

Pengaruh Kualitas Udara Terhadap Tingkat Kesehatan di Indonesia

Citra Zahra¹, Ariusni²

^{1,2}Program Studi Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Negeri Padang, Indonesia.

*Korespondensi: citrazahra673@gmail.com, ariusni77@fe.unp.ac.id

Info Artikel

Diterima:

1 Maret 2026

Disetujui:

10 Maret 2026

Terbit daring:

31 Maret 2026

DOI: -

Sitasi:

Zahra, C. & Ariusni. (2026).
Pengaruh Kualitas Udara
Terhadap Tingkat Kesehatan di
Indonesia

Abstract:

This study aims to examine the effect of air quality on public health in Indonesia in both the short and long run. Public health is proxied by life expectancy at birth, while air quality is measured using PM_{2.5} concentration, with GDP per capita included as a control variable. The study employs annual time series data from 1992 to 2021 obtained from the World Bank. The Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach is applied to estimate both short-run dynamics and long-run relationships among variables. The results indicate the presence of cointegration among the variables. In the short run, air quality does not have a significant effect on life expectancy. However, in the long run, PM_{2.5} has a negative and statistically significant impact on public health. Meanwhile, GDP per capita shows a positive but insignificant effect in the long run. The Error Correction Model also confirms the existence of an adjustment mechanism toward long-run equilibrium. These findings suggest that the impact of air pollution on health is cumulative and requires sustained air quality management policies.

Keywords: Air Quality, PM_{2.5}, Life Expectancy, ARDL, GDP per capita

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap tingkat kesehatan masyarakat di Indonesia dalam jangka pendek dan jangka panjang. Tingkat kesehatan diproksikan dengan angka harapan hidup saat lahir, sedangkan kualitas udara diukur menggunakan konsentrasi PM_{2.5}, dengan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita sebagai variabel kontrol. Data yang digunakan merupakan data time series tahunan periode 1992–2021 yang bersumber dari *World Bank*. Metode analisis yang digunakan adalah *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) yang mampu mengidentifikasi hubungan jangka pendek dan jangka panjang antarvariabel. Hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan kointegrasi antarvariabel. Dalam jangka pendek, kualitas udara tidak berpengaruh signifikan terhadap angka harapan hidup. Namun, dalam jangka panjang, PM_{2.5} berpengaruh negatif dan signifikan terhadap tingkat kesehatan masyarakat. Sementara itu, PDB per kapita berpengaruh positif tetapi tidak signifikan dalam jangka panjang. Selain itu, hasil *Error Correction Model* menunjukkan adanya mekanisme penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang. Temuan ini menunjukkan bahwa dampak pencemaran udara terhadap kesehatan bersifat akumulatif dan memerlukan kebijakan pengendalian kualitas udara yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Kualitas Udara, PM_{2.5}, Angka Harapan Hidup, ARDL, PDB per kapita

Kode Klasifikasi JEL: I12, Q53, C32, Q51

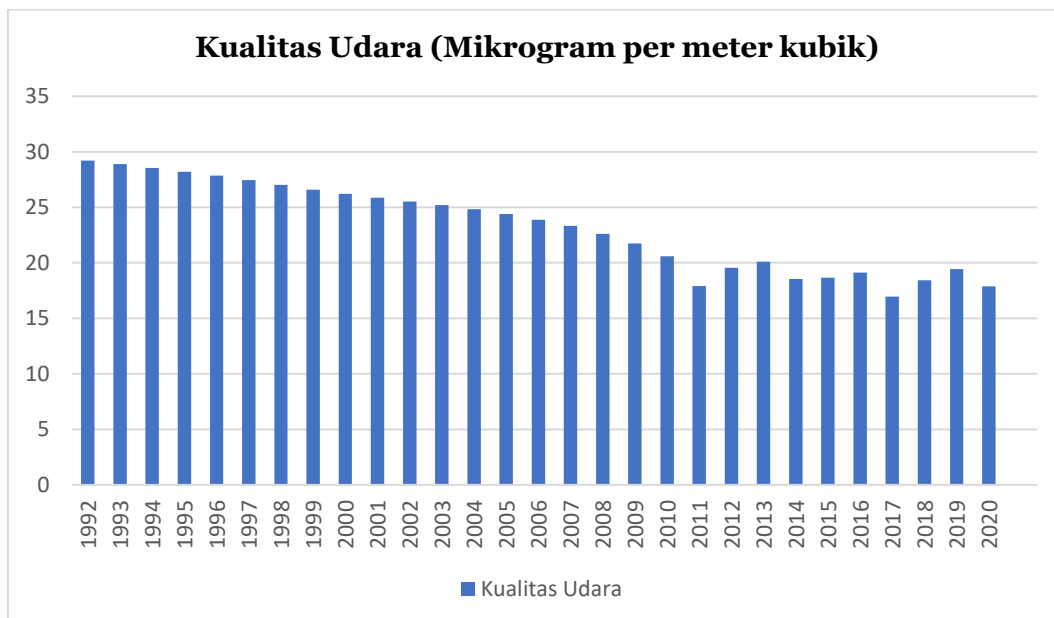
PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan salah satu tantangan kesehatan masyarakat terbesar di abad ke-21 dan menjadi perhatian utama dalam kajian ekonomi kesehatan serta ekonomi lingkungan. Partikulat halus berdiameter kurang dari 2,5 mikrometer (PM_{2.5}) dikategorikan sebagai polutan paling berbahaya karena kemampuannya menembus sistem pernapasan hingga ke alveoli dan masuk ke aliran darah. Paparan jangka panjang terhadap PM_{2.5} meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan kronis, serta kematian dini Madrigano et al. (2024). Berbeda dengan dampak kesehatan yang bersifat akut, efek PM_{2.5} berkembang secara bertahap melalui akumulasi paparan yang terus-menerus. Dalam jangka panjang, kondisi tersebut dapat menurunkan kesehatan populasi secara agregat dan tercermin pada indikator makro seperti angka harapan hidup.

Isu kualitas udara kemudian diintegrasikan dalam agenda pembangunan global melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDG-3 menargetkan pengurangan kematian dan

penyakit akibat polusi udara, sedangkan SDG-11 menekankan pentingnya kualitas udara yang sehat di kawasan perkotaan (World Health Organization, 2018). Integrasi ini menunjukkan bahwa kesehatan masyarakat tidak dapat dipisahkan dari kualitas lingkungan hidup. Pertumbuhan ekonomi yang tidak diimbangi dengan pengendalian pencemaran berpotensi menimbulkan biaya kesehatan jangka panjang. Oleh karena itu, analisis empiris mengenai dampak polusi udara terhadap kesehatan menjadi relevan dalam merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan.

Dalam konteks Indonesia, persoalan kualitas udara memiliki karakter struktural yang kompleks. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menetapkan batas aman tahunan PM_{2.5} sebesar 5 µg/m³, namun rata-rata paparan PM_{2.5} di Indonesia masih berada di atas ambang tersebut (World Health Organization, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar penduduk menghadapi risiko kesehatan lingkungan yang bersifat kronis. *Air Quality Life Index* (AQLI) memperkirakan bahwa kualitas udara yang tidak memenuhi standar WHO berpotensi mengurangi angka harapan hidup masyarakat Indonesia rata-rata sekitar 1,3 tahun, bahkan dapat melebihi 2,5 tahun di wilayah dengan polusi tinggi (Energy Innovation, 2025). Temuan ini menegaskan bahwa polusi udara memiliki implikasi langsung terhadap kesejahteraan jangka panjang penduduk.



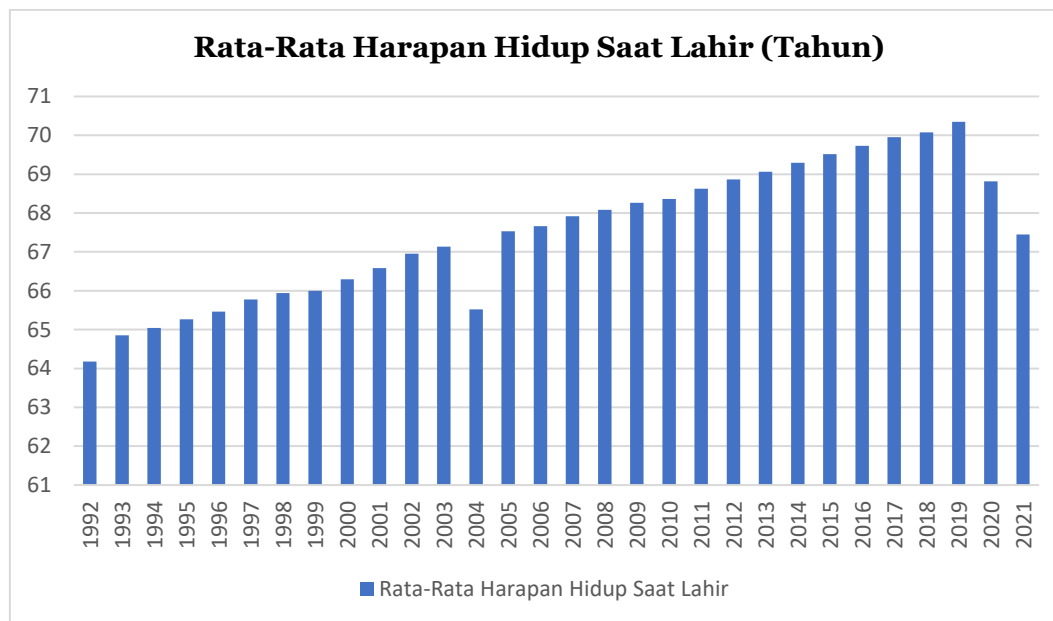
Sumber : Diolah dari World Bank, (2024)

Gambar 1.1 Kualitas Udara (Mikrogram per meter kubik)

Berdasarkan data World Bank (2024), konsentrasi PM_{2.5} di Indonesia menunjukkan tren menurun sejak awal 1990-an hingga pertengahan 2010-an, meskipun terjadi fluktuasi pada beberapa tahun tertentu. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan perubahan teknologi produksi, perbaikan standar emisi kendaraan, serta meningkatnya perhatian pemerintah terhadap isu lingkungan. Transformasi struktur ekonomi menuju sektor jasa juga turut berkontribusi terhadap penurunan rata-rata paparan polusi secara nasional. Namun demikian, kenaikan kembali PM_{2.5} pada periode tertentu menunjukkan bahwa kualitas udara masih rentan terhadap tekanan urbanisasi, pertumbuhan kendaraan bermotor, serta kebakaran hutan dan lahan (Crippa et al., 2021; Kim et al., 2016). Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan kualitas udara belum sepenuhnya stabil dalam jangka panjang.

Sejalan dengan dinamika kualitas udara, angka harapan hidup di Indonesia selama periode 1992–2019 menunjukkan tren meningkat secara konsisten (World Bank, 2024b). Peningkatan

tersebut mencerminkan perbaikan layanan kesehatan, serta pertumbuhan ekonomi yang relatif stabil. Namun, penurunan pada periode 2020–2021 akibat pandemi COVID-19 menegaskan bahwa indikator kesehatan tetap rentan terhadap guncangan besar (Aburto et al., 2022). Pola ini menunjukkan bahwa meskipun kesehatan populasi membaik dalam jangka panjang, faktor eksternal seperti krisis kesehatan dan degradasi lingkungan tetap dapat memengaruhi trajektori tersebut. Oleh karena itu, analisis hubungan antara kualitas udara dan angka harapan hidup perlu mempertimbangkan dinamika jangka panjang.



Sumber : Diolah dari World Bank, (2024)

Gambar 1.2 Rata-Rata Harapan Hidup Saat Lahir (Tahun)

Secara teoretis, hubungan antara kualitas udara dan kesehatan dapat dijelaskan melalui kerangka fungsi produksi kesehatan dari Grossman (1972). Dalam model tersebut, kesehatan dipandang sebagai bentuk modal yang diproduksi melalui kombinasi berbagai input, termasuk kondisi lingkungan. Paparan polusi udara dapat mempercepat depresiasi modal kesehatan sehingga menurunkan tingkat kesehatan populasi dalam jangka panjang. Pendapatan mencerminkan kapasitas ekonomi untuk memperoleh akses terhadap layanan kesehatan dan lingkungan yang lebih baik. Namun, apabila kualitas lingkungan memburuk, manfaat peningkatan pendapatan dapat tereduksi.

Literatur empiris internasional secara konsisten menunjukkan bahwa PM_{2.5} berpengaruh negatif terhadap angka harapan hidup. Jorgenson et al. (2021), menemukan bahwa peningkatan konsentrasi PM_{2.5} menurunkan angka harapan hidup dalam studi lintas negara. Rodriguez-Alvarez et al. (2021), menunjukkan bahwa polusi udara tetap menjadi determinan signifikan kesehatan bahkan di negara berpendapatan tinggi. Ebhota et al. (2023), juga menegaskan bahwa pertumbuhan ekonomi tidak sepenuhnya mampu mengimbangi dampak negatif polusi udara terhadap kesehatan populasi. Meskipun demikian, sebagian besar studi tersebut menggunakan data panel lintas negara sehingga kurang menangkap dinamika spesifik suatu negara.

Kajian berbasis data time series nasional Indonesia yang memisahkan dinamika jangka pendek dan jangka panjang antara kualitas udara dan angka harapan hidup masih relatif terbatas. Padahal, dampak polusi udara cenderung bersifat kumulatif dan baru terlihat dalam horizon waktu yang panjang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap tingkat kesehatan masyarakat di Indonesia periode 1992–2021 menggunakan pendekatan *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Selain PM_{2.5} sebagai variabel utama, penelitian ini memasukkan PDB per kapita sebagai variabel kontrol untuk mengisolasi pengaruh lingkungan dari faktor sosial-ekonomi lainnya. Secara teoretis,

penelitian ini memperkuat literatur ekonomi kesehatan dan lingkungan di negara berkembang, serta secara praktis memberikan dasar analitis bagi perumusan kebijakan pengendalian polusi udara yang terintegrasi dengan pembangunan manusia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kausal untuk menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap tingkat kesehatan masyarakat di Indonesia. Kerangka analisis dibangun berdasarkan teori fungsi produksi kesehatan yang menyatakan bahwa kesehatan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dalam penelitian ini, kualitas udara yang diprosikan melalui konsentrasi PM2.5 diposisikan sebagai variabel independen utama. PDB per kapita (GDP per capita) digunakan sebagai variabel kontrol untuk menangkap dimensi sosial dan ekonomi yang turut mempengaruhi angka harapan hidup (*life expectancy at birth/LE*) sebagai variabel dependen.

Data yang digunakan merupakan data sekunder berbentuk *time series* tahunan periode 1992–2021 pada tingkat nasional. Data LE, PM2.5, dan PDB per kapita diperoleh dari *World Bank*. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi dengan mengakses publikasi resmi lembaga terkait. Data yang diperoleh dalam format Excel (CSV) disesuaikan satuannya agar konsisten antarvariabel dan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak EViews 13.

Tabel 1. Definisi Operasional

| Variabel | Notasi | Deskripsi | Keterangan |
|----------------------------------|--------|--|--------------------------|
| Variabel Dependen | | | |
| Tingkat Kesehatan Masyarakat (Y) | LE | Tingkat kesehatan masyarakat adalah kondisi kesehatan masyarakat secara keseluruhan yang mencerminkan hasil akumulasi status kesehatan dalam jangka panjang akibat pengaruh faktor lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dalam penelitian ini, tingkat kesehatan diukur dengan angka harapan hidup pada saat lahir. | Tahun |
| Variabel Independen | | | |
| Kualitas Udara (X1) | PM2.5 | Kualitas udara adalah ukuran kebersihan udara lingkungan yang menunjukkan tingkat paparan masyarakat terhadap polutan udara berbahaya. Dalam penelitian ini, kualitas udara diukur berdasarkan konsentrasi rata-rata tahunan partikel halus berukuran $\leq 2,5$ (PM2.5) di udara bebas yang dapat masuk ke sistem pernapasan dan mempengaruhi kesehatan dalam jangka panjang. | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Variabel Independen | | | |
| PDB per Kapita | GDP | PDB per kapita adalah tingkat kapasitas ekonomi rata-rata masyarakat yang mencerminkan kemampuan ekonomi dalam mendukung akses terhadap layanan kesehatan, pemenuhan gizi, dan kualitas lingkungan hidup. Dalam penelitian ini, kapasitas ekonomi diukur menggunakan nilai PDB per kapita dalam harga konstan (LCU). | Rupiah (Rp) |

Secara umum, model empiris yang digunakan dirumuskan sebagai berikut:

$$LE_t = \alpha_0 + \alpha_1 PM2.5_t + \alpha_2 \ln(GDP_t) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

di mana LE adalah angka harapan hidup, PM_{2.5} adalah konsentrasi partikulat halus tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), $\ln(\text{GDP})$ adalah logaritma natural PDB per kapita, dan ε adalah *error term*. Transformasi logaritma pada GDP bertujuan untuk mengurangi heteroskedastisitas serta menginterpretasikan elastisitas secara lebih proporsional.

Metode analisis yang digunakan adalah *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Pemilihan metode ini didasarkan pada keunggulannya dalam mengestimasi hubungan jangka pendek dan jangka panjang secara simultan serta kemampuannya digunakan pada variabel dengan tingkat integrasi campuran I(0) dan I(1), selama tidak terdapat variabel yang terintegrasi pada orde dua I(2). Oleh karena itu, sebelum estimasi dilakukan uji stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) untuk memastikan derajat integrasi masing-masing variabel.

Tahapan analisis meliputi penentuan lag optimal berdasarkan *Akaike Information Criterion* (AIC), pengujian kointegrasi melalui *Bounds Test*, estimasi koefisien jangka panjang (*long run form*), serta estimasi dinamika jangka pendek melalui model ARDL terpilih. Selain itu, dilakukan estimasi *Error Correction Model* (ECM) untuk menguji kecepatan penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang melalui koefisien *Error Correction Term* (ECT). Uji diagnostik model juga dilakukan, meliputi uji autokorelasi, heteroskedastisitas, dan uji stabilitas model (CUSUM dan CUSUMSQ). Seluruh pengujian dilakukan pada tingkat signifikansi 5% guna memastikan validitas dan reliabilitas hasil estimasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap tingkat kesehatan masyarakat di Indonesia periode 1992–2021 dengan menggunakan pendekatan *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Sebelum dilakukan estimasi, dilakukan serangkaian pengujian awal untuk memastikan kelayakan model.

1. Uji Stasioneritas

Hasil uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) menunjukkan bahwa seluruh variabel penelitian, yaitu angka harapan hidup (LE), PM_{2.5}, dan PDB per kapita (GDP), tidak stasioner pada tingkat level namun menjadi stasioner pada first difference. Dengan demikian, seluruh variabel terintegrasi pada orde satu atau I(1). Tidak ditemukan variabel yang terintegrasi pada orde dua (I(2)), sehingga syarat penggunaan model ARDL terpenuhi.

Tabel 2. Hasil Uji Stasioneritas ADF

| Variabel | Stasioner |
|-------------------|------------------------------|
| LE | <i>First Difference</i> I(1) |
| PM _{2.5} | <i>First Difference</i> I(1) |
| GDP | <i>First Difference</i> I(1) |

Sumber : hasil olah data Eviews 13

Temuan ini menunjukkan bahwa data memiliki tren jangka panjang yang perlu dimodelkan secara dinamis. Kondisi integrasi I(1) mengindikasikan bahwa hubungan antarvariabel berpotensi bersifat kointegratif. Oleh karena itu, pengujian selanjutnya difokuskan pada identifikasi keberadaan hubungan jangka panjang melalui uji kointegrasi *Bounds Test*.

2. Uji Kointegrasi (*Bounds Test*)

Hasil uji kointegrasi menunjukkan nilai *F-statistic* sebesar 6.162. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai *upper bound* pada tingkat signifikansi 5% sebesar 4,428. Dengan

demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan kointegrasi antara kualitas udara, PDB per kapita, dan angka harapan hidup dalam jangka panjang.

Keberadaan kointegrasi ini mengindikasikan bahwa meskipun variabel-variabel tersebut mengalami fluktuasi dalam jangka pendek, secara statistik terdapat keseimbangan jangka panjang yang menghubungkannya. Dengan kata lain, perubahan kualitas udara dan faktor sosial ekonomi memiliki keterkaitan struktural terhadap dinamika tingkat kesehatan masyarakat Indonesia dalam horizon waktu panjang.

Tabel 3. Hasil Bounds Test

| Keterangan | Nilai |
|-----------------------------|-------|
| <i>F-Statistic</i> | 6.162 |
| <i>Upper Bound I(1) 10%</i> | 3.695 |
| <i>Upper Bound I(1) 5%</i> | 4.428 |
| <i>Upper Bound I(1) 1%</i> | 6.265 |

Terdapat Kointegrasi (Hubungan Jangka Panjang)

Sumber : hasil olah data Eviews 13

3. Estimasi Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Berdasarkan hasil estimasi model ARDL dalam bentuk *Error Correction Model* (ECM), hubungan jangka pendek dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta LE_t = -0,876658 \text{ COINTEQ}_{t-1} - 0,078986 \Delta \text{PM2.5}_t \quad (2)$$

Koefisien $\Delta \text{PM2.5}$ memiliki probabilitas sebesar 0,7021 yang lebih besar dari tingkat signifikansi 5%, sehingga menunjukkan bahwa perubahan kualitas udara tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan angka harapan hidup dalam jangka pendek. Hal ini mengindikasikan bahwa dampak polusi udara terhadap kesehatan tidak terjadi secara langsung, melainkan memerlukan waktu sebelum terakumulasi dan memengaruhi kondisi kesehatan masyarakat secara agregat. Temuan ini sejalan dengan kerangka teori fungsi produksi kesehatan yang menempatkan faktor lingkungan sebagai determinan yang efeknya bersifat gradual.

Sementara itu, koefisien *Error Correction Term* (ECT) sebesar -0,876658 bernilai negatif dan signifikan, yang menunjukkan adanya mekanisme penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang ketika terjadi penyimpangan dalam jangka pendek. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sekitar 87,66% ketidakseimbangan akan dikoreksi dalam satu periode, sehingga sistem memiliki kecepatan penyesuaian yang relatif tinggi. Dalam perspektif teoritis, hal ini mencerminkan adanya keterkaitan struktural antara kualitas lingkungan dan kesehatan yang bersifat stabil dalam jangka panjang.

Tabel 4. Hasil Estimasi Jangka Panjang

| Variabel | Koefisien | t-Statistik | Prob | Keterangan |
|----------|-----------|-------------|--------|------------------|
| PM2.5 | -0.372133 | -3.958107 | 0.0006 | Signifikan |
| LN_GDP | 0.743736 | 0.541202 | 0.5932 | Tidak Signifikan |
| C | 63.63758 | 2.491030 | 0.0197 | Signifikan |

Sumber : hasil olah data Eviews 13

Dalam jangka panjang, hasil estimasi menunjukkan bahwa kualitas udara yang diprosikan melalui PM2.5 berpengaruh negatif dan signifikan terhadap angka harapan hidup. Koefisien PM2.5 yang bertanda negatif sebesar -0.372133 dengan probabilitas di

bawah 5% menegaskan bahwa peningkatan paparan polusi udara dalam jangka panjang menurunkan tingkat kesehatan masyarakat.

Temuan ini sejalan dengan teori fungsi produksi kesehatan dari Grossman (1972), yang menyatakan bahwa kesehatan merupakan bentuk modal yang dapat mengalami depresiasi akibat paparan faktor lingkungan yang merugikan. Paparan PM_{2.5} yang berlangsung terus-menerus mempercepat depresiasi modal kesehatan individu, sehingga berdampak pada penurunan kesehatan populasi dalam jangka panjang. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Siregar et al. (2024), Lin et al. (2025), dan Jorgenson et al. (2021), yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi PM_{2.5} berpengaruh negatif terhadap angka harapan hidup.

Sementara itu, PDB per kapita memiliki koefisien positif sebesar 0.743736, namun dengan probabilitas 0.5932 sehingga tidak signifikan secara statistik dalam jangka panjang. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas ekonomi yang tercermin dari kenaikan PDB per kapita belum terbukti secara langsung meningkatkan angka harapan hidup selama periode penelitian. PDB per kapita sebagai indikator agregat tidak sepenuhnya mencerminkan distribusi pendapatan maupun akses masyarakat terhadap layanan kesehatan dan lingkungan yang sehat. Selain itu, peningkatan aktivitas ekonomi juga dapat meningkatkan tekanan terhadap kualitas lingkungan, sehingga dampak positif pendapatan terhadap kesehatan menjadi terbatas.

Dalam kerangka teori fungsi produksi kesehatan Grossman (1972), pendapatan merupakan salah satu input dalam pembentukan kesehatan, namun tidak bersifat dominan apabila tidak diiringi dengan kualitas lingkungan dan faktor pendukung lainnya. Hasil ini sejalan dengan Abid (2025), yang menunjukkan bahwa pengaruh PDB per kapita terhadap angka harapan hidup sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan kebijakan kesehatan publik.

Hubungan tersebut dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$LE = 63,63758 - 0,372133 PM_{2.5} + 0,743736 LN_GDP \quad (3)$$

4. Uji Diagnostik Model

Uji autokorelasi menggunakan *Breusch-Godfrey* menunjukkan bahwa model ARDL tidak mengalami permasalahan korelasi serial. Hal ini ditunjukkan oleh probabilitas *F-statistic* sebesar 0,4860 dan *Obs*R-squared* sebesar 0,3947 yang lebih besar dari tingkat signifikansi 5%. Dengan demikian, residual model bersifat acak dan tidak saling berkorelasi antarperiode pengamatan.

Selanjutnya, uji heteroskedastisitas *Breusch-Pagan-Godfrey* menghasilkan probabilitas *F-statistic* sebesar 0,8437 dan *Obs*R-squared* sebesar 0,8104. Kedua nilai tersebut juga lebih besar dari 0,05, sehingga tidak terdapat indikasi heteroskedastisitas. Hal ini menunjukkan bahwa varians residual bersifat konstan dan estimasi parameter tidak bias akibat perbedaan varians error.

Selain itu, uji stabilitas model menggunakan CUSUM dan CUSUMSQ menunjukkan bahwa garis pengujian berada dalam batas signifikansi 5% sepanjang periode observasi. Kondisi ini mengindikasikan tidak adanya perubahan struktural dalam model, sehingga parameter yang diestimasi bersifat stabil dan reliabel.

Tabel 5. Hasil Uji Autokorelasi

| Statistik Uji | Nilai | Probabilitas |
|--------------------|----------|--------------|
| <i>F-statistic</i> | 0.746837 | 0.4860 |

| | | |
|---------------|----------|--------|
| Obs*R-squared | 1.859317 | 0.3947 |
|---------------|----------|--------|

Sumber : hasil olah data Eviews 13

Tabel 6. Hasil Uji Heteroskedastisitas

| Statistik Uji | Nilai | Probabilitas |
|---------------|----------|--------------|
| F-statistic | 0.346449 | 0.8437 |
| Obs*R-squared | 1.591183 | 0.8104 |

Sumber : hasil olah data Eviews 13

5. Uji Signifikansi Parameter

Uji t (parsial) dalam jangka pendek menunjukkan bahwa variabel Δ PM_{2.5} tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan angka harapan hidup, dengan nilai probabilitas sebesar 0.4703 yang lebih besar dari tingkat signifikansi 5%. Hasil ini mengindikasikan bahwa perubahan kualitas udara belum memberikan dampak langsung terhadap kondisi kesehatan dalam periode jangka pendek. Sebaliknya, koefisien *Error Correction Term* (ECT) bernilai negatif dan signifikan pada taraf 5%, dengan nilai sebesar -0.876658. Koefisien ini menunjukkan adanya mekanisme penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang, di mana sekitar 87,66% ketidakseimbangan akan dikoreksi dalam satu periode.

Dalam jangka panjang, hasil uji t menunjukkan bahwa PM_{2.5} berpengaruh negatif dan signifikan terhadap angka harapan hidup dengan nilai probabilitas sebesar 0.0006. Hal ini menegaskan bahwa peningkatan tingkat polusi udara berdampak pada penurunan kesehatan masyarakat dalam horizon waktu yang lebih panjang. Sementara itu, PDB per kapita menunjukkan arah hubungan positif, namun tidak signifikan secara statistik, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kapasitas ekonomi tidak secara langsung memengaruhi tingkat kesehatan masyarakat.

Hasil uji F (simultan) menunjukkan nilai F-statistic sebesar 82.14876 dengan probabilitas 0,0000, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 5%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa secara bersama-sama kualitas udara dan PDB per kapita berpengaruh signifikan terhadap angka harapan hidup di Indonesia. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun secara parsial variabel ekonomi tidak signifikan, keberadaannya dalam model tetap relevan dalam menjelaskan variasi tingkat kesehatan ketika dianalisis secara simultan dengan faktor lingkungan.

Tabel 7. Hasil Uji F Simultan

| Statistik | Nilai |
|-------------------|----------|
| F-statistic | 82.14876 |
| Prob(F-statistic) | 0.0000 |

Sumber : hasil olah data Eviews 13

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap tingkat kesehatan masyarakat di Indonesia dengan mempertimbangkan peran PDB per kapita dalam jangka pendek dan jangka panjang menggunakan pendekatan ARDL periode 1992–2021. Hasil estimasi menunjukkan bahwa dalam jangka panjang kualitas udara yang diprosikan dengan konsentrasi PM_{2.5} berpengaruh negatif dan signifikan terhadap angka harapan hidup. Temuan ini menegaskan bahwa paparan polusi udara yang berlangsung secara terus-menerus menurunkan tingkat kesehatan masyarakat. Sebaliknya, dalam jangka pendek pengaruh PM_{2.5} tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa dampaknya bersifat kumulatif dan baru

terlihat dalam periode panjang. PDB per kapita tidak berpengaruh signifikan secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas ekonomi saja belum cukup untuk meningkatkan kesehatan masyarakat apabila tidak disertai perbaikan kualitas lingkungan dan pembangunan modal manusia.

Secara konseptual, penelitian ini memperkuat kerangka teori fungsi produksi kesehatan yang menempatkan kualitas lingkungan sebagai faktor penting dalam pembentukan kesehatan populasi. Keunggulan penelitian ini terletak pada penggunaan data time series jangka panjang serta pemisahan analisis jangka pendek dan jangka panjang melalui model ARDL, sehingga mampu menangkap dinamika hubungan antarvariabel secara lebih komprehensif. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain penggunaan indikator agregat nasional yang belum mampu menggambarkan variasi kondisi antarwilayah di Indonesia serta belum memasukkan variabel lain seperti belanja kesehatan publik atau layanan kesehatan yang juga berpotensi memengaruhi angka harapan hidup.

Berdasarkan temuan tersebut, kebijakan peningkatan kesehatan masyarakat di Indonesia tidak dapat hanya berfokus pada pertumbuhan ekonomi, tetapi perlu diiringi dengan pengendalian polusi udara secara berkelanjutan. Upaya pengurangan emisi, pengawasan kualitas udara, serta integrasi kebijakan lingkungan dan kesehatan menjadi langkah strategis untuk meningkatkan angka harapan hidup dalam jangka panjang. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan data panel antar provinsi atau menambahkan variabel institusional dan pengeluaran kesehatan agar dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai determinan kesehatan masyarakat di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- Abid, I. (2025). Air quality and aging: comparative evidence from high and low pollution economies. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02110-y>
- Aburto, M., Scho, J., Kashnitsky, I., Zhang, L., Rahal, C., Missov, T. I., Mills, M. C., Dowd, J. B., & Kashyap, R. (2022). *Quantifying impacts of the COVID-19 pandemic through life-expectancy losses: a population-level study of 29 countries*. September 2021, 63–74. <https://doi.org/10.1093/ije/dyab207>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pisoni, E., Solazzo, E., Guion, A., Muntean, M., Florczyk, A., Schiavina, M., Melchiorri, M., & Hutfilter, A. F. (2021). *Global anthropogenic emissions in urban areas: patterns, trends, and challenges*. 16. https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac00e2?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Ebhota, O. S., Hongxing, Y., & Sampene, A. K. (2023). Air pollution and life expectancy: New evidence from the MINT economies. *Heliyon*, 9(12), e22396. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22396>
- Energy Innovation. (2025). Air Quality Life Index: Indonesia Fact Sheet. *OurEnergyPolicy*, Figure 1, 2–3. <https://www.ourenergypolicy.org/resources/air-quality-life-index-indonesia-fact-sheet/>
- Grossman, M. (1972). On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. *Journal of Political Economy*, Vol. 80, N(2), 223–255. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/259880>
- Jorgenson, A. K., Thombs, R. P., Clark, B., Givens, J. E., Hill, T. D., Huang, X., Kelly, O. M., & Fitzgerald, J. B. (2021). Inequality amplifies the negative association between life expectancy and air pollution: A cross-national longitudinal study. *Science of the Total Environment*, 758(xxxx), 143705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143705>
- Kim, S., Koplitz, S. N., Mickley, L. J., Marlier, M. E., Buonocore, J. J., & Kim, P. S. (2016). *Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September – October 2015: demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure* Public health impacts of the severe haze in Equatorial

- As. October. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/9/094023>
- Lin, X., Burnett, R. T., Xi, J., Bai, J., Xiang, Y., Tian, T., Li, Z., Chen, S., Jiang, J., Hu, W., Wang, X., Wang, Y., Du, Z., Zhang, W., & Hao, Y. (2025). Health impact assessment on life expectancy gains ascribed to particulate matter reduction. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41612-025-00953-w>
- Madrigano, J., Yan, D., Liu, T., Bonilla, E., Yulianti, N., Mickley, L. J., & Marlier, M. E. (2024). Air Pollution and Blood Pressure: Evidence From Indonesia. *GeoHealth*, 8(7), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2024GH001014>
- Rodriguez-Alvarez, A., Sarkodie, S. A., Strezov, V., Jiang, Y., Evans, T., Ebhota, O. S., Hongxing, Y., Sampene, A. K., Jorgenson, A. K., Thombs, R. P., Clark, B., Givens, J. E., Hill, T. D., Huang, X., Kelly, O. M., & Fitzgerald, J. B. (2021). Air pollution and life expectancy: New evidence from the MINT economies. *Science of the Total Environment*, 758(12), e22396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.278>
- Siregar, S., Idiawati, N., Berekute, A. K., Maulana, M., Pan, W. C., & Yu, K. P. (2024). Association between long-term PM_{2.5} exposure and mortality on Sumatra Island: Indonesian Family Life Survey (IFLS) 2000–2014. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(12). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13323-5>
- World Bank. (2024a). *Life expectancy at birth, total (years)*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN>
- World Bank. (2024b). *PM_{2.5} air pollution, mean annual exposure (micrograms per cubic meter)*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.PM25.MC.M3>
- World Health Organization. (2018). *Sustainable development goals & air pollution*. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/policy-progress/sustainable-development-goals-air-pollution>
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>