorologis, serta kebijakan lingkungan daerah.

Penelitian ini menunjukkan pentingnya pengendalian tekanan lingkungan melalui pengelolaan energi dan pembangunan yang lebih berkelanjutan di Pulau Jawa. Oleh karena itu, pemerintah perlu mendorong penguatan kebijakan pengendalian emisi, peningkatan efisiensi energi, serta percepatan transisi menuju energi yang lebih bersih guna menjaga kualitas udara regional. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan variabel yang lebih komprehensif dan pendekatan metodologi yang lebih luas, seperti model non-linear maupun *spatial econometric*, agar mampu menjelaskan dinamika kualitas udara secara lebih mendalam.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Pertama, penelitian ini hanya menggunakan variabel jumlah penduduk, pengguna listrik, dan PDRB sebagai determinan kualitas udara, sehingga belum mampu menangkap faktor lain yang secara empiris turut memengaruhi kualitas udara, seperti jumlah kendaraan bermotor, aktivitas industri, kepadatan lalu lintas, kondisi meteorologis, serta penggunaan energi terbarukan. Kedua, penelitian ini belum memasukkan variabel kelembagaan, kualitas tata kelola lingkungan, maupun kebijakan pengendalian emisi daerah yang kemungkinan berpengaruh terhadap dinamika kualitas udara regional. Oleh karena itu, hasil penelitian belum dapat sepenuhnya menjelaskan mekanisme kausal yang mendasari hubungan antara aktivitas sosial ekonomi dan kualitas udara.

Ketiga, cakupan penelitian yang terbatas pada enam provinsi di Pulau Jawa periode 2016–2022 menyebabkan hasil penelitian belum dapat di generalisasi untuk seluruh wilayah Indonesia yang memiliki karakteristik ekonomi, kependudukan, dan lingkungan yang berbeda. Selain itu, penggunaan model regresi linear data panel belum sepenuhnya mampu menangkap kemungkinan hubungan non-linear maupun efek spasial antarwilayah dalam dinamika kualitas udara. Dengan demikian, penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan variabel yang lebih komprehensif, cakupan wilayah yang lebih luas, serta pendekatan ekonometrika yang lebih kompleks seperti model *non-linear*, *spatial econometric*, maupun *dynamic panel* untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai determinan kualitas udara regional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.026>
- Aung, T. W., Jain, G., Sethuraman, K., Baumgartner, J., Reynolds, C., Grieshop, A. P., Marshall, J. D., & Brauer, M. (2016). Health and Climate-Relevant Pollutant Concentrations from a Carbon-Finance Approved Cookstove Intervention in Rural India. *Environmental Science & Technology*, 50(13), 7228–7238. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06208>
- Bonjour, S., Adair-Rohani, H., Wolf, J., Bruce, N. G., Mehta, S., Prüss-Ustün, A., Lahiff, M., Rehfuess, E. A., Mishra, V., & Smith, K. R. (2013). Solid Fuel Use for Household Cooking: Country and Regional Estimates for 1980–2010. *Environmental Health Perspectives*, 121(7), 784–790. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205987>
- Borck, R., & Schrauth, P. (2021). Population density and urban air quality. *Regional Science and Urban Economics*, 86, 103596. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103596>
- BPS. (2023). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023*.
- Daioglou, V., van Ruijven, B. J., & van Vuuren, D. P. (2012). Model projections for household energy use in developing countries. *Energy*, 37(1), 601–615. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.044>
- Daly, H. E., & Farley, J. (2011). *Ecological Economics: Principles and Applications (2nd Edition)*. Island Press.
- Ehrlich, P. R. (1971). *The Population Explosion*. Buccaneer Books.

- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., & De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2–3), 165–185. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00272-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00272-0)
- Gilmore, E. A., Lave, L. B., & Adams, P. J. (2006). The Costs, Air Quality, and Human Health Effects of Meeting Peak Electricity Demand with Installed Backup Generators. *Environmental Science & Technology*, 40(22), 6887–6893. <https://doi.org/10.1021/es061151q>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Hu, F., & Guo, Y. (2021). Impacts of electricity generation on air pollution: evidence from data on air quality index and six criteria pollutants. *SN Applied Sciences*, 3(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04004-2>
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). *STATUS LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA 2022*.
- Markandya, A., Samperdo, J., Smith, S. J., Dingenen, R. Van, Pizzaro-Inzar Cristina, & Arto, I. (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 2(3), e126–e133.
- OECD. (2023). *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use*.
- Oktavia, P. A. D., Yunitasari, D., & Yuliati, L. (2021). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi dan Pertumbuhan Penduduk terhadap Kualitas Udara di Kawasan Gerbangkertosusila. *EKOPEM: Jurnal Ekonomi Pembangunan*.
- Pachauri, S., & Jiang, L. (2008). The household energy transition in India and China. *Energy Policy*, 36(11), 4022–4035. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.016>
- Reid, K., Flowers, P., & Larkin, M. (2005). Exploring lived experience. *Psychologist*, 18(1), 20–23.
- Saringatin, S., Ramadan, G. F., Widiastuti, E. I., & Arjasakusuma, S. (2022). Analysis of Urban Comfort Level in Java Island Based on Air Temperature and Air Quality in 2015 – 2019. *Jurnal Geografi Gea*, 22(1), 77–86. <https://doi.org/10.17509/gea.v22i1.44462>
- Shahbaz, M., Lean, H. H., & Shabbir, M. S. (2012). Environmental Kuznets Curve hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2947–2953. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.015>
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Todaro, M. p., & Smith, S. C. (2011). *Pembangunan Ekonomi* (Edisi 11). Erlangga.
- Wang, Y., Zhang, C., Lu, A., Li, L., He, Y., ToJo, J., & Zhu, X. (2017). A disaggregated analysis of the environmental Kuznets curve for industrial CO2 emissions in China. *Applied Energy*, 190, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.109>