

PENGARUH KUALITAS UDARA TERHADAP KESEHATAN DI MASYARAKAT: *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Rizki Aqsyari*, Yulia Lemenza, Rudi Suryo Handoyo

STIKES PANTI KOSALA, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia

Abstrak

Kualitas udara yang buruk menjadi salah satu faktor lingkungan yang berdampak signifikan terhadap kesehatan masyarakat. Beban penyakit akibat polusi udara menunjukkan tren yang terus meningkat. Data Global Burden of Disease (GBD) menunjukkan bahwa polusi udara merupakan salah satu faktor risiko utama kematian global, dengan kontribusi jutaan kematian setiap tahunnya. Paparan polutan udara, terutama PM_{2.5} dan PM₁₀, diketahui berhubungan dengan berbagai gangguan kesehatan seperti penyakit pernapasan, penyakit kardiovaskular, hipertensi, multimorbiditas, hingga mortalitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan masyarakat melalui *systematic literature review*. Metode penelitian menggunakan pedoman PRISMA dengan pencarian artikel pada database Scopus dan PubMed tahun 2017-2026. Hasil identifikasi menemukan 2.463 artikel, kemudian setelah proses seleksi diperoleh 9 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas studi berasal dari Asia dan Amerika. Temuan utama menunjukkan bahwa paparan kualitas udara yang buruk, khususnya PM_{2.5} dan PM₁₀, secara konsisten meningkatkan risiko mortalitas, penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan masalah kesehatan lainnya. Kesimpulannya, kualitas udara merupakan determinan penting kesehatan masyarakat sehingga diperlukan kebijakan pengendalian polusi udara untuk menurunkan dampak kesehatannya..

Kata kunci: kesehatan masyarakat; kualitas udara; PM_{2.5}; PM₁₀

THE EFFECT OF AIR QUALITY ON PUBLIC HEALTH: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Rizki Aqsyari*, Yulia Lemenza, Rudi Suryo Handoyo

Abstract

Poor air quality is one of the environmental factors that significantly affects public health. The burden of disease from air pollution shows a continuing upward trend. Global Burden of Disease (GBD) data shows that air pollution is a major risk factor for global mortality, contributing to millions of deaths annually. Exposure to air pollutants, particularly PM_{2.5} and PM₁₀, has been associated with various health problems, including respiratory diseases, cardiovascular diseases, hypertension, multimorbidity, and mortality. This study aims to analyze the impact of air quality on public health through a systematic literature review. The study employed the PRISMA guidelines by searching articles from Scopus and PubMed databases published between 2017–2026. The initial identification process found 2,463 articles, and after the selection process, 9 articles met the inclusion criteria. The results showed that most studies originated from Asia and America. The main findings indicated that exposure to poor air quality, particularly PM_{2.5} and PM₁₀, consistently increases the risk of mortality, cardiovascular diseases, respiratory disorders, and other health problems. In conclusion, air quality is an important determinant of public health; therefore, air pollution control policies are needed to reduce its negative health impacts.

Keywords: air quality; PM2.5; PM10; public health

Korespondensi: Rizki Aqsyari. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Kosala Jl. Raya Solo-Baki Km.4 Gedangan, Solo Baru, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia. Email: rizkiaqsyarid@gmail.com.

LATAR BELAKANG

Kualitas udara merupakan determinan lingkungan yang memiliki kontribusi besar terhadap derajat kesehatan masyarakat secara global. Dalam beberapa dekade terakhir, peningkatan aktivitas antropogenik seperti urbanisasi, industrialisasi, dan transportasi telah menyebabkan penurunan kualitas udara yang signifikan, khususnya di negara berkembang. Paparan polusi udara, terutama partikulat halus (PM_{2.5}), telah terbukti berkontribusi terhadap peningkatan morbiditas dan mortalitas akibat berbagai penyakit, baik menular maupun tidak menular (Nadeau, 2022).

Beban penyakit akibat polusi udara menunjukkan tren yang terus meningkat. Data Global Burden of Disease (GBD) menunjukkan bahwa polusi udara merupakan salah satu faktor risiko utama kematian global, dengan kontribusi jutaan kematian setiap tahunnya, terutama akibat penyakit kardiovaskular dan respirasi (Mao, 2024). Selain itu, paparan jangka panjang terhadap polutan seperti PM_{2.5}, PM₁₀, nitrogen dioksida (NO₂), dan karbon hitam (BC) secara signifikan meningkatkan risiko kematian akibat penyakit jantung, stroke, kanker paru, serta penyakit paru obstruktif kronis (Moradi, 2024).

Dampak polusi udara tidak hanya terbatas pada sistem pernapasan, tetapi juga bersifat multisistem. Paparan polutan udara dapat memicu inflamasi sistemik dan stres oksidatif yang berdampak pada sistem kardiovaskular, metabolik, hingga neurologis (Khosravi et al., 2024).

Selain itu, kualitas udara yang buruk juga berhubungan dengan peningkatan kejadian penyakit infeksi seperti infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) dan pneumonia, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia.

Di Indonesia, permasalahan kualitas udara telah menjadi isu kesehatan masyarakat yang semakin serius. Data menunjukkan bahwa konsentrasi polutan udara di beberapa kota besar, termasuk Jakarta, secara konsisten melampaui ambang batas yang direkomendasikan oleh Organisasi Kesehatan Dunia. Kondisi ini berdampak pada peningkatan kasus penyakit pernapasan, termasuk ISPA yang menunjukkan tren peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Selain itu, peningkatan kadar PM_{2.5}, SO₂, dan PM₁₀ terbukti berasosiasi dengan peningkatan risiko pneumonia dan gangguan kesehatan lainnya (Zulaiha et al., 2023).

Beban ekonomi akibat polusi udara juga sangat besar. Biaya kesehatan yang ditimbulkan akibat penyakit terkait polusi udara mencapai triliunan rupiah setiap tahunnya, baik dalam bentuk biaya pengobatan maupun kehilangan produktivitas. Hal ini menunjukkan bahwa dampak polusi udara tidak hanya menjadi masalah kesehatan, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi masyarakat secara luas (Hoffmann et al., 2021).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan hubungan yang kuat antara kualitas udara dan

kesehatan masyarakat, hasil penelitian tersebut masih tersebar dan memiliki variasi dalam desain, populasi, serta indikator yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu mengintegrasikan berbagai temuan ilmiah tersebut secara sistematis. Pendekatan *systematic literature review* menjadi metode yang tepat untuk mensintesis bukti ilmiah secara komprehensif, transparan, dan berbasis standar metodologis yang kuat seperti PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan masyarakat berdasarkan bukti ilmiah terkini, sehingga dapat memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan kebijakan kesehatan lingkungan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mensintesis secara sistematis bukti ilmiah mengenai pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan masyarakat melalui pendekatan *systematic review* berdasarkan panduan PRISMA.

METODE/DESAIN PENELITIAN

Desain penelitian

Tinjauan sistematis ini dilakukan untuk mensintesis bukti ilmiah terkini mengenai pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan masyarakat berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Pertanyaan penelitian disusun menggunakan pendekatan PICO, yaitu populasi adalah masyarakat umum, paparan berupa kualitas udara atau polusi udara, perbandingan adalah populasi dengan paparan lebih rendah, dan luaran berupa dampak kesehatan. Penelitian ini dilakukan sesuai dengan pedoman PRISMA.

Kriteria kelayakan

Penelitian yang termasuk dalam tinjauan ini merupakan penelitian primer yang membahas hubungan antara kualitas udara dengan kesehatan manusia. Populasi penelitian adalah masyarakat atau kelompok tertentu, dengan variabel paparan berupa polusi udara. Artikel harus tersedia dalam teks lengkap dan menggunakan bahasa Inggris atau Indonesia.

Strategi pencarian literatur

Pencarian literatur dilakukan melalui basis data Scopus, PubMed, dan Google Scholar pada tahun 2017-2026. Kata kunci yang digunakan meliputi kombinasi: ("*air pollution*" OR "*air quality*") AND ("*public health*" OR "*community health*") AND ("*health impact*" OR "*health effect*").

Kriteria kelayakan

Kriteria inklusi ditentukan berdasarkan pendekatan PICO yang telah dimodifikasi, mencakup studi yang meneliti hubungan antara paparan kualitas udara dan dampak kesehatan. Artikel yang dipilih harus tersedia dalam format teks lengkap dan relevan dengan topik penelitian.

Pemilihan studi

Proses seleksi dilakukan secara independen melalui skrining judul dan abstrak, dilanjutkan dengan peninjauan teks lengkap. Studi yang memenuhi kriteria inklusi kemudian dimasukkan ke tahap ekstraksi data dan penilaian kualitas.

Ekstraksi data

Data yang diekstraksi meliputi nama penulis, tahun publikasi, lokasi penelitian, desain studi, ukuran sampel, jenis polutan, metode analisis, serta temuan utama.

Pernyataan etika

Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis yang menggunakan data sekunder dari artikel yang telah dipublikasikan, sehingga tidak

memerlukan persetujuan etik tambahan.

HASIL PENELITIAN

Pencarian artikel dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa basis data, yaitu Scopus dan PubMed. Kata kunci yang digunakan meliputi: ("*air pollution*" OR "*air quality*") AND ("*public health*" OR "*community health*") AND ("*health impact*" OR "*health effect*").

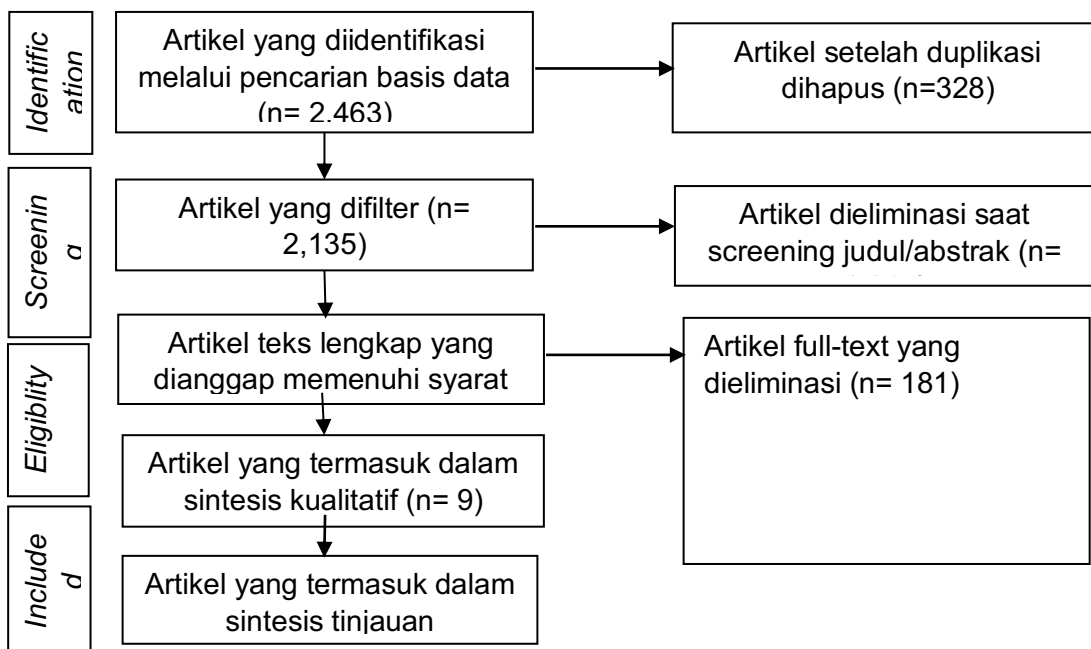
Proses seleksi literatur dilakukan secara sistematis dengan mengikuti protokol PRISMA. Pada tahap identifikasi, ditemukan sebanyak 2.463 artikel yang relevan dari hasil pencarian di berbagai basis data, yang terdiri dari 1.907 artikel dari Scopus dan 556 artikel dari PubMed pada rentang tahun 2017-2026. Setelah dilakukan penghapusan duplikasi, sebanyak 328 artikel dieliminasi sehingga tersisa 2.135 artikel untuk tahap penyaringan.

Pada tahap penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, sebanyak 1.945 artikel dikeluarkan

karena tidak sesuai dengan fokus penelitian, seperti tidak membahas hubungan kualitas udara dengan kesehatan masyarakat, tidak memiliki outcome kesehatan yang relevan, atau tidak sesuai dengan desain penelitian yang ditetapkan. Selanjutnya, dilakukan penilaian teks lengkap terhadap 190 artikel untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi.

Dari hasil evaluasi full-text tersebut, sebanyak 181 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti artikel review, data tidak lengkap, full-text tidak tersedia, atau tidak memiliki relevansi langsung dengan topik penelitian. Dengan demikian, diperoleh 9 studi yang layak untuk dimasukkan dalam systematic literature review.

Pada diagram PRISMA, artikel yang terpilih berasal dari berbagai wilayah, terutama Asia, Amerika yang mencerminkan distribusi global penelitian terkait kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.



Gambar 1. Diagram Alur



Gambar 2. Peta Wilayah Penelitian

Judul	Penulis (Tahun)	Negara	Populasi	Metode	Hasil
Long-term Exposure to Ambient PM2.5 and Mortality: A Comparison of Between-subjects and Within-subjects Survival Analysis	(Madrigano et al., 2024)	Kanada	7.506.027 orang dewasa usia >20 tahun di Quebec	Open population cohort study menggunakan Cox proportional hazard model	Paparan jangka panjang PM2.5 meningkatkan mortalitas semua penyebab (HR=1,03) dan penyakit jantung iskemik (HR=1,04) per kenaikan IQR PM2.5.
The Impact of Air Quality on Patient Mortality: A National Study	(Periyakoil et al., 2025)	Amerika Serikat	6,6 juta pasien dari 800 fasilitas kesehatan primer	Longitudinal study dengan Cox regression	Individu pada wilayah dengan AQI >50 memiliki risiko kematian 4,02 kali lebih tinggi dibanding AQI ≤50.
Air Pollution and Mortality in the Medicare Population	(Di et al., 2017)	Amerika Serikat	60,9 juta penerima Medicare	Nationwide cohort study	Kenaikan 10 µg/m ³ PM2.5 meningkatkan mortalitas sebesar 7,3%, bahkan pada kadar di bawah standar kualitas udara nasional.

Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities	(Liu et al., 2019)	China	652 kota global	Multicountry time-series study	PM2.5 berhubungan signifikan dengan peningkatan mortalitas harian secara global.
Long-term Fine Particulate Matter Exposure and Nonaccidental and Cause-specific Mortality in a Large National Cohort of Chinese Men	(Yin et al., 2017)	China	189.793 pria usia ≥40 tahun	Prospective cohort study	PM2.5 meningkatkan mortalitas non-accidental (HR=1,09), CVD (HR=1,09), COPD (HR=1,12), dan kanker paru (HR=1,12).
Mortality and Long-term Exposure to Source-specific PM2.5: Evidence from a National Cohort Study in China	(Meng et al., 2026)	China	96.955 orang dewasa	National cohort study	PM2.5 dari sektor industri, transportasi, dan residensial memiliki dampak terbesar terhadap mortalitas total dan penyakit kardipulmoner.
Air Pollution Exposure and Multimorbidity Patterns: Evidence from a National Cohort Study in China	(Cao et al., 2025)	China	36.144 responden	Prospective cohort study	PM10 menjadi faktor risiko utama multimorbiditas, terutama penyakit kardiovaskular-metabolik.
Air Pollution and Blood Pressure: Evidence From Indonesia	(Madrigano et al., 2024)	Indonesia	>25.000 responden IFLS	Cross-sectional study	Paparan PM2.5 meningkatkan tekanan darah sistolik dan diastolik, terutama pada kelompok lansia.

Environmental Health Risks and Impacts of PM2.5 Exposure on Human Health in Residential Areas, Bantul, Yogyakarta, Indonesia	(Umar et al., 2025)	Indonesia	36 responden masyarakat Bantul	Health risk assessment dan wawancara	Konsentrasi PM2.5 sebesar 50,7–61,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, melebihi ambang batas dan menyebabkan batuk, sesak napas, sakit kepala, iritasi mata.
--	---------------------	-----------	--------------------------------	--------------------------------------	--

Berdasarkan proses seleksi literatur menggunakan pedoman PRISMA, diperoleh 9 artikel yang memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis dalam systematic literature review ini. Artikel yang terpilih dipublikasikan pada periode 2017-2026 dan berasal dari berbagai wilayah, yaitu Asia dan Amerika.

Sebagian besar penelitian berasal dari Asia, khususnya China dan Indonesia. Studi di wilayah ini menunjukkan bahwa paparan PM2.5 dan PM10 berhubungan dengan peningkatan mortalitas, penyakit kardiovaskular, penyakit paru, hipertensi, multimorbiditas, serta berbagai keluhan kesehatan masyarakat. Penelitian berasal dari Amerika, yang menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap polusi udara meningkatkan risiko mortalitas, bahkan pada konsentrasi polutan yang masih berada di bawah standar kualitas udara nasional.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa penurunan kualitas udara, terutama akibat paparan PM2.5 dan PM10, secara konsisten berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat, terutama pada peningkatan mortalitas, gangguan kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan penyakit kronis lainnya

PEMBAHASAN

Pertama, terkait peningkatan mortalitas, hasil review ini konsisten dengan penelitian oleh Di et al., (2018) yang menemukan bahwa setiap peningkatan 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 berhubungan dengan peningkatan mortalitas sebesar 7,3% pada populasi Medicare di Amerika Serikat. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa risiko kematian tetap meningkat meskipun kadar polutan masih berada di bawah ambang batas kualitas udara nasional. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Rojas et al., (2017) di Kanada yang menunjukkan bahwa paparan jangka panjang PM2.5 meningkatkan risiko mortalitas semua penyebab dan penyakit jantung iskemik. Hal ini menunjukkan bahwa dampak polusi udara terhadap mortalitas bersifat konsisten di berbagai negara dengan karakteristik populasi yang berbeda.

Temuan tersebut juga diperkuat oleh penelitian meta-analisis yang dilakukan oleh Krittanawong et al., (2023) yang melibatkan lebih dari 7,3 juta populasi, dimana peningkatan paparan PM2.5 secara signifikan meningkatkan risiko all-cause mortality (HR=1,08), penyakit kardiovaskular (HR=1,09), serta mortalitas akibat penyakit kardiovaskular (HR=1,12).

Kedua, terkait penyakit kardiovaskular, hasil penelitian ini

sejalan dengan kajian oleh Rajagopalan et al., (2020) yang menjelaskan bahwa polusi udara meningkatkan risiko aterosklerosis, hipertensi, stroke, gagal jantung, hingga infark miokard melalui mekanisme inflamasi sistemik, stres oksidatif, serta disfungsi endotel. Paparan partikulat halus dapat masuk ke alveoli paru dan kemudian memicu respons inflamasi sistemik yang berdampak pada sistem kardiovaskular.

Selanjutnya, pada aspek gangguan pernapasan, hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Dominici et al., (2006) yang menemukan bahwa peningkatan PM2.5 berhubungan dengan peningkatan rawat inap akibat penyakit pernapasan dan gagal jantung pada lansia di Amerika Serikat. Selain itu, Liu et al., (2019) dalam studi global di 652 kota pada 24 negara menunjukkan bahwa peningkatan partikulat udara secara signifikan meningkatkan angka kematian harian akibat gangguan respirasi dan penyakit lainnya.

Pada konteks negara berkembang, hasil penelitian ini juga diperkuat oleh studi di Indonesia oleh Madrigano et al., (2024) yang menemukan bahwa paparan PM2.5 meningkatkan tekanan darah sistolik dan diastolik, terutama pada kelompok lansia. Sementara itu, penelitian Abidin et al., (2025) di Bantul, Yogyakarta menunjukkan bahwa konsentrasi PM2.5 yang melebihi ambang batas berhubungan dengan keluhan kesehatan masyarakat seperti batuk, sesak napas, sakit kepala, dan iritasi mata. Temuan ini menunjukkan bahwa dampak kualitas udara tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga menjadi masalah kesehatan masyarakat di negara berkembang seperti Indonesia.

Selain itu, penelitian terbaru oleh Oh et al., (2024) pada wilayah Asia-Pasifik juga menemukan bahwa peningkatan 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 berhubungan dengan peningkatan risiko mortalitas akibat penyakit kardiovaskular, stroke, penyakit jantung iskemik, dan kanker paru. Hasil ini menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat polusi tinggi memiliki dampak kesehatan yang lebih besar dibandingkan negara dengan tingkat polusi rendah.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa hasil systematic review memiliki konsistensi yang kuat dengan berbagai penelitian primer. Paparan polusi udara, khususnya PM2.5 dan PM10, terbukti menjadi faktor risiko utama terhadap berbagai masalah kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pengendalian emisi, peningkatan kualitas udara, serta intervensi kesehatan masyarakat untuk menurunkan beban penyakit akibat polusi udara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil systematic literature review, kualitas udara yang buruk, terutama paparan PM2.5 dan PM10, terbukti memiliki hubungan yang signifikan dengan berbagai masalah kesehatan masyarakat. Dampak yang paling banyak ditemukan meliputi peningkatan risiko mortalitas, penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, hipertensi, serta multimorbiditas.

Temuan dari berbagai negara menunjukkan bahwa dampak polusi udara terjadi secara global, baik di negara maju maupun berkembang, dengan mayoritas penelitian berasal dari Asia dan Amerika. Hal ini

menunjukkan bahwa kualitas udara merupakan determinan penting dalam kesehatan masyarakat yang memerlukan perhatian serius. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pengendalian emisi, peningkatan standar kualitas udara, serta upaya promotif dan preventif dalam sektor kesehatan untuk meminimalkan dampak negatif polusi udara terhadap kesehatan masyarakat.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, pemerintah perlu memperkuat kebijakan pengendalian polusi udara melalui pengawasan emisi dari sektor industri, transportasi, dan aktivitas domestik yang menjadi sumber utama pencemaran udara. Selain itu, diperlukan peningkatan standar kualitas udara yang lebih ketat serta pemantauan kualitas udara secara berkala untuk melindungi kesehatan masyarakat.

Sektor kesehatan diharapkan dapat meningkatkan upaya promotif dan preventif melalui edukasi kepada masyarakat mengenai dampak polusi udara serta langkah perlindungan diri, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita penyakit kronis. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan cakupan wilayah yang lebih luas, penggunaan variabel polutan yang lebih beragam, serta analisis dampak jangka panjang kualitas udara terhadap kesehatan masyarakat di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, A. U., Munawaroh, A. L., Rosinta, A., Sulistiyani, A. T., Ardianta, I., & Iresha, F. M. (2025). Environmental Health

Risks and Impacts of PM2.5 Exposure on Human Health in Residential Areas, Bantul, Yogyakarta, Indonesia. *Toxicology Reports*, 14, 101949. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2025.101949>

Cao, Y., Hao, J., Quan, M., Ge, C., Li, X., Wang, J., Chen, F., & Wang, D. (2025). *Air pollution exposure and multimorbidity patterns: evidence from a national cohort study in China*.

Di, Q., Wang, Y., Zanobetti, A., Wang, Y., Koutrakis, P., Choirat, C., Dominici, F., & Schwartz, J. D. (2017). Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *HHS Public Access*, 376(26), 2513–2522. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1702747>.Air

Dominici, F., Peng, R. D., Bell, M. L., Pham, L., McDermott, A., Zeger, S. L., & Samet, J. M. (2006). Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory Diseases. *JAMA*, 295(10), 1127–1134. <https://doi.org/10.1001/jama.295.10.1127>

Krittanawong, C., Qadeer, Y. K., Wang, Z., Johnson, K. W., Rosenson, R. S., Narasimhan, B., Kaplin, S., & Virani, S. S. (2023). Association Between PM2.5 Exposure and Cardiovascular Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Preventive Medicine*, 170, 107488. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107488>

Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Tong, S., Coelho, M. S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., Matus, P., & Ortega, N. V. (2019). Ambient Particulate Air Pollution and Daily

- Mortality in 652 Cities. *HHS Public Access*, 381(8), 705–715. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1817364>. Ambient
- 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(6), e2024GH001014. <https://doi.org/10.1029/2024GH001014>
- Mao, Y. (2024). Global burden of disease attributable to air pollution: Updated analysis. *Environmental Science & Technology*, 58(2), 1123–1134. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04567>
- Meng, X., Zhou, Y., Shi, S., Wang, S., Zaid, M., Zhang, H., Hu, J., Li, G., Kan, H., & Zhou, M. (2026). Mortality and long-term exposure to source-specific PM_{2.5}: evidence from a national cohort study in China. 10(January), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lanplh.2025.101400>
- Moradi, M. (2024). Long-term exposure to air pollutants and mortality risk: A cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 132(1), 17001. <https://doi.org/10.1289/EHP12345>
- Nadeau, K. C. (2022). Air pollution and health: Mechanistic insights and clinical implications. *Nature Reviews Immunology*, 22(8), 491–505. <https://doi.org/10.1038/s41577-022-00702-7>
- Oh, J. H., Kim, S. M., Lee, H. W., & Park, J. E. (2024). Long-Term Exposure to Particulate Matter and Mortality in Asia-Pacific Regions: A Systematic Review. *Journal of Korean Medical Science*, 40(156), 1–12. <https://doi.org/10.3346/jkms.2025.40.e156>
- Periyakoil, D., Chu, I., Prata, N., & Diener-west, M. (2025). The Impact of Air Quality on Patient Mortality: A National Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 1–13.
- Rajagopalan, S., Al-Kindi, S. G., & Brook, R. D. (2020). Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(17), 2054–2070. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.07.099>
- Rojas, M. R., Anassour, E., & Sidi, L. (2017). Long-term exposure to ambient PM_{2.5} and mortality. A comparison of between-subjects and within-subjects survival analysis Martin. *Environmental Epidemiology*, 1–7. <https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000378>
- Umar, A., Lailil, A., Rosinta, A., & Tri, A. (2025). Environmental health risks and impacts of PM_{2.5} exposure on human health in residential areas, Bantul, Yogyakarta, Indonesia. *Toxicology Reports*, 14(December 2024), 101949. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2025.101949>
- Yin, P., Brauer, M., Cohen, A., Burnett, R. T., Liu, J., Liu, Y., Liang, R., Wang, W., Qi, J., Wang, L., & Zhou, M. (2017). Long-term Fine Particulate Matter Exposure and Nonaccidental and Cause-specific Mortality in a Large National Cohort of Chinese Men. *Environmental Health Perspectives*, 1–11