

Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Polusi Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia: Literatur Review

Analizza Ina Lea^{1*}, Arini Novita Ati², Maurits R.L. Sjoen³, Yulianti A Syarif Hadi⁴, Luh Putu Ruliati⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Nusa Cendana, Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat, Kupang Indonesia

¹Universitas Citra Bangsa, Fakultas Ilmu Kesehatan, Kupang Indonesia

lizzalea340@gmail.com

Abstrak: Polusi udara merupakan salah satu masalah kesehatan lingkungan yang semakin menjadi perhatian global maupun nasional karena dampaknya yang signifikan terhadap kesehatan manusia. Paparan terhadap polutan seperti PM2.5, PM10, dan karbon monoksida (CO) diketahui berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyakit pernapasan, kardiovaskular, serta kematian dini. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah terkait risiko kesehatan lingkungan akibat paparan polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Metode yang digunakan adalah integrative literature review terhadap 12 artikel yang dipublikasikan pada tahun 2019–2024 yang diperoleh dari database Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Analisis dilakukan secara deskriptif dan naratif dengan menelaah tujuan, desain penelitian, temuan utama, serta implikasi dari masing-masing studi. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian melaporkan tingkat polutan yang melebihi baku mutu dengan nilai Risk Quotient (RQ) >1 yang mengindikasikan adanya risiko kesehatan. Kelompok rentan seperti pekerja informal, masyarakat perkotaan, dan pekerja industri memiliki tingkat paparan yang lebih tinggi. Selain itu, terdapat hubungan yang konsisten antara pencemaran udara dengan kejadian gangguan pernapasan seperti ISPA. Secara keseluruhan, pencemaran udara terbukti menjadi faktor risiko kesehatan yang signifikan sehingga diperlukan upaya pengendalian yang komprehensif melalui kebijakan lingkungan dan intervensi kesehatan masyarakat.

Kata kunci: polusi udara, risiko kesehatan lingkungan, PM2.5, PM10, kesehatan masyarakat

Abstract: Air pollution has become a major environmental health concern at both global and national levels due to its significant impact on human health. Exposure to pollutants such as PM2.5, PM10, and carbon monoxide (CO) has been associated with increased risks of respiratory and cardiovascular diseases, as well as premature mortality. This study aimed to synthesize scientific evidence on environmental health risks related to air pollution exposure and its impact on human health. An integrative literature review approach was conducted using 12 articles published between 2019 and 2024, retrieved from Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect. Data were analyzed descriptively and narratively by examining study objectives, research design, key findings, and implications. The results indicate that most studies reported pollutant levels exceeding recommended standards, with Risk Quotient (RQ) values greater than 1, suggesting significant health risks. Vulnerable populations, including informal workers, urban communities, and industrial workers, were found to have higher exposure levels. Furthermore, a consistent association was identified between air pollution and respiratory diseases such as acute respiratory infections. Overall, air pollution is confirmed as a major environmental health risk, highlighting the need for comprehensive control strategies through environmental policies and public health interventions.

Keywords: air pollution, environmental health risk, PM2.5, PM10, public health

Pendahuluan

Polusi udara hingga saat ini masih terus menjadi perhatian banyak pihak terutama kesehatan masyarakat, hal ini berkaitan erat dengan berbagai penyakit dan peningkatan angka kematian. Di antara banyaknya polutan, partikel halus seperti PM2.5 dan PM10, serta gas seperti karbon monoksida (CO), seringkali disorot karena hubungannya yang kuat dengan dampak negatifnya terhadap kesehatan manusia, terutama yang memengaruhi sistem pernapasan dan kardiovaskular (Organisasi Kesehatan Dunia, 2021; GBD, 2022). Sejumlah bukti epidemiologis menunjukkan bahwa orang yang secara teratur terpapar udara yang tercemar cenderung mengalami tingkat

penyakit yang lebih tinggi, termasuk infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), kondisi paru-paru kronis, dan bahkan kematian dini (Lelieveld dkk., 2020; Schraufnagel dkk., 2021).

Di Indonesia sendiri, kondisi kebersihan udara menjadi lebih mengkhawatirkan dalam beberapa tahun terakhir. Pertumbuhan perkotaan yang pesat, perluasan aktivitas industri, dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor semuanya berkontribusi pada memburuknya kualitas udara, terutama di wilayah perkotaan dan industri (Sari dkk., 2023). Urbanisasi yang tidak selalu diikuti dengan perencanaan pengelolaan lingkungan yang baik semakin menambah jumlah polutan di udara dari aktivitas masyarakat yang membakar sampah, atau jumlah asap kendaraan yang terus meningkat di wilayah perkotaan. Lebih lagi polutan yang dihasilkan oleh industri yang belum menerapkan pengolahan emisi dengan teknologi ramah lingkungan.

Selain memengaruhi kesehatan pernapasan, polusi udara juga telah diidentifikasi sebagai faktor risiko penting berbagai penyakit tidak menular. Paparan polutan udara, khususnya partikulat halus PM_{2.5}, diketahui berhubungan dengan peningkatan kejadian penyakit jantung iskemik, stroke, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), asma, dan kanker paru (GBD Risk Factors Collaborators, 2024). Partikel berukuran sangat kecil tersebut mampu menembus hingga ke alveoli paru dan memasuki aliran darah sehingga memicu stres oksidatif serta proses inflamasi sistemik yang berdampak pada berbagai organ tubuh (Lelieveld et al., 2020). Bahkan, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa dampak kesehatan dapat terjadi pada konsentrasi polutan yang relatif rendah dan masih berada di bawah beberapa standar kualitas udara yang berlaku di berbagai negara (Chen et al., 2024; World Health Organization [WHO], 2021).

Kelompok masyarakat tertentu diketahui memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap dampak pencemaran udara. Anak-anak, lansia, ibu hamil, serta individu dengan penyakit kronis merupakan kelompok yang paling rentan mengalami gangguan kesehatan akibat paparan polutan udara secara terus-menerus (Schraufnagel et al., 2019). Pada anak-anak, paparan polusi udara dapat mengganggu perkembangan fungsi paru dan meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan, sedangkan pada lansia paparan tersebut berhubungan dengan peningkatan kejadian penyakit kardiovaskular dan gangguan pernapasan kronis (Landrigan et al., 2018). Kondisi ini menunjukkan bahwa dampak polusi udara tidak hanya menjadi persoalan lingkungan, tetapi juga menjadi isu ketidakadilan kesehatan karena kelompok rentan sering kali menerima tingkat paparan yang lebih tinggi dibandingkan populasi umum (Fuller et al., 2022).

Dari perspektif kesehatan masyarakat, dampak polusi udara tidak hanya tercermin pada meningkatnya angka kesakitan dan kematian, tetapi juga pada beban sosial dan ekonomi yang ditimbulkannya. Paparan polusi udara diperkirakan menyebabkan jutaan kematian prematur setiap tahun dan menjadi salah satu faktor risiko lingkungan terbesar terhadap kesehatan global (GBD Risk Factors Collaborators, 2024). Beban tersebut mencakup meningkatnya kebutuhan pelayanan kesehatan, hilangnya produktivitas kerja, serta penurunan kualitas hidup masyarakat yang

terdampak (Fuller et al., 2022). Oleh karena itu, upaya pengendalian polusi udara memerlukan pendekatan yang komprehensif melalui pemantauan kualitas udara, pengurangan sumber emisi, serta identifikasi kelompok masyarakat yang berisiko tinggi agar intervensi kesehatan dapat dilakukan secara lebih efektif dan tepat sasaran (WHO, 2021).

Untuk lebih memahami risiko-risiko ini, beberapa studi di Indonesia telah menggunakan metode Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan (EHRA/ARKL) untuk memperkirakan tingkat paparan dan potensi dampak kesehatan di antara berbagai kelompok, seperti pedagang kaki lima, pekerja pabrik, dan orang-orang yang tinggal di daerah padat penduduk (Putri dkk., 2024; Rahman dkk., 2021). Meskipun jumlah studi tentang topik ini terus bertambah, temuan-temuannya seringkali tersebar dan diteliti secara terpisah. Hal ini menyulitkan untuk melihat gambaran yang lebih besar, terutama ketika mencoba mengidentifikasi populasi mana yang paling berisiko dan jenis intervensi apa yang paling dibutuhkan. Oleh karena itu, *literature review* ini bertujuan untuk menyatukan penelitian yang ada untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang risiko kesehatan yang terkait dengan paparan polusi udara dan implikasinya terhadap kesehatan masyarakat.

Metode

Literature review ini menggunakan pendekatan integrative review untuk menelaah dan mensintesis artikel-artikel terkait risiko kesehatan lingkungan akibat paparan polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Pendekatan ini digunakan untuk dapat menggabungkan hasil dari berbagai penelitian, baik kuantitatif maupun kualitatif, sehingga dapat menghasilkan pemahaman yang komprehensif terkait isu yang diambil. Terdapat 12 artikel yang dipilih untuk dibahas dalam *literature review* ini. 12 artikel tersebut diterbitkan dalam interval waktu 2019-2025 dengan delapan artikel merupakan artikel nasional dan berbahasa Indonesia sedangkan 4 artikel lainnya merupakan artikel internasional. Keberagaman artikel tersebut menyajikan perspektif yang lebih luas terkait risiko kesehatan lingkungan akibat paparan polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Artikel-artikel yang dipilih telah melewati proses seleksi dengan menggunakan kata kunci seperti polusi udara, dampak polusi udara, *air pollution*, *impact of air pollution*, dampak kesehatan, *public health*. Pencarian dilakukan pada Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect dan kemudian diseleksi dengan mempertimbangkan kesesuaian topik, relevansi variabel dengan membaca abstrak setiap artikel.

12 artikel yang lolos filtrasi ini kemudian dianalisis secara deskriptif terkait tahun pelaksanaan, tujuan penelitian, metode penelitian, sampel yang digunakan, hasil utama penelitian, dan implikasinya (Tabel 1). Selanjutnya, artikel-artikel tersebut dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi temuan-temuan utama dalam penelitian, termasuk jenis polutan yang paling sering diteliti, tingkat paparan yang dialami oleh populasi, nilai Risk Quotient (RQ) sebagai indikator

risiko kesehatan, serta kelompok populasi yang paling rentan terhadap dampak pencemaran udara. Selain itu, analisis juga mencakup hubungan antara tingkat pencemaran udara dengan kejadian gangguan kesehatan, khususnya penyakit pada sistem pernapasan.

Sintesis dilakukan menggunakan pendekatan naratif untuk membandingkan hasil penelitian antar studi, baik dari segi lokasi penelitian, karakteristik responden atau populasi yang diteliti, metode analisis yang digunakan (seperti pendekatan ARKL), maupun konsistensi temuan terkait risiko kesehatan akibat paparan polutan udara. Pendekatan ini juga digunakan untuk mengidentifikasi pola umum, kesamaan, dan perbedaan hasil penelitian, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat serta implikasinya dalam upaya pengendalian dan kebijakan kesehatan lingkungan.

Hasil dan Pembahasan

Studi-studi yang diulas secara konsisten menunjukkan bahwa pencemaran udara memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan manusia di berbagai kelompok populasi dan konteks lingkungan. Penelitian internasional menegaskan bahwa paparan terhadap polutan seperti PM2.5, PM10, dan gas berbahaya berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyakit pernapasan, kardiovaskular, serta kematian dini (Lelieveld et al., 2020; Schraufnagel et al., 2021; GBD, 2022), sementara Zhang et al. (2023) menunjukkan bahwa besarnya risiko sangat dipengaruhi oleh durasi dan intensitas pajanan. Temuan di Indonesia memperkuat bukti tersebut, di mana Putri dkk. (2024) dan Rahman dkk. (2021) menemukan bahwa konsentrasi partikulat yang melebihi baku mutu menghasilkan nilai Risk Quotient (RQ) >1 yang mengindikasikan risiko kesehatan, dan Sari dkk. (2023) menegaskan bahwa pajanan kronis terhadap pencemaran udara ambien meningkatkan potensi gangguan kesehatan. Dari sisi dampak kesehatan, Nugroho dkk. (2022) menunjukkan adanya hubungan signifikan antara pencemaran udara dan kejadian ISPA, sementara dari sisi sumber pencemar, Lestari dkk. (2019) mengidentifikasi emisi kendaraan bermotor sebagai kontributor utama pencemaran di wilayah perkotaan, yang juga diperkuat oleh tingginya paparan pada kelompok pekerja informal seperti pedagang kaki lima terhadap karbon monoksida (Wijaya dkk., 2024). Selain itu, paparan di lingkungan kerja juga menjadi perhatian, di mana Prasetyo dkk. (2022) menemukan bahwa pajanan debu berhubungan dengan gangguan pernapasan pada pekerja, dan Hidayat dkk. (2020) melaporkan bahwa kawasan industri memiliki tingkat pencemaran yang melebihi baku mutu dan berpotensi berdampak pada masyarakat sekitar.

Jumlah artikel yang diperoleh melalui pencarian di *database* : $n = 2.230$ artikel

Page | 714



Jumlah artikel setelah melalui proses filtrasi (penghapusan duplikasi),
 $n = 1.337$ artikel

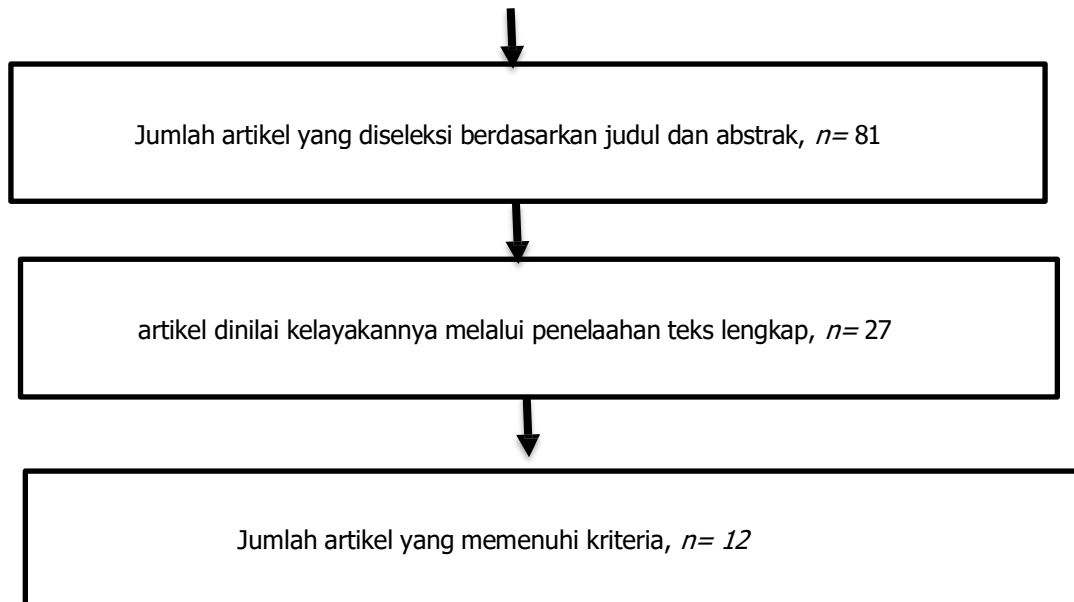


Diagram 1. Diagram Prisma Flow Pemilihan Artikel

Tabel 1. Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Polusi Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia

No	Penulis dan Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Penelitian	Temuan Utama	Implikasi
1	Putri et al., 2024	Menganalisis risiko paparan PM2.5 dan PM10 di Kota Semarang	Kuantitatif (ARKL)	Konsentrasi PM melebihi baku mutu; RQ >1	Menunjukkan perlunya penguatan kebijakan pengendalian kualitas udara di perkotaan, peningkatan sistem pemantauan lingkungan, serta integrasi hasil ARKL dalam perencanaan kesehatan daerah
2	Wijaya dkk., 2024	Menganalisis paparan CO pada pedagang kaki lima	Cross-sectional	Pajanan CO melebihi ambang batas aman	Menggambarkan tingginya risiko kesehatan pada sektor informal, sehingga diperlukan intervensi spesifik seperti pengendalian emisi kendaraan dan perlindungan bagi pekerja

3.	Sari dkk., 2023	Menilai risiko pencemaran udara ambien	ARKL	Pajanan kronis meningkatkan risiko kesehatan	Mendukung pentingnya kebijakan lingkungan jangka panjang serta pemanfaatan ARKL dalam pengambilan keputusan kesehatan masyarakat
4.	Nugroho dkk., 2022	Mengkaji hubungan pencemaran udara dengan ISPA	Observasional	Terdapat hubungan signifikan dengan kejadian ISPA	Menunjukkan perlunya program pencegahan berbasis masyarakat terutama di wilayah dengan kualitas udara buruk
5.	Rahman dkk., 2021	Analisis risiko PM10 terhadap kesehatan	ARKL	RQ >1 menunjukkan pajanan tidak aman	Menegaskan perlunya pengetatan standar kualitas udara dan sistem surveilans berkelanjutan
6.	Hidayat dkk., 2020	Menilai kualitas udara di kawasan industri	Deskriptif	Kadar polutan melebihi baku mutu	Menekankan pentingnya pengawasan industri, kepatuhan terhadap regulasi, dan pengendalian emisi
7.	Prasetyo dkk., 2022	Menganalisis pajanan debu pada pekerja	Cross-sectional	Pajanan debu berhubungan dengan gangguan pernapasan	Mengindikasikan perlunya peningkatan keselamatan kerja, termasuk ventilasi dan penggunaan alat pelindung diri
8.	Lestari dkk., 2019	Mengkaji risiko emisi kendaraan bermotor	Studi lingkungan	Emisi kendaraan berkontribusi besar terhadap pencemaran udara	Mendukung kebijakan transportasi berkelanjutan, penggunaan energi bersih, dan uji emisi kendaraan

9	Lelieveld dkk., 2020	Menilai dampak PM2.5 terhadap kesehatan global	Review	Berkaitan kuat dengan mortalitas dan penyakit kronis	Menempatkan pencemaran udara sebagai isu kesehatan global yang memerlukan intervensi lintas negara
10	Schraufnagel dkk., 2021	Mengkaji dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia	Review	Dampak pada berbagai sistem organ tubuh	Mendorong pendekatan multidisiplin dalam penanganan dampak kesehatan akibat pencemaran udara
11	GBD, 2022	Mengestimasi beban penyakit akibat pencemaran udara	Analisis global	Menyebabkan jutaan kematian setiap tahun	Menegaskan pentingnya kebijakan global dan nasional dalam menurunkan paparan polutan
12	Zhang dkk., 2023	Melakukan analisis risiko kesehatan lingkungan pencemaran udara	Kuantitatif	Risiko bervariasi tergantung tingkat dan durasi paparan	Menunjukkan perlunya pendekatan berbasis risiko yang kontekstual dan spesifik wilayah

Pembahasan

Literature ini mendapatkan bahwa paparan polusi udara tetap menjadi masalah kesehatan masyarakat yang terus-menerus dan signifikan di berbagai lingkungan dan populasi. Pola konsisten yang diamati di seluruh studi yang disertakan adalah bahwa konsentrasi polutan utama, khususnya partikulat (PM2.5 dan PM10), seringkali melebihi standar kualitas udara yang direkomendasikan, menunjukkan bahwa banyak komunitas terpapar kondisi lingkungan yang tidak aman setiap hari (Putri dkk., 2024; Rahman dkk., 2021). Temuan ini sejalan dengan bukti global yang lebih luas yang menunjukkan bahwa partikulat adalah salah satu polutan udara yang paling berbahaya karena kemampuannya untuk menembus jauh ke dalam saluran pernapasan dan masuk ke aliran darah (Organisasi Kesehatan Dunia, 2021; Lelieveld dkk., 2020).

Aspek penting yang muncul dari studi di Indonesia adalah penggunaan luas Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan (EHRA/ARKL) sebagai pendekatan metodologis. Pendekatan ini memungkinkan para peneliti untuk mengukur paparan dan memperkirakan potensi risiko kesehatan melalui parameter seperti asupan dan Rasio Risiko (RQ), memberikan pemahaman yang lebih terstruktur dan terukur tentang bahaya lingkungan (Sari dkk., 2023; Zhang dkk., 2023). Temuan yang konsisten tentang nilai RQ lebih besar dari 1 di beberapa penelitian menunjukkan bahwa tingkat paparan saat ini tidak hanya ada tetapi berpotensi berbahaya, memperkuat urgensi penerapan langkah-langkah pencegahan (Rahman dkk., 2021; Putri dkk., 2024). Selain itu, EHRA

menawarkan nilai praktis bagi para pembuat kebijakan, karena menerjemahkan data lingkungan menjadi bukti berbasis risiko yang dapat menginformasikan strategi intervensi (Paustenbach, 2002).

Tema penting lain yang diidentifikasi dalam tinjauan ini adalah peningkatan kerentanan kelompok populasi tertentu, khususnya mereka yang terpapar lingkungan yang tercemar dalam jangka waktu lama atau secara langsung. Pekerja informal, seperti pedagang kaki lima, berulang kali terpapar emisi terkait lalu lintas, termasuk karbon monoksida (CO), yang telah terbukti melebihi ambang batas aman dalam beberapa penelitian (Wijaya dkk., 2024). Paparan kerja jenis ini sering diabaikan dalam sistem perlindungan kesehatan formal, yang menyoroti kesenjangan dalam kebijakan kesehatan kerja untuk sektor informal (Prüss-Ustün dkk., 2016). Demikian pula, pekerja di lingkungan industri terpapar debu dan polutan udara yang dihasilkan dari proses produksi, yang secara signifikan meningkatkan risiko masalah pernapasan dan masalah kesehatan lainnya (Prasetyo dkk., 2022). Temuan ini menekankan perlunya intervensi yang ditargetkan untuk mengatasi risiko kesehatan lingkungan dan kerja secara bersamaan.

Selain paparan kerja, karakteristik geografis dan lingkungan juga memainkan peran penting dalam membentuk pola risiko. Studi yang dilakukan di daerah industri secara konsisten melaporkan tingkat polutan yang melebihi standar peraturan, menunjukkan sistem pengendalian emisi dan pemantauan lingkungan yang tidak memadai (Hidayat dkk., 2020). Demikian pula, daerah perkotaan dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi ditemukan memiliki tingkat polusi yang tinggi, terutama disebabkan oleh emisi kendaraan (Lestari et al., 2019). Hal ini mencerminkan tren yang lebih luas di negara-negara berkembang pesat, di mana pertumbuhan ekonomi dan urbanisasi seringkali melampaui regulasi lingkungan dan pengembangan infrastruktur (Landrigan et al., 2018). Akibatnya, penduduk perkotaan secara tidak proporsional terpengaruh oleh polusi udara, terutama mereka yang tinggal di daerah padat penduduk atau berpenghasilan rendah.

Dari perspektif epidemiologi, hubungan antara polusi udara dan hasil kesehatan telah terbukti dengan baik. Beberapa studi dalam tinjauan ini menunjukkan hubungan yang signifikan antara paparan polusi udara dan kejadian infeksi pernapasan akut (ISPA), terutama di antara kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia (Nugroho et al., 2022). Temuan ini konsisten dengan penelitian global yang menunjukkan bahwa polusi udara berkontribusi pada kondisi pernapasan akut dan kronis, termasuk asma, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), dan kanker paru-paru (Schraufnagel et al., 2021; Cohen et al., 2017). Selain itu, paparan polusi udara jangka panjang juga telah dikaitkan dengan penyakit kardiovaskular, yang menyoroti dampak sistemiknya di luar sistem pernapasan (Brook et al., 2010).

Di tingkat global, beban penyakit yang disebabkan oleh polusi udara tetap sangat tinggi. Estimasi dari studi Beban Penyakit Global (GBD) menunjukkan bahwa polusi udara berkontribusi terhadap jutaan kematian dini setiap tahun, menjadikannya salah satu faktor risiko lingkungan

utama di seluruh dunia (GBD, 2022). Perspektif global ini memperkuat temuan studi lokal, yang menunjukkan bahwa masalah polusi udara tidak terbatas pada wilayah tertentu tetapi merupakan tantangan kesehatan masyarakat yang luas yang membutuhkan tindakan terkoordinasi di berbagai tingkatan (Burnett et al., 2018).

Secara keseluruhan, kedua belas studi tersebut menunjukkan pola yang konsisten bahwa pencemaran udara merupakan faktor risiko kesehatan yang penting, dengan variasi tingkat risiko yang dipengaruhi oleh jenis polutan, karakteristik lingkungan, serta kelompok populasi yang terpapar.

Kesimpulan

Polusi udara terus menjadi masalah kesehatan lingkungan yang serius, dengan dampak yang jelas dan konsisten terhadap kesehatan manusia di berbagai lingkungan. Studi yang ditinjau menunjukkan bahwa paparan terhadap polutan utama seperti PM_{2.5}, PM₁₀, dan karbon monoksida seringkali melebihi batas yang direkomendasikan, menunjukkan bahwa banyak populasi hidup dalam kondisi yang tidak sepenuhnya aman. Hal ini terutama terlihat di antara kelompok-kelompok dengan paparan yang berkepanjangan, termasuk pekerja informal, orang-orang yang tinggal di daerah perkotaan padat penduduk, dan mereka yang berada di lingkungan industri, yang cenderung menghadapi risiko yang lebih tinggi dan lebih berkelanjutan.

Pada saat yang sama, bukti menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara polusi udara dan berbagai masalah kesehatan, khususnya kondisi pernapasan seperti infeksi pernapasan akut, serta efek yang lebih luas seperti masalah kardiovaskular. Penggunaan Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan (EHRA/ARKL) di beberapa studi juga menunjukkan bagaimana risiko dapat diukur dengan lebih jelas dan digunakan untuk memandu pengambilan keputusan. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa mengurangi beban kesehatan akibat polusi udara akan membutuhkan upaya terkoordinasi memperkuat peraturan, meningkatkan pengendalian emisi, dan berfokus pada populasi yang paling berisiko daripada mengandalkan intervensi tunggal dan terisolasi.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Universitas Nusa Cendana, khususnya Fakultas Kesehatan Masyarakat beserta seluruh dosen atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan. Terimakasih juga kepada Universitas Citra Bangsa Kupang, Fakultas Kesehatan atas kesempatan dan dukungan yang diberikan baik langsung maupun tidak langsung hingga terselesainya tulisan ini. Semoga segala bentuk bantuan, dukungan dan motivasi yang diberikan, menjadi amal kebaikan dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Referensi

- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease. *Circulation*, 121(21), 2331–2378. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d8e3e1>
- Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Hubbell, B., Pope, C. A., ... Cohen, A. (2018). Global mortality associated with PM_{2.5} exposure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(38), 9592–9597. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., ... Forouzanfar, M. H. (2017). Global burden of disease due to air pollution. *The Lancet*, 389(10082), 1907–1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)
- GBD Risk Factors Collaborators. (2022). Global burden of disease attributable to air pollution. *The Lancet*. Retrieved from [https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736\(22\)00001-6](https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736(22)00001-6)
- Hidayat, A., Santoso, B., & Wulandari, R. (2020). Kualitas udara dan risiko kesehatan di kawasan industri. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 123–130. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/download/25689/19761>
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ... Zhong, M. (2018). Pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Haines, A., & Münzel, T. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: A worldwide perspective. *Environmental Research*, 183, 108924. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108924>
- Lestari, D., Nugraha, A., & Pratiwi, S. (2019). Risiko kesehatan lingkungan akibat emisi kendaraan bermotor. *Unnes Journal of Public Health*, 8(3), 210–217. Retrieved from <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujph/article/download/30567/13587>
- Nugroho, R., Setyawan, H., & Utami, S. (2022). Hubungan pencemaran udara dengan kejadian ISPA di perkotaan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 85–92. Retrieved from <https://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/kesehatan/article/download/6543/1987>
- Prasetyo, B., Hidayah, N., & Santosa, D. (2022). Analisis pajanan debu dan dampaknya terhadap kesehatan pekerja. *Jurnal Kesehatan Kerja*, 13(1), 45–53. Retrieved from <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JKK/article/download/8452/6221>
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2016). *Preventing disease through healthy environments*. World Health Organization.
- Putri, A. R., Sari, D. P., & Nugraheni, R. (2024). Analisis risiko kesehatan lingkungan pajanan PM_{2.5} dan PM₁₀ di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(1), 45–54. Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/67628/27705>
- Rahman, F., Yusuf, M., & Abdullah, A. (2021). Analisis risiko PM₁₀ terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 16(3), 189–197. Retrieved from <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jkmi/article/download/10923/6032>
- Sari, N., Rahmawati, E., & Putra, A. (2023). Analisis risiko kesehatan lingkungan akibat pencemaran udara ambien. *Jurnal Kesehatan*, 15(2), 78–86. Retrieved from <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/kesehatan/article/download/61/52>
- Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., De Matteis, S., Hoffman, B., Kim, W. J., Perez-Padilla, R., Salvi, S., & Wuebbles, D. J. (2021). Air pollution and human health: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4865. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094865>
- Wijaya, T., Pramono, A., & Lestari, Y. (2024). Analisis risiko pajanan karbon monoksida (CO) pada pedagang kaki lima. *Varians: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(1), 15–22. Retrieved from <https://jurnalvarians.com/index.php/vjkm/article/download/27/20>
- Zhang, X., Li, Y., & Chen, H. (2023). Environmental health risk assessment of air pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3000. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043000>