

Potensi Risiko Paparan PM_{2.5} pada Balita di Wilayah Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur

Potential Risk of Exposure to PM_{2.5} in Infants in Rawa Terate Village, Cakung District, East Jakarta

Rismawati Pangestika⁽¹⁾, Faizal Rifki Praditya⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka Jakarta

Korespondensi Penulis: Rismawati Pangestika, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu – Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka Jakarta
Email: rismawati_pangestika@uhamka.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan indeks data penyakit pada Puskesmas Rawa Terate Kota Administrasi Jakarta Timur, angka kejadian ISPA untuk kelompok umur dibawah 5 tahun dan menduduki peringkat kedua dari sepuluh besar penyakit. ISPA menjadi perhatian yang cukup serius dalam upaya menekan angka kejadian penyakit ISPA di kelurahan tersebut, salah satunya dengan mengetahui risiko paparan PM_{2.5} pada indoor maupun outdoor di pemukiman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat paparan PM_{2.5} indoor dan outdoor terhadap anak-anak di wilayah Jakarta Timur. Penelitian ini menggunakan studi deskriptif kuantitatif melalui perhitungan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Populasi dalam penelitian ini adalah semua populasi yang beresiko yaitu populasi yang bertempat tinggal (bermukim) pada kelompok balita. Jika nilai $RQ > 1$ maka dikategorikan tidak aman, sedangkan nilai $RQ \leq 1$ dikategorikan aman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Balita yang mengalami keluhan gangguan pernapasan sebanyak 35,5% sedangkan balita yang tidak mengalami sebanyak 64,4%. Kadar debu PM_{2.5} pada tiga titik pengukuran adalah Titik I rata rata 51,6 µg/m³, Titik II rata-rata 55,5 µg/m³, dan Titik III rata-rata 62 µg/m³. Tingkat risiko (RQ) paparan PM_{2.5} secara rata-rata masih tergolong aman ($RQ \leq 1$) untuk indoor, sedangkan tingkat risiko paparan PM_{2.5} di outdoor kategorinya tidak aman. Beberapa pemukiman masih memiliki risiko tidak aman akibat paparan PM_{2.5} sehingga strategi pengelolaan pemantauan kualitas udara diperlukan untuk menurunkan risiko gangguan kesehatan pada masyarakat.

Kata kunci: Balita, Gangguan Pernapasan, PM_{2.5}, ARKL

ABSTRACT

Based on the disease data index at the Rawa Terate Community Health Center, East Jakarta City, the incidence of Acute Respiratory Infection (ARI) for the age group under 5 years old is ranked second out of the top ten diseases. ARI is a serious concern in efforts to reduce the incidence of ARI in the village, one of which is by knowing the risk of exposure to PM_{2.5} indoors and outdoors in residential areas. The purpose of this study was to determine the level of health risks due to indoor and outdoor PM_{2.5} exposure to children in the East Jakarta area. This study used a quantitative descriptive study through the calculation of Environmental Health Risk Analysis (EHRA). The population in this study were all at-risk populations, namely the population residing (settling) in the toddler group. If the RQ value > 1 is categorized as unsafe, while the RQ value ≤ 1 is categorized as safe. The results showed that 35.5% of toddlers experienced complaints of respiratory problems while 64.4% of toddlers did not experience complaints. The PM_{2.5} dust levels at three measurement points were Point I with an average of 51.6 µg/m³, Point II with an average of 55.5 µg/m³, and Point III with an average of 62 µg/m³. The risk level (RQ) of PM_{2.5} exposure is still considered safe ($RQ \leq 1$) for indoor use, while the risk level of PM_{2.5} exposure in the outdoor area is considered unsafe. Some settlements still have an unsafe risk due to PM_{2.5} exposure, so an air quality monitoring management strategy is needed to reduce the risk of health problems in the community.

Keywords: Toddler, PM_{2.5}, Risk assessment

PENDAHULUAN

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta secara rutin melakukan pemantauan kualitas udara ambien dan menetapkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang di dalamnya terdapat tentang baku mutu udara ambien. ISPU merupakan gambaran kondisi mutu udara pada Lokasi tertentu yang didasarkan pada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Nilai ISPU didapatkan dari alat pemantau kualitas udara otomatis (*Air Quality Monitoring System / AQMS*) yang dipasang pada 5 lokasi, yaitu Senayan, Kebon Jeruk, Jagakarsa, Lubang Buaya, dan Kelapa Gading sehingga dapat digambarkan kualitas udara pada 5 wilayah kota administrasi Jakarta (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2020).

Polusi udara dapat menyebabkan kerusakan sel tubuh, termasuk penyakit jantung dan paru-paru sampai diabetes dan demensia, serta masalah kesehatan lainnya yaitu gangguan pada hati, kerusakan kulit, gangguan kesuburan, janin maupun gangguan perkembangan anak-anak (Kautsar & Herlinda, 2021). Salah satu polutan udara yaitu Particulate material (PM) yang dapat berukuran 10 μm , 2,5 μm dan 1 μm , dimana PM yang lebih kecil dapat lebih beracun dan dapat terhirup ke lobus bawah paru-paru. Anak-anak sangat rentan terhadap polusi udara PM karena efek buruknya terhadap fungsi dan perkembangan paru-paru. Berdasarkan Profil Kesehatan Indonesia tahun 2020 cakupan penemuan kasus ISPA berada pada 34,8% dari target yang telah ditentukan nasional sebesar 80% dan mengalami penurunan dari tahun sebelumnya sebesar 52,9%. (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2021). Berdasarkan indeks data penyakit pada Puskesmas Rawa Terate Kota Administrasi Jakarta Timur tahun 2021, angka kejadian ISPA yaitu 823 kasus untuk kelompok umur dibawah 5 tahun dan menduduki peringkat kedua dari sepuluh besar penyakit di wilayah kerja Puskesmas Rawa Terate Kota Administrasi Jakarta Timur. Dengan banyaknya kejadian penyakit ISPA menjadi perhatian yang cukup serius dalam upaya menekan angka kejadian penyakit ISPA di

kelurahan tersebut, salah satunya dengan mengetahui risiko paparan PM_{2.5} pada indoor maupun outdoor di pemukiman.

Konsentrasi PM di luar ruangan berkaitan dengan emisi lalu lintas, sedangkan konsentrasi PM di dalam ruangan berkaitan dengan laju ventilasi dan kepadatan penghuni. Asupan PM_{2.5} harian kronis anak-anak prasekolah secara signifikan lebih tinggi daripada orang dewasa. Selain itu, angka bahaya akibat paparan PM_{2.5} menunjukkan risiko kesehatan yang signifikan bagi anak-anak prasekolah (Yu et al., 2019). Analisis secara konsisten menunjukkan nilai risiko yang lebih tinggi untuk anak-anak dibandingkan dengan orang dewasa, terutama untuk infeksi pernapasan, perkembangan paru-paru yang tidak normal, asma, dan kematian bayi. Temuan ini menunjukkan bahwa anak-anak lebih rentan terhadap risiko kesehatan yang terkait dengan logam beracun di PM_{2.5} dan PM₁₀ melalui paparan inhalasi (Wang et al., 2021). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat paparan PM_{2.5} *indoor* dan *outdoor* terhadap balita di wilayah Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur.

SUBYEK DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk melihat risiko kesehatan non-karsinogenik pada balita di pemukiman wilayah Kelurahan Rawa Terate, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh ibu yang memiliki anak balita yang berada di wilayah kerja puskesmas Rawa Terate, sedangkan sampel penelitian yaitu 99 orang dengan kriteria ibu yang memiliki balita untuk dapat diwawancara mengenai informasi antropometri, status gizi, Riwayat gangguan atau penyakit pernapasan dan aktivitas balita berkaitan dengan risiko paparan PM_{2.5}. Perhitungan dengan metode ARKL melalui 4 tahap yaitu 1) Identifikasi Bahaya, 2) Analisis Dosis Respon, 3) Analisis Paparan dan 4) Karakterisasi Risiko. Tahap lanjutan jika karakterisasi risiko berpotensi tidak aman (Nilai hitung $RQ > 1$), maka akan dilakukan pengelolaan risiko. Berikut rumus perhitungan ARKL yang digunakan dalam penelitian:

Analisis Dosis Respon:

$$RfC = \frac{C \cdot R \cdot f \cdot D_t}{W_b \cdot t_{av2}} \text{ mg/m}^3$$

Penilaian Intake:

$$I_{nk} = \frac{C \cdot R \cdot t_E \cdot f_E \cdot D_t}{W_b \cdot t_{av2}}$$

Perhitungan Tingkat Risiko:

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfC}$$

Keterangan:

I_{nk} (Intake)	: jumlah konsentrasi PM _{2,5} (mg/kg/hari)
C (Concentration)	: konsentrasi PM _{2,5} pada udara (mg/m ³)
R (Rate)	: laju inhalasi atau volume udara yang terhirup (m ³ /jam)
t_E (Time of exposure)	: lama terjadinya paparan setiap hari (jam/hari)
f_E (Frequency of exposure)	: jumlah hari terjadi paparan setiap tahun (hari/tahun)
D_t (Duration time)	: jumlah tahun terjadinya paparan (tahun)
W_b (Weight of body)	: berat badan responden (kg)
t_{AVG} (time average)	: periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogenik (hari)
RQ (Risk Quotient)	: tingkat risiko efek dari pajanan PM _{2,5}

RfC (Reference Concentration) : nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi

Tingkat risiko dikatakan aman dinyatakan dengan $RQ \leq 1$, sedangkan tingkat risiko dikatakan tidak aman dinyatakan dengan $RQ > 1$ sehingga diperlukan strategi pengelolaan risiko.

HASIL

A. Karakteristik Responden

Analisis univariat dilakukan untuk menentukan gambaran dari setiap variabel penelitian. Analisis univariat ditunjukkan dengan jumlah frekuensi dari setiap variabel penelitian. Hasil analisis univariat dinyatakan sebagai berikut.

1. Umur

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Umur Balita

Umur	N	%
0 – 23 Bulan	34	34,3
24 – 60 Bulan	65	65,7
Total	99	100

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa distribusi responden balita yang memiliki kategori umur 24 – 60 bulan sebanyak 65 orang (65,7%) lebih banyak dibandingkan dengan responden balita yang memiliki kategori umur 0 – 23 bulan sebanyak 34 orang (34,3%).

2. Jenis Kelamin

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin Balita

Jenis Kelamin	N	%
Laki-laki	56	56,6
Perempuan	43	43,4
Total	99	100

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa distribusi responden berdasarkan jenis kelamin balita berjenis kelamin laki-laki sebanyak 56 orang (56,6%) lebih banyak dibandingkan dengan responden balita yang berjenis kelamin Perempuan sebanyak 43 orang (43,4%).

3. Status Gizi

Tabel 3. Distribusi Responden Berdasarkan Status Gizi Balita

Status Gizi	N	%
Normal	70	70,7
Tidak Normal	29	29,3
Total	99	100

Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan bahwa responden balita yang memiliki status gizi normal sebanyak 70 orang (70,7%) lebih banyak dibandingkan dengan responden balita yang memiliki status gizi tidak normal sebanyak 29 orang (29,3%).

4. Keluhan Gangguan Pernapasan

Tabel 4. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jenis Keluhan Gangguan Pernapasan

Keluhan Gangguan Pernapasan	Ya		Tidak		Total	
	n	%	n	%	n	%
Batuk	45	45,5	54	54,5	99	100
Pilek	57	57,6	42	42,4	99	100
Nafas Berbunyi	6	6,1	93	93,9	99	100
Sesak Nafas	3	3	96	97	99	100

Berdasarkan Tabel 4. menunjukkan bahwa jenis keluhan gangguan pernapasan balita paling banyak adalah pilek sebanyak 57 balita (57,6%) dan paling sedikit adalah sesak nafas sebanyak 3 balita (3%).

Tabel 5. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Adanya Keluhan Gangguan Pernapasan

Keluhan Gangguan Pernapasan	n	%
Ya	35	35,4
Tidak	64	64,6
Total	99	100

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa responden yang tidak mengalami gangguan pernapasan sebanyak 64 orang (64,6%) lebih banyak dibandingkan responden balita yang mengalami gangguan pernapasan sebanyak 35 orang (35,4%).

5. Riwayat Penyakit Pernapasan

Tabel 6. Distribusi Frekuensi Berdasarkan Riwayat Penyakit Pernapasan Balita

Riwayat Penyakit Pernapasan	Ya		Tidak		Total	
	n	%	n	%	n	%
ISPA	17	17,2	82	82,8	99	100
Pneumonia	0	0	99	100	99	100
Asma	3	3	96	97	99	100

Berdasarkan Tabel 6. menunjukkan bahwa balita yang memiliki riwayat penyakit pernapasan paling banyak yaitu Infeksi Saluran Akut (ISPA) sebanyak 17 balita (17,2%), Asma sebanyak 3 balita (3%), dan Pneumonia sebanyak 0 balita (0%).

Tabel 7. Distribusi Responden Berdasarkan Riwayat Penyakit Pernapasan Balita

Riwayat Penyakit	n	%
Ya	20	20,2
Tidak	79	79,8
Total	99	100

Berdasarkan Tabel 7. menunjukkan responden balita yang tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan sebanyak 79 orang (79,8%) lebih banyak dibandingkan dengan responden balita yang memiliki riwayat penyakit pernapasan sebanyak 20 orang (20,2%).

B. Potensi Risiko Paparan PM_{2.5}1. Konsentrasi PM_{2.5}**Tabel 6. Kadar Debu PM_{2.5} Di RW 03 Kelurahan Rawa Terate**

Titik Pengukuran	Konsentrasi PM _{2.5} (µg/m ³)	Baku Mutu	Jumlah Balita
I	51,6	≤55	37
II	55,5	µg/m ³	39
III	62	m ³	23
Jumlah			99

Berdasarkan Tabel 6. menunjukkan bahwa kadar debu PM_{2.5} paling rendah berada di Titik I sebesar 51,6 µg/m³ dengan 37 balita, Titik II sebesar 55,5 µg/m³ dengan 39 balita, dan paling tinggi di Titik III sebesar 62

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan 23 balita, sehingga dapat dikatakan bahwa titik II dan III melebihi nilai baku mutu ($>55 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

2. Analisis Dosis Respon

Nilai *RfC* pada penelitian ini diturunkan dari rumus *intake* karena belum adanya nilai *default* untuk *RfC* $\text{PM}_{2.5}$. Nilai konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ diambil dari baku mutu berdasarkan PP RI Nomor 22 Tahun 2021 yaitu sebesar $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.055 \text{ mg}/\text{m}^3$ untuk rata-rata 24 jam). Nilai *R* menggunakan nilai *default* laju inhalasi pada anak-anak yaitu $0.5 \text{ m}^3/\text{jam}$. Waktu pajanan harian (*tE*) yaitu 21 jam/hari, frekuensi pajanan (*fE*) yaitu 365 hari/tahun, dan durasi pajanan (*Dt*) selama 5 tahun. Berat badan (*Wb*) menggunakan rata-rata berat badan pada anak Indonesia yaitu sebesar 15 kg. Nilai periode waktu rata-rata balita (*t_{avg}*) adalah 5 tahun x 365 hari/tahun, sehingga diperoleh nilai *RfC* $\text{PM}_{2.5}$ adalah sebesar $0,1055 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$.

3. Analisis Pajanan $\text{PM}_{2.5}$

Tabel 7. Rata-rata Pola Aktivitas Balita

Variabel	Indoor	Outdoor
<i>t_E</i> (jam/hari)	21	2
<i>f_E</i> (hari/tahun)	7	7
<i>D_t</i> (bulan)	21	21

Berdasarkan Tabel 7. menunjukkan bahwa rata-rata waktu paparan dalam ruangan (*indoor*) selama 21 jam per hari misalnya di kamar, ruang keluarga dan ruang tamu. Sedangkan rata-rata waktu paparan luar ruangan (*outdoor*) selama 2 jam per hari. Frekuensi aktivitas balita pada pemukiman tentu dihitung sama yaitu selama 7 hari baik *indoor* maupun *outdoor*. Durasi pajanan biasanya diukur dalam tahun, maka dalam kasus ini dikonversi dalam bulan dengan rata-rata yaitu 21 bulan.

Tabel 8. Analisis Pajanan $\text{PM}_{2.5}$

Variabel	Rata-rata
<i>Intake Indoor</i>	0,3178
<i>Intake Outdoor</i>	0,0098

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa *intake* $\text{PM}_{2.5}$ *indoor*

sebesar $0,3178 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$ dan $\text{PM}_{2.5}$ *outdoor* sebesar $0,0098 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$.

4. Karakteristik Risiko

Tabel 9. Tingkat Risiko (RQ) Pajanan $\text{PM}_{2.5}$

Lokasi	%	Kategori RQ	Tingkat Risiko
Outdoor	0	$\text{RQ} \leq 1$	Aman
	100	$\text{RQ} > 1$	Tidak Aman
Indoor	60,6	$\text{RQ} \leq 1$	Aman
	39,4	$\text{RQ} > 1$	Tidak Aman

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa nilai tingkat risiko (RQ) pajanan $\text{PM}_{2.5}$ secara rata-rata menunjukkan risiko aman ($\text{RQ} \leq 1$) untuk indoor sebanyak 69% lokasi rumah, sedangkan 33% dikategorikan tidak aman ($\text{RQ} > 1$). Lokasi outdoor 100% tidak aman ($\text{RQ} > 1$).

DISKUSI

Konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ merupakan salah satu polutan yang menjadi indeks standar pencemar udara (ISPU), dimana $\text{PM}_{2.5}$ merupakan debu partikulat yang dalam konsentrasi yang tinggi dapat memberikan dampak paparan kronis yang merugikan kesehatan pernapasan anak (Fang et al., 2021). Berdasarkan hasil perhitungan risiko paparan $\text{PM}_{2.5}$ didapatkan hasil bahwa Lokasi outdoor dinilai tidak aman secara 100% untuk aktivitas balita, sedangkan pada lokasi indoor terdapat 39,4% yang dinilai aman untuk aktivitas balita. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi outdoor dengan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ yang tinggi memiliki potensi risiko gangguan pernapasan terhadap balita. Penelitian Othman et al., (2022) menjelaskan bahwa konsentrasi PM di dalam ruangan memiliki rata-rata perbedaan 2,5%-5% dibandingkan dengan konsentrasi di luar ruangan. Korelasi yang signifikan ditunjukkan antara konsentrasi di dalam ruangan dan di luar ruangan sehingga konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ dalam ruangan tergantung masukan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ dari luar ruangan. Penyebaran konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ juga dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama kecepatan angin, dimana ketika $\text{PM}_{2.5}$ terhirup oleh anak-anak memiliki potensi risiko yang lebih besar dibandingkan orang dewasa (Harr et al., 2022).

Aktivitas di luar ruangan dalam jangka waktu yang lama dapat memberikan risiko paparan PM_{2,5} yang lebih tinggi, misalnya dalam jangka waktu lebih dari 6 jam sangat berdekatan dengan sumber polutan udara. (Rahmadini & Haryanto, 2020) Selain itu, orang yang terpajan konsentrasi PM_{2,5} dalam waktu yang lama memiliki risiko untuk mengalami gangguan kesehatan sebanyak 1,174 kali lipat dibandingkan orang yang minim pajanan PM_{2,5}. (Arba, 2019). Semakin lama berada di luar ruangan dengan kondisi polutan udara yang tinggi, maka memiliki risiko mengalami gangguan pernapasan karena ikut menghirup polutan udara (Pangestika & Wilti, 2021). Beberapa hal perlu diperhatikan untuk meminimalkan risiko kesehatan bagi karyawan, antara lain menjaga berat badan dan nutrisi, mengatur waktu paparan, dan mengurangi tingkat konsentrasi agen risiko (Ihsan et al., 2023).

Paparan lingkungan dalam ruangan diakui sebagai jalur risiko kesehatan yang signifikan, berkontribusi lebih dari 80% terhadap risiko non-karsinogenik dan lebih dari 83% terhadap risiko karsinogenik, terutama karena aktivitas dalam ruangan yang berkepanjangan. Temuan ini menyoroti kebutuhan mendesak akan intervensi kesehatan masyarakat yang terarah dan strategi pengelolaan kualitas udara dalam ruangan, yang berfokus pada pengurangan paparan terhadap sumber polusi utama dan adaptasi ruang hidup untuk mengurangi masuknya polutan luar ruangan yang berbahaya (Ji et al., 2025). Paparan PM_{2,5} yang tinggi meningkatkan risiko berbagai jenis penyakit seperti penyakit kardiovaskular dan pernapasan, kanker paru-paru, diabetes, depresi, dan lainnya. Selain itu, masalah kesehatan yang muncul seperti lahir mati, hipertensi, dan penyakit Alzheimer juga diduga terkait dengan paparan PM_{2,5} (Sukiman et al., 2023).

Konsentrasi polutan udara yang tinggi dan melebihi baku mutu seringkali meningkatkan risiko gangguan pernapasan dan memiliki korelasi dengan kebisingan serta kondisi lalu lintas. Temuan ini menggarisbawahi potensi perlunya intervensi perkotaan yang terarah untuk mengurangi paparan lingkungan di antara populasi rentan, seperti kelompok balita (Nassrabadi et al., 2025). Paparan PM_{2,5} akut memberikan dampak buruk pada fungsi paru-paru anak-

anak, dan anak-anak dengan asma berat lebih rentan terhadap peningkatan paparan PM_{2,5}. Dampak paparan PM_{2,5} akut bervariasi di berbagai negara (Zhang et al., 2023). Oleh karena itu diperlukan mitigasi dalam pengendalian pencemaran udara agar kualitas lingkungan dan kualitas kesehatan masyarakat menjadi lebih baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat 35,4% balita yang mengalami gangguan pernapasan dan terdapat 20,2% balita yang memiliki riwayat penyakit pernapasan, dimana sebanyak 62,63% balita berada pada lingkungan dengan konsentrasi PM_{2,5} melebihi baku mutu. Hasil perhitungan karakteristik risiko paparan PM_{2,5} terhadap balita menunjukkan 100% lingkungan *outdoor* dinilai tidak aman dan 39,4% lingkungan *indoor* dinilai tidak aman untuk aktivitas balita. Hasil studi ini dapat dikembangkan dengan memperkirakan tingkat risiko hingga beberapa tahun ke depan, menghubungkan konsentrasi PM_{2,5} dengan parameter udara lainnya serta menghubungkan dengan pola aktivitas masyarakat yang lebih spesifik lagi misalnya berkaitan dengan pemukiman dan pekerjaan. Selain itu, penting untuk menerapkan kebijakan pengendalian polusi yang terarah dan efektif untuk mengurangi polusi udara dan untuk mengintensifkan strategi manajemen kualitas udara, dengan penekanan khusus pada menjaga kesehatan anak-anak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Lemlitbang UHAMKA yang telah memberikan fasilitas dalam penelitian ini juga kepada pimpinan Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan UHAMKA dan Program Studi Kesehatan Masyarakat, serta semua pihak yang membantu dalam pengambilan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arba, S. (2019). Konsentrasi Respirable Debu Particulate Matter (PM_{2,5}) dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Pemukiman Sekitar PLTU. *PROMOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(V), 178–184.
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. (2020). Laporan Akhir (Januari-Desember) Pemantauan Kualitas Udara Tahun Anggaran 2020 (Issue 67).

- Fang, B., Zeng, H., Zhang, L., Wang, H., Liu, J., Hao, K., & Zheng, G. (2021). Toxic metals in outdoor/indoor airborne PM_{2.5} in port city of Northern, China: Characteristics, sources, and personal exposure risk assessment. *Environmental Pollution*, 279.
- Harr, L., Sinsal, T., Simon, H., Konter, O., Dreiseitl, D., Schulz, P., & Esper, J. (2022). PM_{2.5} exposure differences between children and adults. *Urban Climate*, 44.
- Ihsan, I. M., Oktvia, R., Anjani, R., & Zahroh, N. F. (2023). Health risk assessment of PM_{2.5} and PM₁₀ in KST Health risk assessment of PM_{2.5} and PM₁₀ in KST BJ Habibie, South Tangerang, Indonesia. 6th International Symposium on Green Technology for Value Chains 2022 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1201. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012033>
- Ji, W., Zeng, J., Zhao, K., & Liu, J. (2025). Source apportionment and health-risk assessment of PM_{2.5}-bound elements in indoor / outdoor residential buildings in Chinese megacities. *Building and Environment*, 267(PA), 112250. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112250>
- Kautsar, M. F., & Herlinda, O. (2021). Air Pollution CISDI Report 2021. 74.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). Profil Kesehatan Indonesia 2020. In Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Nassrabadi, M. N., Faridi, S., Naddafi, K., Yunesian, M., & Hahad, O. (2025). Street children exposure to ambient fine particulate matter - noise : an exposure assessment and health risk analysis study. *Environmental Sciences Europe*, 37(112).
- Othman, M., Latif, M. T., Nadrah, N., Naim, M., Mazrah, S., Mohamed, S., Sahani, M., Wahab, M. I. A., Hafizal, H., Hamid, A., & Mohamed, A. F. (2022). Children's exposure to PM_{2.5} and its chemical constituents in indoor and outdoor schools urban environment. 273(March).
- Pangestika, R., & Wilti, I. R. (2021). Karakteristik Risiko Kesehatan Non-Karsinogenik Akibat Paparan PM_{2.5} di Tempat-Tempat Umum Kota Jakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), 7–14.
- Rahmadini, A. D., & Haryanto, B. (2020). Dampak Paparan Particulate Matter 2,5 (PM_{2.5}) terhadap gejala Penyakit Paru Obstruktif (PPOK) Kronis Eksaserbasi Akut pada Pekerja di Pelabuhan Tanjung Priok 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(1), 17–26.
- Sukiman, T., Ueda, K., Sujaritpong, S., & Praekunatham, H. (2023). Health Impacts from PM_{2.5} Exposure Using Environmental Epidemiology and Health Risk Assessment : A Review. *Applied Environmental Research-Research for Sustainable Planet*, 45(3).
- Wang, X., Xu, Z., Su, H., Ho, H. C., Song, Y., Zheng, H., & Hossain, M. Z. (2021). Ambient particulate matter (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) and childhood pneumonia : The smaller particle, the greater short-term impact ? *Science of The Total Environment*, 772(June).
- Yu, K., Lee, Y., & Chen, Y. (2019). exposure and the resultant health risk of preschool children and their caregivers. *Toxic/Hazardous Substances and Environmental*, 54(May).
- Zhang, Y., Guo, Z., Zhang, W., Li, Q., Zhao, Y., Wang, Z., & Luo, Z. (2023). Effect of Acute PM_{2.5} Exposure on Lung Function in Children : A Systematic Review and Meta- Analysis. *Journal of Asthma and Allergy*, 6965. <https://doi.org/10.2147/JAA.S405929>