

PAPARAN PARTICULATE MATTER 2.5 (PM2.5) DAN IKLIM MIKRO SEBAGAI FAKTOR RISIKO PADA PNEUMONIA BALITA DI DAERAH PERKOTAAN

Wahyu Setiaji

Mahasiswa Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka

Email: wahyu25setiaji@gmail.com

Keywords

PM2.5, pneumonia,
under-five, air pollution

Abstract

Pneumonia remains one of the leading cause of death among under-fives in urban areas in Indonesia. PM2.5 fine dust particles as a component of air pollution play a role in increasing the risk of pneumonia through airway damage and decreased immunity. Microclimatic conditions such as temperature, humidity, and rainfall also exacerbate the impact of PM2.5. Factors such as exclusive breastfeeding, nutritional status, vitamin A supplementation, measles immunization coverage, home ventilation, and the surrounding environment are crucial in determining the susceptibility of under-fives to pneumonia. This study used a literature study method with a theme analysis approach and synthesized relevant primary sources published between 2017 and 2025. The results showed a positive correlation between PM2.5 concentrations and the incidence of under-five pneumonia in several urban areas in Indonesia. The complex interactions between PM2.5 exposure, microclimatic conditions, and social, economic, and environmental factors suggest the need for more comprehensive public health interventions. PM2.5 exposure control needs to be accompanied by efforts to improve nutritional status, promote exclusive breastfeeding, immunization, and improve the quality of the home environment as a more comprehensive preventive measure. To support more effective policy development, further research with spatial data and socio-economic aspects is needed to design effective and sustainable urban public health policies.

PM2.5, pneumonia,
balita, polusi udara

Pneumonia masih menjadi salah satu penyebab utama kematian pada balita di daerah perkotaan di Indonesia. Partikel debu halus PM2.5 sebagai komponen polusi udara berperan dalam meningkatkan risiko pneumonia melalui kerusakan saluran napas dan penurunan daya tahan tubuh. Kondisi iklim mikro seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan juga memperburuk dampak PM2.5. Faktor seperti pemberian ASI eksklusif, status gizi, suplementasi vitamin A, cakupan imunisasi campak, ventilasi rumah, dan lingkungan sekitar sangat penting dalam menentukan kerentanan balita terhadap pneumonia. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan analisis tema dan sintesis sumber primer yang relevan dan diterbitkan antara tahun 2017 hingga 2025. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara konsentrasi PM2.5 dengan kejadian pneumonia balita di beberapa wilayah perkotaan di Indonesia. Interaksi yang kompleks antara paparan PM2.5, kondisi iklim mikro, dan faktor sosial, ekonomi,

lingkungan menunjukkan perlunya intervensi kesehatan masyarakat yang lebih menyeluruh. Pengendalian paparan PM2.5 perlu didampingi upaya peningkatan status gizi, promosi pemberian ASI eksklusif, imunisasi, serta perbaikan kualitas lingkungan rumah sebagai langkah preventif yang lebih menyeluruh. Untuk mendukung pengembangan kebijakan yang lebih efektif, Penelitian lebih lanjut dengan data spasial dan aspek sosio-ekonomi diperlukan untuk merancang kebijakan kesehatan masyarakat perkotaan yang efektif dan berkelanjutan.

1. PENDAHULUAN

Pneumonia merupakan infeksi saluran pernapasan bagian bawah yang menjadi masalah kesehatan global, terutama di negara-negara berkembang. Berdasarkan data dari World Health Organization (WHO), sekitar 740.000 anak di bawah usia lima tahun meninggal akibat pneumonia setiap tahunnya. Di Indonesia, pneumonia masih menjadi salah satu penyebab utama kematian pada balita (KEMENKES, 2023), terutama di wilayah perkotaan seperti Jakarta, yang memiliki rata-rata kasus pneumonia mencapai 258,67 pertahun selama periode 2017 – 2020, dengan jumlah tertinggi terjadi di Jakarta Timur dan Jakarta Utara (Gilang et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa pneumonia tetap menjadi ancaman yang serius bagi balita.

Salah satu faktor risiko utama yang dapat meningkatkan kasus pneumonia pada balita adalah paparan polusi udara, khususnya Particulate Matter 2.5 (PM2.5). PM2.5 merupakan jenis polutan yang terbentuk dari campuran jelaga serta partikel halus yang berasal dari gas yang berubah fase dan saling berkumpul. Di dalamnya terkandung berbagai zat seperti ion anorganik (misalnya sulfat, nitrat, dan amonia), aerosol organik, logam berat, serta karbon dan residu lainnya hasil pembakaran. Bahaya PM2.5 terletak pada ukurannya yang sangat kecil sehingga partikel ini mampu masuk jauh ke dalam saluran pernapasan hingga mencapai alveoli di paru-paru (Suryawan dkk., 2019). Hal ini menyebabkan reaksi peradangan atau inflamasi dan kerusakan jaringan pernafasan pada balita sehingga memicu penurunan sistem imun, kondisi ini membuat balita lebih mudah terinfeksi pneumonia (Rahman et al. 2025)

Sumber PM2.5 di daerah perkotaan berasal dari berbagai sumber seperti emisi kendaraan bermotor, industri, serta pembakaran sampah. Berdasarkan data IQAir pada 15 Agustus 2023, Jakarta mengalami konsentrasi polutan PM2.5 mencapai 116,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sehingga kualitas udara di golongan sangat tidak sehat bagi kelompok rentan seperti

balita. (Salsabila dan Sari, 2025). Konsentrasi PM2.5 fluktuatif sepanjang tahun dengan puncak tertinggi di Kecamatan Palmerah pada bulan Oktober. Akan tetapi insiden pneumonia pada balita tertinggi ada di wilayah kebon jeruk. Hal ini menunjukkan bahwa pneumonia pada balita bukan hanya karena paparan PM2.5 tetapi juga karena iklim mikro seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan juga berdampak pada kasus pneumonia pada balita.

Pneumonia pada balita dapat dipengaruhi oleh paparan PM2.5 dan iklim mikro. Hal ini karena suhu dingin dapat menurunkan fungsi epitel saluran nafas dan imunitas balita. Sedangkan kelembapan yang tinggi dapat menjadi lingkungan yang cocok pertumbuhan bakteri, jamur, dan pathogen *Streptococcus pneumoniae* penyebab pneumonia. Sedangkan curah hujan yang tidak teratur juga mempengaruhi penyebaran PM2.5 yang dapat menyebabkan meningkatnya risiko infeksi melalui penurunan resistensi kapiler mukosa hidung (Utami dan Windraswara, 2019). Hubungan antara paparan PM2.5 dan iklim mikro lingkungan menjadikan kasus pneumonia pada balita bukan sekedar masalah medis saja, tetapi juga masalah lingkungan atau ekologis.

Oleh karena itu penelitian ini dibuat untuk menganalisis pengaruh paparan PM2.5 dan kondisi iklim mikro terhadap risiko kasus pneumonia pada balita di wilayah perkotaan. Melalui analisis literatur yang relevan, penelitian ini membahas informasi terbaru mengenai PM2.5, variasi iklim mikro, dan tren kejadian pneumonia di beberapa wilayah perkotaan Indonesia seperti Jakarta dan Padang, sekaligus mengeksplorasi pentingnya pendekatan yang menggabungkan pengendalian paparan PM2.5, promosi ASI eksklusif, suplemen gizi, serta kualitas lingkungan sebagai strategi pencegahan yang efektif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan studi literatur dengan menganalisis artikel ilmiah primer yang berfokus pada hubungan antara paparan PM2.5 terhadap kejadian pneumonia pada balita di wilayah perkotaan. Pendekatan literatur tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi tema, pola, dan temuan pokok dari riset berbasis literatur yang secara khusus terkait dampak PM2.5 terhadap kesehatan pernapasan balita, bersama dengan faktor modifikasi risiko terutama iklim mikro. Sistematis pencarian literatur diproses melalui database akademik Pubmed, Google scholar, dan portal jurnal nasional dengan kata kunci "PM2.5", "Pneumonia", "balita", "Polusi udara". Syarat yang harus

dipenuhi meliputi artikel penelitian secara langsung maupun studi literatur yang sesuai dan diterbitkan antara tahun 2017 sampai dengan tahun 2025, baik yang berbahasa Indonesia maupun berbahasa Inggris dan telah melalui proses tinjauan agar sesuai dengan penelitian ini. Informasi yang diambil terkait dengan contoh kasus, kajian ekologi, dan data dari waktu ke waktu. Populasi pada artikel adalah anak usia 12 -60 bulan yang masih tergolong sebagai balita, variabel yang digunakan meliputi paparan PM2.5, jumlah kasus pneumonia, dan faktor lainnya seperti pemberian ASI eksklusif, paparan asap rokok, pemberian vitamin A, imunisasi campak, serta kondisi rumah dan faktor iklim mikro lainnya. Analisis dilakukan dengan memilih temuan penting, yang dikumpulkan dan disusun secara rapi dan terstruktur guna membangun pemahaman yang terarah tentang kaitan antara paparan PM2.5 dan iklim mikro terhadap kasus pneumonia balita di wilayah perkotaan. Analisis pada penelitian sebelumnya dilakukan untuk mengidentifikasi faktor risiko dan kekurangan masing-masing studi. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas terkait paparan PM2.5 dan iklim mikro berkontribusi pada meningkatnya risiko pneumonia pada balita di wilayah perkotaan, sehingga dapat menghasilkan solusi pencegahan yang lebih akurat dan menyeluruh untuk menurunkan kasus pneumonia pada balita.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa paparan PM2.5 berkontribusi pada meningkatnya kasus pneumonia pada balita di wilayah perkotaan. Salsabila (2023) menjelaskan bahwa peningkatan paparan PM2.5 di Jakarta disertai dengan naiknya kasus pneumonia. Pada tanggal 15 Agustus 2023, Jakarta mencatat konsentrasi PM2.5 tertinggi sebesar 116,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang termasuk kategori sangat tidak sehat bagi kelompok rentan seperti balita. Di Jakarta konsentrasi PM2.5 berfluktuasi dengan angka tertinggi di bulan Mei, dan Kecamatan yang terdapat konsentrasi PM2.5 tertinggi adalah kecamatan Palmerah. Akan tetapi kasus pneumonia balita ternyata lebih tinggi di Kecamatan Kebon Jeruk. Hal ini menunjukkan bahwa risiko pneumonia tidak hanya disebabkan oleh paparan PM2.5 saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor iklim mikro seperti suhu, kelembapan, curah hujan, serta kondisi lingkungan dan kebiasaan Masyarakat di wilayah tersebut. Kasus pneumonia balita di wilayah perkotaan bukan sekedar menggambarkan masalah Kesehatan semata, akan tetapi juga menggambarkan kondisi masyarakat di wilayah tersebut yang tergolong tidak sehat. Salah satu faktor

lingkungan adalah paparan Particulate Matter 2.5 atau yang sering disingkat PM2.5. Partikel PM2.5 adalah salah satu jenis polusi udara yang ukurannya sangat kecil, yaitu kurang dari 2,5 mikrometer. Partikel ini dapat bertahan lama di udara karena ukurannya yang sangat kecil dan dapat masuk ke dalam alveoli tempat pertukaran gas saat bernapas. Yang lebih berbahaya adalah partikel ini sering membawa senyawa berbahaya yang termasuk golongan anorganik, termasuk logam berat dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHs) yang dapat menyebabkan kerusakan saluran napas dan memperburuk sistem imun pada balita.

PM2.5 di wilayah perkotaan dihasilkan oleh asap kendaraan bermotor, industri, pembakaran sampah, dan asap rumah tangga seperti asap dapur dan rokok. Pembakaran bahan bakar fosil dapat menghasilkan asap hitam yang mengandung senyawa kimia berbahaya dan logam berat yang dapat membentuk PM2.5. selain itu membakar sampah secara sembarang juga menghasilkan partikel PM2.5 ke udara. Asap dari rokok terlebih jika dilakukan di dalam ruangan juga ikut menyumbangkan polutan PM2.5 dan paparan tersebut akan berada di dalam ruangan sehingga memperburuk kualitas udara di dalam ruangan. Karena ukuran PM2.5 sangat kecil yaitu kurang dari 2,5 mikrometer dan massa partikelnya ringan, menyebabkan PM2.5 dapat bertahan lama di udara, terlebih dikondisi lingkungan tertentu seperti suhu yang dingin dan kelembapan yang tinggi (Khreis et al., 2020). Pada musim hujan yang cenderung kondisi kelembapan tinggi dan kecepatan angin rendah menyebabkan polutan PM2.5 lebih lama terakumulasi di udara dan sukar untuk mengendap hal ini menyebabkan PM2.5 lebih mudah terhirup oleh balita karena partikel tersebut berada lama di udara (Wellied et al., 2024). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Utami dan Windraswara (2019) curah hujan yang tidak teratur juga menyebabkan udara lembab yang cocok untuk perkembangan bakteri patogen penyebab pneumonia. Curah hujan yang tidak teratur juga berpengaruh pada menurunkan kemampuan lapisan lendir (mukosa) di hidung serta daya tahan kapiler darah. Akibatnya, bakteri atau virus penyebab pneumonia lebih mudah masuk dan menyerang saluran pernapasan. Ketika curah hujan tinggi dapat meningkatkan kelembapan udara sehingga kualitas udara dalam rumah menjadi lebih buruk, terlebih saat hujan turun orang-orang berada pada ruangan tertutup. Makin padat ruangan makin tinggi juga peluang penularan pneumonia karena udara yang buruk terperangkap di ruangan tersebut.

Selain itu, suhu udara yang rendah memperlambat proses pengendapan partikel PM2.5 akibat aktivitas turbulensi udara yang rendah dan penguapan air yang minim, yang mendukung suspensi partikel di udara (Utami dan Windraswara, 2019). Kondisi ini menyebabkan konsentrasi PM2.5 yang lebih tinggi di atmosfer bawah, terutama di kota-kota padat penduduk, sehingga risiko pneumonia pada balita lebih besar karena sensitivitas mereka. Balita memiliki saluran nafas yang lebih sensitif di banding orang dewasa karena saluran napasnya belum berkembang sempurna. Apabila balita terpapar partikel PM2.5 berkepanjangan menyebabkan lapisan epitel bersilia di saluran pernapasan balita mengalami kerusakan. Hal ini sangat berbahaya karena lapisan epitel tersebut berfungsi membantu membersihkan partikel asing yang masuk, jika lapisan silia rusak atau tidak berfungsi dengan baik proses pembersian partikel asing akan terganggu dan partikel berbahaya dan patogen akan lebih mudah masuk ke saluran napas balita bahkan hingga lapisan paling dalam yaitu alveoli pada paru paru. Masuknya PM2.5 dapat mempengaruhi produksi lendir alami yang dapat melindungi lapisan saluran pernapasan. lapisan lendir ini memiliki fungsi sebagai lapisan pelindung yang membantu menangkap partikel asing dan mencegah infeksi. Lapisan lendir mukosa yang semakin tipis dan tidak normal akan menyebabkan balita lebih berisiko terpapar bakteri atau virus penyebab pneumonia, seperti *Streptococcus pneumoniae* atau Respiratory Syncytial Virus (RSV). Menurut hasil penelitian Handiny dan Hermawati (2018) menyatakan bahwa paparan PM2.5 bisa menurunkan kadar IgA, yaitu antibody yang berfungsi melindungi saluran napas dari patogen seperti virus dan bakteri penyebab pneumonia.

Ketika partikel PM2.5 masuk kedalam sistem pernapasan balita dan mencapai alveoli, tubuh akan mencoba melawan karena tubuh tidak mengenali partikel PM2.5 dan oleh makrofag terdeteksi sebagai benda asing, lalu makrofag tersebut mencoba membersihkan partikel asing tersebut dengan cara memakanya. Kemudian respon tubuh akan melepaskan zat pemicu peradangan seperti TNF- α , IL- 6, dan IL-8 yang bertujuan untuk melindungi tubuh untuk melawan infeksi, akan tetapi jika zat ini di produksi berlebih oleh tubuh justru akan menyebabkan rusaknya jaringan paru paru dan menurunkan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi (Khreis et al., 2020). Sistem imun bawaan (innate immunity) pada balita belum berkembang sempurna, sehingga lebih mudah terpapar PM2.5 dan menimbulkan kerusakan pada saluran pernapasan balita. Pada hasil studi Handiny dan Hermawati (2018) disebutkan bahwa

di Kota Padang menunjukkan balita yang tinggal di kawasan industri beresiko 1,5 kali lebih besar terkena pneumonia jika dibandingkan dengan balita yang tinggal di kawasan non-industri, hal ini karena pada kawasan industri memiliki paparan PM2.5 yang lebih tinggi. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Salsabila dan Sari (2025) juga mengasikkan hubungan antara paparan PM2.5 dengan peningkatan kasus pneumonia pada balita, penelitian Salsabila dan Sari dilakukan di Jakarta Barat dengan hasil konsentrasi PM2.5 yang flutuaktif dengan kadar tertinggi dibulan Mei terutama di Kecamatan Palmerah. Akan tetapi kasus pneumonia pada balita tertinggi terdapat di Kecamatan Kebon Jeruk, keadaan ini semakin memperkuat pendapat jika Pneumonia pada balita tidak hanya disebabkan oleh paparan PM2.5 tetapi didukung oleh faktor lain seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan.

Salsabila dan Sari (2025), dalam analisisnya membuktikan bahwa terdapat hubungan antara paparan PM2.5 dan tingkat kualitas lingkungan, suhu, dan kelembapan dengan persebaran kasus pneumonia pada balita di wilayah Jakarta Barat. Situasi ini menandakan paparan PM2.5 tidak berdampak sendiri, tetapi semakin bahaya jika dikombinasikan dengan kondisi tertentu yang buruk. Contohnya di wilayah dengan kelembapan tinggi dan suhu rendah partikel PM2.5 dapat bertahan lebih lama diudara, sehingga risiko balita untuk terpapar pneumonia akan semakin besar. Di samping itu kondisi imun dan sistem pernapasan balita yang masih berkembang membuat balita lebih rentan terhadap pneumonia. Temuan Wellid et al. (2024) di Bandung memperkuat argumen bahwa konsentrasi PM2.5 tertinggi ditemukan di pusat kota seperti Alun-alun dan Monumen 0 km, sementara di Dago yang memiliki lebih banyak pepohonan dan ruang hijau, kadar polutan ini jauh lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa minimnya vegetasi tumbuhan hijau di pusat kota menyebabkan penumpukan paparan PM2.5, terutama saat lalu lintas padat di kota. Selain itu, kecepatan angin yang rendah selama musim hujan menyebabkan partikel polutan PM2.5 bertahan lama di udara di Bandung. Situasi ini, ditambah dengan kelembapan tinggi akibat genangan air, dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri yang menyebabkan timbulnya pneumonia.

Selain faktor lingkungan fisik, aspek sosial dan perilaku masyarakat juga berperan penting dalam memperparah dampak PM2.5 terhadap pneumonia balita. Misalnya, kebiasaan merokok di dalam rumah, penggunaan bahan bakar padat untuk memasak, dan sanitasi rumah yang buruk meningkatkan paparan polutan di ruang tertutup.

Dalam kondisi ini, balita yang sering menghabiskan waktu di dalam rumah menjadi kelompok yang paling rentan. Faktor kepadatan hunian di wilayah perkotaan juga memperbesar risiko penularan infeksi saluran pernapasan karena ventilasi udara terbatas dan kualitas udara dalam ruangan memburuk. Perbedaan kasus pneumonia antar-kecamatan juga bisa dipengaruhi oleh tingkat kepadatan penduduk, akses terhadap fasilitas kesehatan, serta tingkat kesadaran masyarakat terhadap perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS). Misalnya, meskipun Palmerah memiliki kadar PM2.5 lebih tinggi, kasus pneumonia lebih tinggi di Kebon Jeruk karena kemungkinan adanya faktor lain seperti kepadatan rumah tangga, gizi balita yang kurang optimal, serta keterlambatan dalam mendapatkan pengobatan. Hal ini memperlihatkan bahwa interaksi antara faktor polusi udara, iklim mikro, dan faktor sosial-ekonomi sangat menentukan dalam munculnya kasus pneumonia pada balita. Pembahasan ini memperlihatkan bahwa risiko pneumonia pada balita di perkotaan tidak bisa dilihat hanya dari paparan PM2.5 saja, melainkan dari kombinasi berbagai faktor, baik lingkungan fisik (suhu, kelembapan, curah hujan, vegetasi), kondisi biologis balita (sistem imun, sensitivitas saluran napas), maupun aspek sosial-ekonomi (perilaku masyarakat, kepadatan penduduk, akses kesehatan). Pendekatan multidimensi ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang faktor risiko pneumonia pada balita di wilayah perkotaan.

Kombinasi antara paparan PM2.5 yang tinggi dengan kondisi lingkungan yang buruk, serta kondisi sistem pernapasan dan imun balita yang masih berkembang menjadikan wilayah perkotaan sebagai wilayah yang berisiko tinggi menyebabkan pneumonia. Lingkungan yang buruk adalah lingkungan yang tidak mendukung kesehatan dan perkembangan balita seperti lingkungan yang padat penduduk, tempat tinggal yang tidak layak serta sirkulasi udara yang tidak lancar (ventilasi buruk), dan banyaknya sumber PM2.5 seperti asap kendaraan bermotor, industri, serta kurangnya fasilitas pendukung contohnya ruang terbuka hijau dan fasilitas Kesehatan yang belum optimal. Hal-hal berikut dapat dilakukan sebagai upaya pencegahan dengan memastikan semua aspek dipertimbangkan, pendekatan lintas sektor dan melibatkan seluruh komunitas. Upaya yang perlu dipertimbangkan meliputi:

Pengendalian Pencemaran Udara

Aspek yang sangat penting dalam mengurangi paparan PM2.5 di udara adalah mengurangi emisi kendaraan bermotor dan industri. PM2.5 sangat berbahaya karena

dapat menembus paru- paru dan menyebabkan peradangan serta penurunan sistem kekebalan tubuh (Suryawan dkk., 2019). Langkah-langkah yang dapat diambil dalam pengendalian polusi meliputi larangan pembakaran sampah terbuka dan peningkatan ruang terbuka hijau sebagai filter udara alami. Kebijakan perlu diperkuat pemerintah untuk menargetkan lingkungan yang mendukung tumbuh kembang balita.

Perbaikan Kualitas Rumah dan Lingkungan Hunian

Kondisi rumah yang kurang sehat, seperti ventilasi yang buruk, lembab, dan bahkan banjir setelah hujan, memperburuk konsentrasi PM2.5 dan patogen yang menyebabkan penyakit pernapasan. Kualitas udara dalam ruangan memerlukan ventilasi yang baik untuk menyediakan udara bersih dan pengendalian kelembapan di dalam rumah. Selain itu, sistem drainase yang baik harus diterapkan agar kelembapan berlebih tidak terjadi, sehingga dapat meminimalisir kondisi ideal bagi bakteri penyebab pneumonia untuk berkembang biak.

Edukasi Pemberian ASI Eksklusif

Pemberian ASI eksklusif selama enam bulan pertama memberikan perlindungan biologis melalui antibodi seperti IgA yang melindungi membran mukosa saluran pernapasan dari virus dan bakteri penyebab pneumonia (Handiny dan Hermawati, 2018). Balita yang diberi ASI eksklusif memiliki sistem kekebalan tubuh yang lebih kuat. Penting untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya menyusui selama kehamilan hingga masa pasca persalinan melalui pos kesehatan dan layanan kesehatan dasar diharapkan dapat meningkatkan kesadaran terkait pentingnya ASI.

Suplementasi Vitamin A Secara Rutin

Vitamin A sangat penting dalam menjaga kondisi epitel saluran pernapasan. Kekurangan vitamin A dapat merusak lapisan pelindung saluran pernapasan dan membuat balita lebih rentan terhadap infeksi (Notoatmodjo, 2020). Pengawasan terhadap asupan vitamin A telah terbukti mengurangi kasus pneumonia pada balita, terutama di daerah perkotaan dengan polusi yang tinggi (Gilang dkk., 2024). Program distribusi vitamin A perlu diperluas dan digabungkan dengan pendidikan tentang pentingnya mengonsumsi makanan sehat.

Peningkatan Cakupan Imunisasi Campak

Ketika balita divaksinasi terhadap campak, campak bukanlah satu-satunya penyakit yang dicegah. Imunisasi campak juga mencegah komplikasi pneumonia yang cenderung terjadi bahkan setelah balita terinfeksi campak (Save the Children Indonesia,

2021). Salah satu strategi utama dalam menjaga kesehatan pernapasan balita adalah imunisasi yang lengkap dan merata. Harus ada kampanye tentang pentingnya imunisasi dimasyarakat agar kesadaran tentang pentingnya imunisasi makin tinggi.

Pencegahan Paparan Asap Rokok Pasif

Asap rokok mengandung zat berbahaya yang dapat merusak silia saluran pernapasan dan memperburuk kondisi paparan PM2.5 diudara (Khreis et al., 2020). Risiko balita terkena pneumonia meningkat jika tinggal di rumah dengan anggota keluarga yang merokok. Kampanye kesehatan untuk mendidik siswa dan anggota masyarakat di pusat kesehatan tentang bahaya paparan asap rokok pasif harus dilakukan. Selain itu, harus ada larangan merokok di dalam rumah.

Meskipun berbagai upaya pencegahan telah dilakukan seperti pengendalian polusi udara, perbaikan kualitas lingkungan rumah, edukasi betapa pentingnya ASI eksklusif, pemberian vitamin A, dan upaya imunisasi campak tapi masih banyak kendala yang di hadapi dalam upaya pelaksanaan di lapangan. Satu dari sekian banyak tantangan adalah masih rendahnya pemahaman Masyarakat tentang PM2.5 yang berinteraksi dengan faktor iklim mikro seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan faktor lingkungan lainnya serta kondisi balita itu sendiri terhadap risiko pneumonia.

Selain upaya pencegahan yang di sebutkan diatas, penanganan pneumonia pada balita di wilayah perkotaan tidak bisa dilakukan secara sendiri oleh satu pihak saja atau pencegahan dilakukan pada satu faktor saja. Kolaborasi berbagai lapisan masyarakat dan tidak hanya berfokus pada satu faktor sangat di perlukan. Pemerintah perlu bekerja sama dengan dinas kesehatan, dinas lingkungan hidup, serta sektor pendidikan dan sosial, dan masyarakat sipil untuk mengatur kebijakan pengendalian polusi udara, memperluas ruang terbuka hijau, serta memastikan infrastruktur dan sanitasi yang memadai. Selain itu peran masyarakat juga sangat dibutuhkan, mulai dari menjaga kebersihan lingkungan, tidak membakar sampah sembarangan, hingga memastikan ventilasi rumah tetap baik. Upaya upaya tersebut diharapkan dapat menurunkan kasus pneumonia pada balita dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan mendukung perkembangan balita.

Edukasi pada Masyarakat menjadi faktor kunci dalam menurunkan kasus pneumonia pada balita. Edukasi pada Masyarakat diharapkan mampu meningkatkan kesadaran tentang bahaya paparan PM2.5 dan pentingnya berbagai upaya pencegahan pneumonia pada balita seperti pentingnya pemberian ASI eksklusif, dan vitamin A serta

imunisasi campak pada balita. Penyuluhan informasi kesehatan secara rutin baik melalui posyandu maupun perkumpulan masyarakat lainnya dapat membantu masyarakat dalam memahami cara-cara yang sederhana namun efektif untuk mencegah pneumonia pada balita. Dengan kekompakan semua pihak mulai dari lingkup terkecil yaitu keluarga sampai lingkup besar seperti pemerintah diharapkan upaya pencegahan pneumonia pada balita di wilayah perkotaan akan berjalan optimal dan akan menimbulkan efek positif jangka panjang.

Sejumlah peneliti sebelumnya memang sudah menunjukkan adanya hubungan antara paparan PM2.5 dengan meningkatnya kasus pneumonia pada balita di wilayah perkotaan. Namun masih banyak penelitian yang belum membahas korelasi bersama antara paparan PM2.5, iklim mikro seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan dan faktor biologis secara bersama.

Sebagian besar penelitian hanya memberikan gambaran umum tentang hubungan polusi udara dan pneumonia, tanpa menghubungkan dengan faktor lain seperti iklim mikro dan faktor lingkungan. seperti ventilasi yang buruk, pentingnya ASI eksklusif, pemberian vitamin A dan imunisasi campak pada balita. Contohnya, Gilang et al. (2024) menggunakan kadar PM10 sebagai proksi PM2.5, padahal kedua partikel ini punya karakteristik berbeda. Mereka juga tidak melibatkan variasi iklim mikro yang mungkin memperburuk efek polutan tersebut.

Penelitian Handiny dan Hermawati (2018) juga mencatat korelasi antara PM2.5 dan pneumonia, tetapi tidak menjelaskan secara rinci bagaimana suhu rendah atau kelembapan tinggi bisa memperparah dampak toksik PM2.5 pada saluran napas balita. Begitu juga dengan penelitian Wellid et al. (2024), yang lebih menyoroti hubungan antara konsentrasi PM2.5 dengan jumlah kasus infeksi saluran pernapasan di beberapa wilayah Kota Bandung, namun belum membahas secara khusus faktor individu seperti status gizi atau ventilasi rumah yang juga dapat memengaruhi risikoterjadinya pneumonia.

Karena berbagai kendala ini menjadikan penyusunan tindakan yang benar benar tepat sasaran menjadi sulit. Hal ini juga disebabkan karena di setiap wilayah punya karakteristik lingkungan, iklim, dan kepadatan populasi yang berbeda beda. Atas dasar ini perlunya dilakukan pendekatan yang lebih dalam dan menyeluruh untuk memahami hubungan antara berbagai faktor risiko pneumonia pada balita terutama di tengah perkembangan wilayah perkotaan karena urbanisasi dan perubahan iklim saat ini.

Penelitian studi literatur ini mencoba mengisi celah dari penelitian sebelumnya dengan menganalisis dan mengkaji secara bersama antara paparan PM2.5, iklim mikro, kondisi lingkungan, dan kondisi biologis tubuh balita. Dan menekankan pentingnya faktor pendukung lain untuk mencegah pneumonia pada balita seperti edukasi pentingnya ASI eksklusif, kecukupan nilai gizi dan vitamin terutama vitamin A, dan pentingnya imunisasi terutama imunisasi campak, hal hal tersebut dapat digunakan sebagai merancang strategi pencegahan yang lebih efektif.

Namun demikian, sebagai studi literatur penelitian ini tidak menghasilkan data primer baru. Peran penelitian ini terletak pada menyatukan berbagai sumber sehingga di dapatkan informasi yang lebih rinci dan lengkap dan menggabungkan berbagai aspek yang selama ini jarang dibahas bersama antara PM2.5, iklim mikro, dan pneumonia pada balita.

Hasil analisis pada penelitian ini tetap layak dijadikan acuan dalam menyusun kebijakan kesehatan masyarakat yang lebih menyeluruh dan menggabungkan berbagai aspek dan faktor risiko lainnya supaya menghasilkan upaya penurunan kasus pneumonia pada balita dan meminimalisir makin tingginya faktor penyebab paparan PM2.5 diudara.

Selain itu, penting untuk dicatat bahwa paparan PM2.5 pada balita seringkali terjadi bersamaan dengan faktor kerentanan lain seperti gizi buruk, kepadatan hunian, sanitasi yang kurang memadai, serta keterbatasan akses terhadap layanan kesehatan. Interaksi antar faktor ini menciptakan efek berlapis yang membuat balita lebih sulit pulih saat terinfeksi pneumonia. Oleh karena itu, strategi pencegahan sebaiknya tidak hanya berfokus pada pengendalian polusi, tetapi juga mencakup peningkatan gizi, penyediaan ruang terbuka hijau, perbaikan ventilasi rumah, serta akses yang lebih merata terhadap imunisasi dan layanan kesehatan dasar.

Lebih jauh, penelitian mengenai hubungan PM2.5 dengan pneumonia pada balita perlu dikembangkan dengan pendekatan interdisipliner yang menggabungkan ilmu kesehatan masyarakat, lingkungan, kedokteran anak, dan ilmu sosial. Dengan pendekatan interdisipliner ini, faktor risiko yang kompleks dapat dipetakan lebih jelas dan solusi yang ditawarkan akan lebih tepat sasaran. Misalnya, pemetaan spasial konsentrasi PM2.5 yang dipadukan dengan data epidemiologi pneumonia balita dapat membantu pemerintah menentukan wilayah prioritas intervensi.

Ada banyak faktor yang saling terkait yang menyebabkan pneumonia di daerah perkotaan, termasuk paparan PM2.5, serta kondisi lingkungan di satu atau lebih tempat tinggal. Kolaborasi lintas sektor diperlukan untuk melakukan pencegahan, dan tidak dapat dilakukan oleh satu lembaga atau badan saja. Selain pengaruh Particulate Matter 2.5 (PM2.5) sebagai salah satu risiko kesehatan pernapasan utama bagi balita, faktor iklim mikro misalnya dalam kondisi suhu rendah dan kelembapan tinggi juga mempercepat perkembangan risiko pneumonia akibat perpanjangan durasi polutan aktif di udara dan kondisi yang mendukung perkembangan bakteri penyebab penyakit pneumonia. Oleh karena itu, kerja sama yang erat antara pemerintah, tenaga kesehatan, masyarakat, dan sektor pendidikan diperlukan untuk menyediakan lingkungan yang lebih sehat bagi balita. Polusi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran limbah harus ditangani dengan serius untuk mengurangi polusi PM2.5 di udara.

Di sisi lain, meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak negatif paparan jangka panjang terhadap PM2.5 dan kemampuan kondisi suhu dan kelembapan udara dalam mempengaruhi efeknya pada sistem pernapasan balita merupakan faktor lain yang perlu dipertimbangkan pada tahap ini. Pelatihan tentang pentingnya ventilasi rumah, pengurangan sumber polusi di rumah, gizi yang baik, pemberian ASI eksklusif, dan akses imunisasi yang merata harus dikembangkan secara berkelanjutan

Selain itu, faktor perubahan iklim global juga perlu diwaspadai. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu ekstrem, serta kejadian cuaca yang tidak menentu dapat mempengaruhi konsentrasi polutan udara dan dinamika penyebaran penyakit infeksi saluran pernapasan. Jika tidak diantisipasi, kombinasi antara perubahan iklim dan polusi udara perkotaan berpotensi memperburuk beban pneumonia balita di masa depan. Oleh karena itu, kebijakan kesehatan masyarakat harus disinergikan dengan kebijakan mitigasi perubahan iklim dan perencanaan tata kota yang ramah lingkungan.

Melalui berbagai upaya pendekatan yang melibatkan berbagai faktor dan berdasarkan bukti dari berbagai penelitian sebelumnya, misalnya penelitian Gilang et. al (2024), Salsabila dan Sari (2025) Handiny dan Hermawati (2018), serta Wellid et al. (2024), diharapkan angka kejadian pneumonia pada balita di wilayah perkotaan dapat ditekan secara signifikan. Sehingga pertumbuhan dan Kesehatan balita terutama yang tinggal di wilayah berisiko dapat tetap optimal dan segala kendala dapat terselesaikan dengan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan informasi yang diperoleh selama proses analisis literatur, telah diidentifikasi bahwa Particulate Matter (PM2.5) merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan risiko pneumonia pada anak di bawah lima tahun (balita), karena ukuran yang sangat kecil, PM2.5 dapat menembus paru-paru hingga ke alveoli, menyebabkan peradangan atau inflamasi, kerusakan pada membran mukosa sistem pernapasan, dan penurunan sistem imun, yang berkontribusi pada kerentanan terhadap bakteri dan virus, termasuk *Streptococcus pneumoniae* penyebab pneumonia. Terjadinya peningkatan kadar PM2.5 di beberapa kota besar seperti Jakarta, Padang, juga sejalan dengan peningkatan kasus pneumonia pada balita, terutama di daerah padat penduduk yang minim ruang terbuka hijau. Efek PM2.5 yang ditambah oleh unsur iklim mikro (suhu rendah, kelembapan, dan curah hujan yang tidak teratur) serta proses biologis yang memicu gangguan saluran pernapasan dan penurunan respons imun, semua faktor ini berkontribusi pada kerentanan terhadap pneumonia pada balita.

Selain faktor lingkungan, terdapat sejumlah faktor tambahan yang ditemukan memiliki kecenderungan untuk mengurangi risiko pneumonia pada balita, seperti status gizi yang baik, pemberian ASI eksklusif, pemberian vitamin A, dan imunisasi campak. Faktor-faktor ini berperan besar dalam perlindungan biologis saluran pernapasan balita dan pemeliharaan sistem kekebalan tubuh balita. Edukasi menyeluruh harus dilakukan untuk mengurangi kasus pneumonia pada balita, khususnya di daerah perkotaan. Fokus utama harus diarahkan pada kegiatan seperti pendidikan kesehatan masyarakat, peningkatan akses ke layanan kesehatan, perbaikan kualitas lingkungan di rumah dan lingkungan sekitar, terutama di lingkungan perkotaan yang lebih rentan terhadap pneumonia dan paparan PM2.5. Kualitas hidup balita di Indonesia, terutama di kota-kota, dapat ditingkatkan dengan melakukan upaya yang relevan dan berkelanjutan. Dengan adanya upaya bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan mendukung bagi pertumbuhan dan perkembangan balita. Hal ini merupakan landasan yang penting bagi generasi mendatang untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik ditengah urbanisasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Gilang, A. M., Kusnoputranto, H., dan Ariyanto, J. (2024). Korelasi polusi udara dengan insiden pneumonia balita di DKI Jakarta pada tahun 2017–2020. <https://doi.org/10.47650/jpp.v7i1.1071>
- Greenberg, M. I. (2022). Environmental policy and public health. <https://conferences.unusa.ac.id/index.php/NCU2020/article/download/621/306>
- Handiny, F., dan Hermawati, E. (2018). Paparan PM2.5 terhadap kejadian pneumonia pada balita di kawasan pemukiman industri dan non industri Kota Padang. <https://jik.stikesalifah.ac.id/index.php/jurnalkes/article/download/91/pdf>
- Husodo, T., Rosada, K. K., dan Fitriani, N. (2022). Ekologi (Edisi ke-4, Cet. 1). Tangerang Selatan: Universitas Terbuka. <https://www.ut.ac.id> (e-ISBN: 978-623-312-554-3)
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023, November 9). Pemerintah berkomitmen turunkan kasus kematian akibat pneumonia. <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilismedia/20231109/0644214/pemerintah-berkomitmen-turunkan-kasus-kematian-akibat-pneumonia/>
- Khreis, H., Kelly, C., Tate, J., Parslow, R., Lucas, K., dan Nieuwenhuijsen, M. (2020). Urban air pollution and child health: A review on exposure pathways and health effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 7104925. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7104925/>
- Kusnoputranto, H. (2018). Dampak polusi udara terhadap kesehatan anak. <http://repo.htp.ac.id/id/eprint/293/5/2.%20BUKU%20KESEHATAN%20LINGKUNGAN.pdf>
- Notoatmodjo, S. (2020). Ilmu perilaku kesehatan dan lingkungan. https://repository.its.ac.id/81550/7/05111540000177-Undergraduate_Thesis.pdf
- Rahman, S., Ahmad, N., dan Ali, M. (2025). Associations between ambient PM2.5 levels and children's pneumonia and asthma during the COVID-19 pandemic in Greater Jakarta. <https://doi.org/10.5334/aogh.4623>
- Rochmad, S., Soenhadji, S., dan Utomo, S. W. (2022). Pencemaran lingkungan (Edisi ke-4, Cet. 1). Tangerang Selatan: Universitas Terbuka. <https://www.ut.ac.id> (e-ISBN: 978-623-312-554-3)
- Salsabila, D., dan Sari, M. (2025). Analisis Spasial Faktor Risiko Pneumonia Balita di Kota Jakarta Barat Tahun 2023.

- <https://journals.uima.ac.id/index.php/jikm/article/view/3704>
- Save the Children Indonesia. (2021). Modul Posyandu 1: Pencegahan dan Perlindungan Pneumonia pada Anak. <https://stopppneumonia.savethechildren.or.id/wp-content/uploads/2021/06/modul-posyandu-1-pencegahan-dan-perlindungan.pdf>
- Suryawan, A., Puspitasari, D., Prasetyo, R. V., Wangunhardjo, G., dan Budiman, S. (2019). The Impact of climate change in children health: Risks and responses (Naskah Buku Sebelum Diedit). Surabaya: IDAI Cabang Jawa Timur - CV Prima Media. Tersedia pada: https://repository.unair.ac.id/124015/6/%5BC.%2021%5D%20Penyunting%20Buku_The%20Impact%20of%20Climate%20Change.pdf
- Universitas Andalas. (n.d.). Bahan buku pneumonia balita. <http://repo.unand.ac.id/46281/1/bahan%20buku%20UNAND%2006%20pneumonia%20balita.pdf>
- Utami, H. T., dan Windraswara, R. (2019). Hubungan curah hujan dengan kejadian pneumonia pada balita di Kota Semarang. Higeia (jurnal kesehatan). <https://journal.unnes.ac.id/sju/higeia/article/view/31063/14685>
- Wellid, I., Simbolon, L. M., Falahuddin, M. A., Nurfitriani, N., Sumeru, K., bin Sukri, M. F., dan Yuningsih, N. (2024).
- Evaluasi Polusi Udara PM2.5 dan PM10 di Kota Bandung serta Kaitannya dengan Infeksi Saluran Pernafasan Akut. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.128-136>
- World Health Organization. (2022). Pneumonia. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>