

Analisis Risiko Lingkungan Akibat Paparan PM₁₀ dan PM_{2.5} Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima di Kota Bandung

Rizki Muliawan^{1*}, Nani Yuningsih¹, Abdullah Muiz Mubarak¹, Sumeru¹, Sugiyarto¹, M Akmal¹

¹*Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung Barat 40559, Jawa Barat*

**Email: rizki.muliawan@polban.ac.id*

Abstrak

Pencemaran udara PM₁₀ dan PM_{2.5} yang berasal dari kendaraan bermotor di kawasan perkotaan berdampak negatif terhadap kesehatan, terutama pedagang kaki lima (PKL). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} serta menilai tingkat risiko kesehatan menggunakan metode Risk Quotient (RQ) terhadap PKL di dua lokasi di Kota Bandung, yaitu Jalan Dipati Ukur dan Jalan Lengkong Kecil. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Pengukuran langsung menggunakan alat PM Counter HT-9600 pada tiga titik di tiap lokasi selama empat hari. Jumlah sampel terdiri dari 36 pedagang di lokasi 1 dan 31 pedagang di lokasi 2. Rata-rata PM₁₀ dan PM_{2.5} di lokasi 1 lebih tinggi, yaitu 44,01 µg/m³ dan 39,71 µg/m³ dibandingkan dengan Lokasi 2 sebesar 29,20 µg/m³ dan 26,23 µg/m³. Keduanya masih memenuhi baku mutu PP No. 22/2021. Nilai ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) untuk PM₁₀ dan PM_{2.5} untuk Lokasi 1 adalah 47,01 dan 80,34, sedangkan lokasi 2 sebesar 39,60 dan 63,44 (kategori Baik hingga Sedang). Nilai Intake PM₁₀ dan PM_{2.5} di Lokasi 1 adalah 0,0473 mg/kg/hari dan 0,0397 mg/kg/hari, sedangkan di Lokasi 2 sebesar 0,0286 mg/kg/hari dan 0,0263 mg/kg/hari. Sebanyak 21 pedagang di Lokasi 1 memiliki RQ PM₁₀ > 1 dan 29 pedagang RQ PM_{2.5} > 1, yang menunjukkan kategori tidak aman. Sebaliknya, seluruh responden di Lokasi 2 memiliki RQ ≤ 1 (kategori aman). Upaya mitigasi terhadap dampak polusi udara adalah pemantauan kualitas udara secara rutin dan penggunaan masker N95.

Kata kunci: Kota Bandung; PKL; PM₁₀ dan PM_{2.5}; risk quotient

PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan di perkotaan dan meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor menyebabkan pencemaran udara yang cukup mengkhawatirkan (Marzuki & Chaerul, 2021). World Health Organization (WHO, 2022) menyatakan bahwa lebih dari 90% populasi dunia tinggal di wilayah yang kualitas udaranya tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Polutan yang berperan besar terhadap penurunan kualitas udara adalah partikel partikulat seperti PM₁₀ dan PM_{2.5} (*Particulate Matter*). Partikel dengan ukuran di bawah 10 µm sampai 2.5 µm ini berpotensi masuk ke dalam sistem

pernapasan dan menyebabkan iritasi atau gangguan kesehatan (Safaat, 2021). Pada tahun 2023, kualitas udara di Kota Bandung di ambang batas sedang, yaitu dengan nilai ISPU berada di kisaran 51-99 (Diskominfo Kota Bandung, 2023). Penyebab utama kualitas udara di Kota Bandung yang sedang tersebut 70% berasal dari kendaraan bermotor. Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan sejalan dengan meningkatnya kepadatan penduduk akan semakin memperburuk kondisi ini. Jumlah kendaraan di Bandung meningkat dari 651 ribu unit pada 2005 menjadi 1,57 juta unit pada 2020 (BPS, 2023). Emisi kendaraan tersebut memberikan kontribusi signifikan terhadap risiko kesehatan masyarakat, termasuk meningkatnya kasus Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Wellid, dkk., 2024).

Kelompok masyarakat yang bekerja di ruang terbuka, seperti pedagang kaki lima (PKL), memiliki risiko tinggi terhadap dampak polusi udara karena terpapar langsung oleh emisi kendaraan. Penelitian oleh Sembiring (2020) di Jakarta Barat menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap $PM_{2.5}$ meningkatkan risiko gangguan pernapasan pada PKL. Wulandara, dkk., (2016) juga menemukan hubungan signifikan antara pajanan PM_{10} dan gangguan kesehatan pada PKL di Semarang. Kelompok rentan lainnya meliputi pengguna jalan, petugas lalu lintas, penyapu jalan, pedagang asongan, dan anak jalanan (Supriyanto, 2014). Berdasarkan penelusuran referensi, penelitian yang menyajikan korelasi konsentrasi antara PM_{10} dan $PM_{2.5}$ udara ambien dengan pedagang kaki lima di wilayah kota Bandung belum tersedia. Studi literatur terdahulu seperti Sembiring (2020) dan Wulandari, dkk., (2016) umumnya masih terbatas pada analisis risiko fraksi tunggal serta berfokus pada satu koridor mikro-lingkungan yang homogen. Untuk mengisi *research gap* tersebut, penelitian ini sengaja memilih Jalan Dipati Ukur dan Jalan Lengkong Kecil karena keduanya merepresentasikan karakteristik spasial-fungsional dan pola temporal aktivitas yang kontras. Jalan Dipati Ukur merupakan pusat pendidikan dan bisnis yang padat lalu lintas sepanjang hari, sedangkan Jalan Lengkong Kecil merupakan pusat kuliner malam. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif melalui analisis ARKL dua fraksi partikulat secara simultan, pembuktian matematis korelasi faktor antropometri (berat badan) terhadap variasi nilai *intake*, serta perumusan batas durasi pajanan aman yang spesifik bagi PKL di Kota Bandung sebagai basis strategi pengelolaan risiko lokal.

Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa analisis risiko dua fraksi partikulat secara simultan dengan pendekatan komparatif pada dua koridor jalan yang memiliki karakteristik aktivitas kontras. Selain itu, studi ini mengintegrasikan analisis korelasi antropometri terhadap tingkat asupan serta merumuskan batas durasi pajanan aman yang spesifik sebagai basis strategi pengelolaan risiko lokal. Menurut Peraturan Daerah No. 4 Tahun 2011, PKL didefinisikan sebagai pelaku usaha mikro yang berjualan di fasilitas umum seperti trotoar atau jalan. Pada penelitian ini dipilih dua lokasi kaki lima, yaitu di Jalan Dipati Ukur dan Jalan Lengkong Kecil di Kota Bandung, di mana kedua kawasan tersebut memiliki aktivitas kendaraan yang padat dan populasi PKL yang tinggi. Jalan Dipati Ukur dikenal sebagai kawasan pendidikan dan pusat bisnis, sementara Jalan Lengkong Kecil terkenal sebagai pusat kuliner jalanan (Natalia & Rohmawati, 2017; Fadillah, dkk., 2022). Namun, studi mengenai risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada PKL di dua lokasi ini belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan akibat paparan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada pedagang kaki lima di kedua lokasi tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tingkat risiko untuk kelompok rentan tersebut. Berdasarkan data dari penelitian ini, pihak yang berwenang, yaitu pemerintah daerah Kota Bandung dapat melakukan upaya mitigasi paparan udara ambien PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada pedagang kaki lima. Jadi dapat disimpulkan, meskipun beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji risiko paparan polusi udara pada pedagang kaki lima, terdapat *research gap* yang nyata di mana studi literatur seperti Sembiring (2020) dan Wulandari, dkk., (2016) umumnya masih terbatas pada analisis risiko fraksi tunggal serta berfokus pada satu koridor mikro-lingkungan yang homogen. Untuk mengisi celah ilmiah tersebut, penelitian ini sengaja memilih Jalan Dipati Ukur dan Jalan Lengkong Kecil sebagai lokasi studi karena keduanya

merepresentasikan karakteristik spasial-fungsional dan pola temporal aktivitas yang sangat kontras di Kota Bandung. Jalan Dipati Ukur dipilih sebagai representasi pusat pendidikan dan bisnis yang padat lalu lintas sepanjang hari, sedangkan Jalan Lengkong Kecil dipilih sebagai representasi pusat kuliner jalanan yang intensitas aktivitasnya bergeser pada sore hingga malam hari. Kontribusi baru dari penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif melalui analisis ARKL dua fraksi partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$) secara simultan, pembuktian matematis korelasi faktor antropometri (berat badan) terhadap variasi nilai intake di lingkungan dengan tingkat polusi berbeda, serta perumusan target batas aman pajanan lokal yang aplikatif untuk manajemen risiko. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan akibat paparan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada pedagang kaki lima di kedua lokasi tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tingkat risiko serta rekomendasi mitigasi untuk kelompok rentan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk menilai potensi risiko kesehatan akibat pajanan partikel udara PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada pedagang kaki lima (PKL) di dua kawasan padat lalu lintas di Kota Bandung, yaitu Jalan Dipati Ukur dan Jalan Lengkong Kecil. Pemilihan lokasi didasarkan pada intensitas aktivitas PKL di tepi jalan yang memiliki risiko tinggi terhadap paparan polusi dari emisi kendaraan bermotor. Pemantauan kualitas udara ambien dilakukan pada tiga titik di masing-masing lokasi, sesuai dengan SNI 19-7119.6-2005, sesuai dengan area strategis, konsentrasi polutan tertinggi, dan arah angin. Pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ dan PM_{10} dilakukan menggunakan *Particulate Counter* HT-9600 selama empat hari (Senin, Selasa, Sabtu, dan Minggu) pada pukul 07.00–17.30 WIB, dengan interval pencatatan setiap 30 menit. Nilai rata-rata dari seluruh titik pemantauan digunakan untuk merepresentasikan kondisi kualitas udara ambien di tiap lokasi. Empat hari pengambilan data tersebut tidak mempresentasikan kualitas udara tahunan pada kedua lokasi tersebut, namun karena pengambilan dilakukan pada saat tidak ada hujan, maka kemungkinan besar konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$ pada saat pengambilan data di atas rata-rata tahunan. Hal ini dikarenakan Kota Bandung termasuk wilayah dengan curah hujan tinggi, di mana pada saat hujan konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di udara akan turun secara drastis. Secara metodologis, terdapat keterbatasan terkait representasi temporal dalam pengumpulan data kualitas udara ambien yang dilaksanakan selama empat hari yang mencakup variasi hari kerja dan akhir pekan. Konsentrasi materi partikulat $PM_{2.5}$ dan PM_{10} di udara ambien bersifat dinamis dan sangat berfluktuasi akibat pengaruh parameter meteorologis makro, seperti curah hujan, pergerakan arah angin, serta variasi musiman. Oleh karena itu, data konsentrasi yang diperoleh dalam penelitian ini tidak ditujukan untuk merepresentasikan profil pajanan tahunan secara mutlak. Pengukuran ini diposisikan sebagai kajian eksploratif atau penilaian sesaat yang penting untuk mengestimasi besaran risiko kesehatan lingkungan pada kondisi beban emisi antropogenik tertinggi, yang bersinggungan langsung dengan jam operasional puncak aktivitas pedagang kaki lima di lokasi studi. Populasi penelitian mencakup seluruh PKL yang beraktivitas di sepanjang jalan utama kedua lokasi, sebanyak 179 orang di Jalan Dipati Ukur dan 155 orang di Jalan Lengkong Kecil. Sampel ditentukan secara *purposive sampling* dengan kriteria telah berdagang minimal satu tahun, diperoleh 36 responden di Lokasi 1 dan 31 responden di Lokasi 2. Selain minimal berdagang lebih satu tahun, pemilihan jumlah responden ini berdasarkan durasi pedagang tersebut berada di lokasi lebih dari 8 jam per hari.

Ukuran sampel ditentukan menggunakan pendekatan *non-probability* sampling dengan teknik *purposive sampling*. Mengingat penelitian ini menerapkan metode ARKL yang berfokus pada estimasi risiko individu kelompok rentan secara spesifik, ukuran sampel tidak ditentukan melalui power analysis statistik untuk generalisasi populasi, melainkan berbasis pemenuhan kriteria inklusi (*criterion-based sampling*). Kriteria inklusi yang ditetapkan secara ketat meliputi: (1) PKL yang

memiliki lapang/tempat berdagang menetap di sepanjang koridor jalan utama lokasi studi, (2) memiliki jam operasional harian melebihi 7 jam, dan (3) telah beraktivitas secara terus-menerus di lokasi tersebut minimal selama satu tahun guna menjamin keterwakilan pajanan kronis. Berdasarkan penyaringan terhadap total populasi yaitu 179 PKL di Lokasi 1 dan 155 PKL di Lokasi 2, diperoleh jumlah sampel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi secara absolut adalah 36 responden di Lokasi 1 dan 31 responden di Lokasi 2. Ukuran sampel berkisar antara 30–40 responden ini representatif untuk studi ARKL mikro-lingkungan pada kelompok pekerja informal sejenis (Sembiring, 2020; Wulandari, dkk., 2016). Nilai konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$ yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yakni $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM_{10} dan $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk $PM_{2.5}$. Selain itu, hasil pengambilan data akan dilakukan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2020. Perhitungan nilai ISPU dinyatakan dengan persamaan (1), yaitu:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (1)$$

Keterangan:

I : ISPU terhitung

I_a : ISPU batas atas

I_b : ISPU batas bawah

X_a : Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b : Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_x : Konsentrasi hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabel 1. Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kategori	Status Warna	Angka Rentang
Baik	Hijau	1-50
Sedang	Biru	51-100
Tidak Sehat	Kuning	101- 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	200 - 300
Berbahaya	Hitam	≥ 301

Pengumpulan data antropometri diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang mencakup informasi mengenai usia, berat badan, lama kerja harian, frekuensi kerja tahunan, serta durasi bekerja. Analisis data dilakukan secara univariat untuk mendeskripsikan karakteristik responden. Selanjutnya, penilaian risiko kesehatan dilakukan dengan pendekatan ARKL yang mencakup empat tahapan utama: identifikasi bahaya, penilaian dosis-respons, penilaian paparan, dan karakterisasi risiko. Analisis pajanan dilakukan untuk menilai potensi efek non-karsinogenik, dengan menghitung nilai *Intake* menggunakan persamaan berikut:

$$I_{nk} = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (2)$$

Keterangan:

I_{nk} : *Intake* agen risiko (mg/kg/hari)

C : Konsentrasi agen risiko pada udara (mg/m^3)

R : laju inhalasi (m^3/jam)

t_E : Waktu pajanan (jam/hari)

f_E : Frekuensi pajanan (hari/tahun)

D_t : Durasi pajanan (tahun)

W_b : Berat badan (kg)

T_{avg} : Periode waktu rata-rata untuk efek non- karsionegenik (365 hari)

Karakterisasi risiko dilakukan dengan membandingkan nilai *Intake* terhadap *Reference Concentration* (RfC) menggunakan persamaan,

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfC} \quad (3)$$

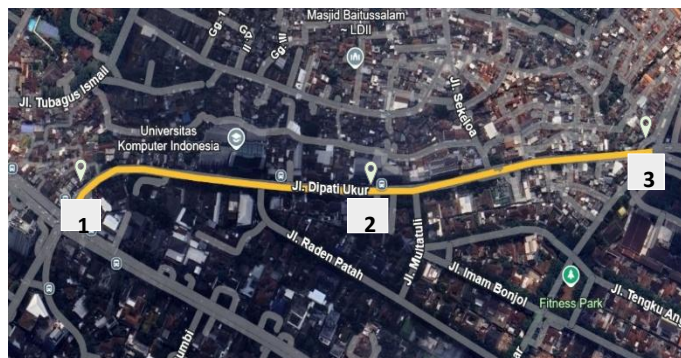
Keterangan:

RQ : *Risk Quotient* (tingkat risiko)

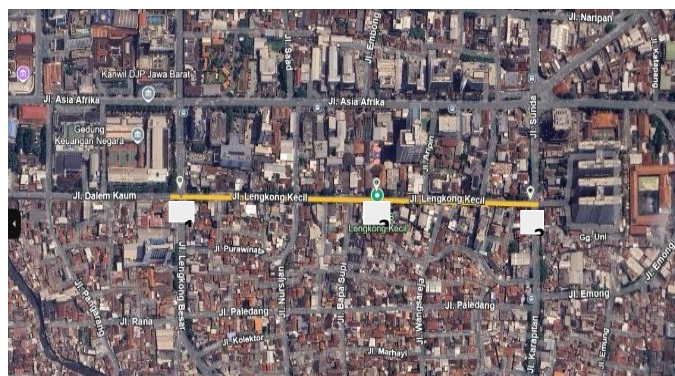
I_{nk} : Nilai *Intake* non-karsinogenik (mg/kg/hari)

RfC : Nilai dosis referensi dari suatu agen risiko (mg/kg/hari)

Nilai *Risk Quotient* (RQ) ≤ 1 menunjukkan risiko yang masih dalam batas aman, sedangkan nilai RQ > 1 menandakan adanya potensi risiko kesehatan, sehingga diperlukan tindak lanjut berupa upaya pengelolaan risiko.



Gambar 1. Titik Pengukuran Konsentrasi PM di Lokasi 1 (Simbol Titik Pemantauan), meliputi Area Simpang Dago, Depan SPBU Dipati Ukur, dan Depan Universitas Padjadjaran. Titik 1 = Simpang Dago; Titik 2 = Depan SPBU Dipati Ukur; dan Titik 3 = Depan Universitas Padjadjaran.



Gambar 2. Titik Penelitian Konsentrasi PM di Lokasi 2 (simbol titik pemantauan), meliputi area persimpangan Jalan Sunda, depan SD 235 Lengkong Kecil, persimpangan antara Lengkong Kecil dan Lengkong Besar. Titik 1 = persimpangan Jalan Sunda; Titik 2 = depan SD 235 Lengkong Kecil; dan Titik 3 = persimpangan Jalan Lengkong Kecil dan Lengkong Besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5}

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} di Lokasi 1 lebih tinggi dibandingkan Lokasi 2, yaitu masing-masing sebesar 44,01 µg/m³ dan 39,71 µg/m³, sedangkan di Lokasi 2 sebesar 29,20 µg/m³ dan 26,23 µg/m³. Hasil tersebut masih berada di bawah ambang batas konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5} yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yakni 75 µg/m³ untuk PM₁₀ dan 55 µg/m³ untuk PM_{2.5}. Berdasarkan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) pada persamaan (1), rata-rata nilai ISPU PM₁₀ di kedua lokasi masih dalam kategori “Baik” (Lokasi 1: 47,01; Lokasi 2: 39,60), sementara nilai ISPU PM_{2.5} berada dalam kategori “Sedang” (Lokasi 1: 80,34; Lokasi 2: 63,44).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5}

Lokasi	C (µg/m ³)		ISPU	
	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}
Lokasi 1	44,01	39,71	47,01 (Baik)	80,34 (Sedang)
Lokasi 2	29,20	26,23	39,60 (Baik)	63,44 (Sedang)

Perbedaan rata-rata nilai ISPU ini menunjukkan bahwa kualitas udara di Lokasi 1 cenderung berisiko lebih tinggi dibandingkan Lokasi 2, dengan ISPU yang lebih mendekati atau melebihi ambang batas kategori “Baik”, terutama pada PM_{2.5}. Meskipun nilai ISPU masih dalam batas yang dapat diterima, paparan rata-rata jangka panjang tetap berpotensi menimbulkan risiko bagi kelompok rentan. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas manusia, volume kendaraan bermotor, serta kondisi meteorologis seperti temperatur, kelembapan, dan kecepatan angin yang dapat memengaruhi dispersi dan akumulasi partikulat (Maksum & Tarigan, 2022). Titik tertinggi konsentrasi partikulat tercatat di area SPBU, berasal dari emisi kendaraan yang keluar masuk serta lokasinya yang berdekatan dengan jalan utama. Temuan ini sejalan dengan penelitian Heidari *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa SPBU yang terletak di area dengan lalu lintas padat memiliki konsentrasi PM yang lebih tinggi. Selain itu, faktor meteorologis juga memengaruhi konsentrasi PM. Kelembapan rendah dan kecepatan angin tinggi dapat meningkatkan penyebaran partikulat, sementara suhu tinggi dapat mempercepat reaksi kimia pembentukan polutan sekunder (Hasan, 2012; Rosalia, dkk., 2018). Data lalu lintas di Lokasi 1 menunjukkan rata-rata kendaraan mencapai 2.090 kendaraan/jam pada pagi hari dan 1.976 kendaraan/jam pada sore hari. Kepadatan ini, terutama di titik-titik kemacetan, berkontribusi terhadap tingginya konsentrasi PM_{2.5} akibat emisi kendaraan yang berhenti dengan mesin menyala. Sebaliknya, Lokasi 2 memiliki konsentrasi yang lebih rendah, sejalan dengan intensitas lalu lintas yang lebih ringan. Kondisi ini menimbulkan risiko kesehatan terutama bagi masyarakat yang beraktivitas di sekitar jalan padat, seperti pengendara, pejalan kaki, petugas lapangan, dan pedagang kaki lima (Haruna, dkk., 2019).

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan langkah awal dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang bertujuan mengenali potensi risiko dari bahan kimia atau polutan yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Dalam penelitian ini, parameter yang diukur adalah PM₁₀ dan PM_{2.5}, yang diketahui memiliki efek non-karsinogenik, terutama menyebabkan gangguan pernapasan pedagang kaki lima (PKL) yang berjualan di lokasi penelitian. Penelitian oleh Gusti, dkk., (2018) menunjukkan bahwa penurunan derajat kesehatan pedagang di Pasar Siteba Kota Padang berkaitan dengan paparan debu PM₁₀ yang tinggi di area tersebut. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Islam *et*

al., (2024) dalam studi mereka di Dhaka, Bangladesh, di mana pedagang kaki lima terpapar PM_{2.5} tingkat tinggi yang berhubungan dengan dampak kesehatan yang merugikan.

Analisis Dosis-Respon

Penilaian dosis-respon merupakan tahapan penting dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk memperkirakan dampak paparan polutan terhadap kesehatan manusia. Proses ini bertujuan memahami hubungan antara besarnya paparan dan potensi timbulnya efek kesehatan, melalui pendekatan kuantitatif menggunakan parameter seperti *Reference Dose* (RfD), *Reference Concentration* (RfC), atau *Slope Factor* (SF) (Basri, dkk., 2014). Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada jalur paparan inhalasi menggunakan nilai RfC. Mengingat US EPA IRIS tidak menetapkan RfC spesifik untuk materi partikulat sebagai senyawa tunggal, nilai RfC yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada nilai referensi yang umum diadopsi dalam studi ARKL di Indonesia (atau sebutkan acuan regulasi lokal jika ada, misalnya: Pedoman ARKL Kemenkes), yaitu sebesar 0,004 mg/m³ dan 0,003 mg/m³ untuk PM_{2.5}. Nilai ini digunakan untuk menghitung *Risk Quotient* (RQ), dengan batas aman $RQ \leq 1$ dan dinyatakan berisiko jika $RQ > 1$ (Moya & Phillips, 2002).

Analisis Paparan

Karakteristik dan pola aktivitas Pedagang Kaki Lima (PKL) berperan penting dalam menentukan tingkat risiko kesehatan lingkungan, khususnya terhadap paparan polusi udara seperti PM₁₀ dan PM_{2.5}. Usia, berat badan, lama kerja harian, frekuensi kerja tahunan, serta durasi bekerja di lokasi merupakan faktor-faktor yang secara langsung memengaruhi risiko paparan yang diterima. Berdasarkan Tabel 3, Karakteristik responden menunjukkan bahwa rata-rata usia PKL di Lokasi 1 (Jalan Dipati Ukur) adalah 40,53 tahun dan di Lokasi 2 (Jalan Lengkong Kecil) sebesar 37,55 tahun. Data usia berdistribusi normal ($p > 0,05$), dan usia merupakan faktor penting karena kapasitas paru menurun seiring bertambahnya usia, meningkatkan risiko terhadap paparan PM₁₀ dan PM_{2.5} (Basri, dkk., 2014; Sari, 2018).

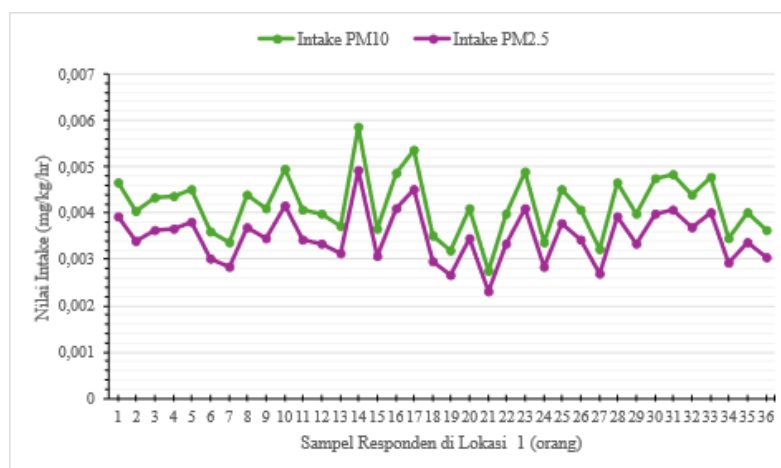
Tabel 3. Karakteristik dan Pola Aktivitas Pedagang Kaki Lima (PKL)

Parameter	Lokasi 1					Lokasi 2				
	Min	Maks	Rerata	SD	P-value	Min	Maks	Rerata	SD	P-value
Usia (tahun)	24	56	40,53	9,623	0,062	22	55	37,55	8,290	0,311
W _b (kg)	50	78	62,33	7,764	0,063	50	72	62,45	6,334	0,258
R (m ³ /jam)	0,83	0,83	0,83	0	-	0,83	0,83	0,83	0	-
t _E (jam/hari)	7	10	8,25	0,770	< 0,001	7	10	8,32	0,791	< 0,001
f _E (hari/tahun)	255	315	288,94	24,665	< 0,001	255	333	275,42	24,055	< 0,001
D _t (tahun)	2	10	5,06	2,190	0,026	2	10	5,81	2,786	0,012

Uji normalitas data pada Tabel 3 dilakukan dengan tujuan metodologis untuk memetakan karakteristik distribusi data antropometri dan pola aktivitas per individu responden. Dalam ARKL, identifikasi normalitas distribusi data ini sangat krusial untuk menentukan nilai proyeksi representatif yang akan disubstitusikan ke dalam persamaan perhitungan nilai asupan non-karsinogenik. Hasil uji menunjukkan bahwa variabel usia dan berat badan berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga penggunaan nilai rerata dalam perhitungan kalkulasi risiko dinilai valid secara statistik untuk mewakili karakteristik kelompok pedagang. Sebaliknya, untuk variabel waktu paparan (t_E), frekuensi paparan (f_E), dan durasi paparan (D_t) yang menunjukkan distribusi tidak normal ($p < 0,001$), pelaporan nilai minimum dan maksimum menjadi acuan penting untuk mengestimasi skenario paparan riil terburuk pada tingkat individu tertentu di lapangan. Rata-rata berat badan responden di Lokasi 1 sebesar 62,33 kg dan di Lokasi 2 sebesar 62,45 kg, keduanya juga berdistribusi normal. Berat badan menjadi komponen penting dalam perhitungan dosis paparan karena individu berbobot lebih rendah

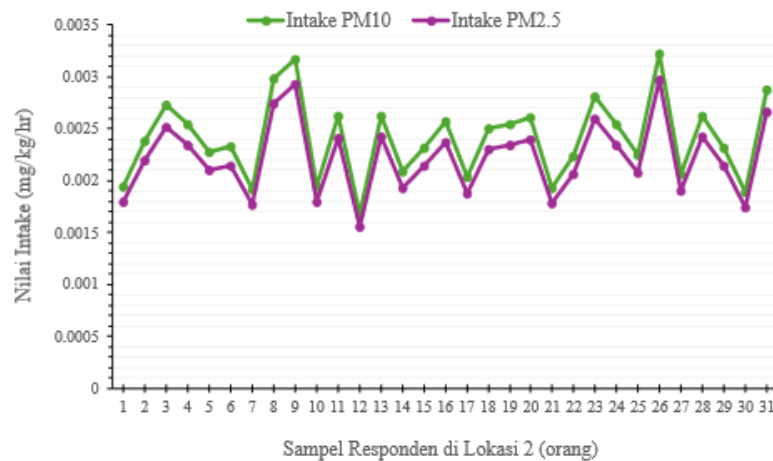
cenderung menerima dosis relatif lebih tinggi dari polutan yang sama (Basri, dkk., 2014). Durasi paparan harian di Lokasi 1 adalah 8,25 jam/hari dan di Lokasi 2 sebesar 8,32 jam/hari. Meskipun tidak berdistribusi normal ($p < 0,001$), nilai tersebut menunjukkan bahwa mayoritas PKL bekerja mendekati atau melebihi batas 8 jam kerja yang direkomendasikan. Dengan demikian, meningkatkan akumulasi paparan polutan (Nukman, dkk., 2005).

Frekuensi kerja tahunan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 288,94 hari di Lokasi 1 dan 275,42 hari di Lokasi 2, yang juga tidak berdistribusi normal. Intensitas kerja yang tinggi ini menunjukkan potensi akumulasi paparan jangka panjang. Rata-rata lama bekerja responden di lokasi saat ini adalah 5,06 tahun (Lokasi 1) dan 5,81 tahun (Lokasi 2), belum mencapai nilai *lifetime exposure* (30 tahun), namun cukup menunjukkan terjadinya pajanan kronis. Durasi kerja yang panjang, terutama dengan status gizi sedang atau rendah, memperbesar kerentanan terhadap dampak polusi udara (Haryoto, 2014). Berdasarkan data karakteristik responden sesuai dengan berat badan, lama kerja harian, frekuensi kerja tahunan, serta durasi bekerja, dilakukan perhitungan nilai *Intake* non-karsinogenik PM_{10} dan $PM_{2.5}$ secara *realtime* menggunakan persamaan (2). Berdasarkan Gambar 3, di Lokasi 1 nilai *Intake* PM_{10} berkisar antara 0,0417 hingga 0,0473 mg/kg/hari, dengan rata-rata tertinggi sebesar 0,0473 mg/kg/hari. Sementara itu, *Intake* $PM_{2.5}$ memiliki rentang antara 0,0371 hingga 0,0426 mg/kg/hari, dengan rata-rata 0,0397 mg/kg/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan PM_{10} umumnya lebih besar dibandingkan $PM_{2.5}$ pada lokasi ini.



Gambar 3. Grafik hasil perhitungan Nilai *Intake* Non Karsinogenik Pedagang Kaki Lima di Lokasi.

Secara matematis, nilai *Intake* berbanding terbalik dengan berat badan (W_b) karena variabel tersebut bertindak sebagai penyebut dalam rumus perhitungan. Oleh karena itu, variasi nilai *Intake* antar pedagang kaki lima (PKL) secara inheren dipengaruhi oleh berat badan mereka. PKL dengan berat badan lebih rendah menunjukkan *Intake* yang lebih tinggi, seperti yang terlihat pada PKL ke-14, 16, dan 23. Berdasarkan Gambar 4, Di Lokasi 2, rata-rata nilai *Intake* PM_{10} tercatat sebesar 0,0286 mg/kg/hari, dengan kisaran antara 0,0280 hingga 0,0319 mg/kg/hari. Sementara itu, *Intake* $PM_{2.5}$ memiliki rerata 0,0263 mg/kg/hari, dengan rentang nilai antara 0,0248 hingga 0,0280 mg/kg/hari. Secara umum, *Intake* PM_{10} lebih tinggi dibandingkan $PM_{2.5}$, serupa dengan pola yang diamati di Lokasi 1.



Gambar 4. Grafik hasil perhitungan Nilai *Intake* Non Karsinogenik Pedagang Kaki Lima di Lokasi 2.

Besarnya nilai *Intake* di lokasi ini turut dipengaruhi oleh berat badan pedagang kaki lima dengan berat badan rendah, seperti nomor 14 dan 16, menunjukkan nilai *Intake* yang lebih tinggi dibandingkan PKL dengan berat badan lebih besar. Selain itu, durasi dan intensitas aktivitas di lokasi yang terpapar juga memengaruhi nilai *Intake*. PKL yang lebih lama terpapar polusi udara atau beraktivitas dekat sumber emisi cenderung memiliki *Intake* yang lebih besar (Suma'mur, 2009; Ambarwati & Ardillah, 2021).

Tabel 4. Hasil Korelasi Nilai Asupan dengan Berat Badan pada Lokasi 1

Variabel	Berat Badan	I _{nk} PM ₁₀	I _{nk} PM _{2.5}
W _b	1	-0,643	-0,634
I _{nk} PM ₁₀	-0,634	1	0,998
I _{nk} PM _{2.5}	-0,634	0,998	1
<i>P-value</i>	-	<0,001	<0,001

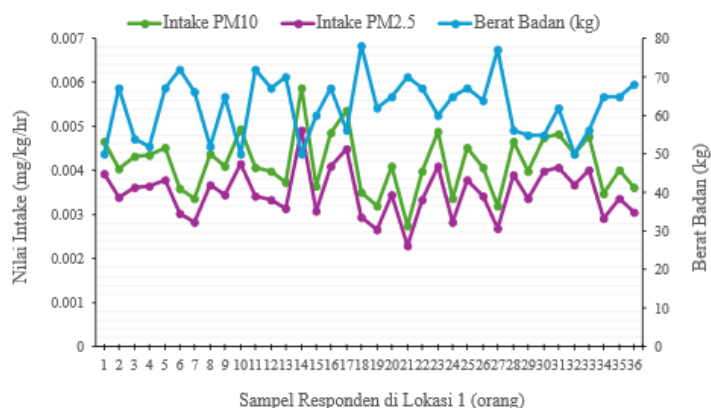
Analisis korelasi di Lokasi 1 menunjukkan hubungan negatif antara berat badan PKL dengan *Intake* PM₁₀ dan PM_{2.5}, masing-masing sebesar -0,643 dan -0,634. Artinya, semakin rendah berat badan seseorang, semakin tinggi nilai *Intake* yang diterima. Sementara itu, hubungan antara PM₁₀ dan PM_{2.5} sangat kuat dengan korelasi positif sebesar 0,998, menunjukkan pola paparan yang serupa. Hasil ini signifikan secara statistik dengan *p-value* < 0,001.

Tabel 5. Hasil Korelasi Nilai Asupan dengan Berat Badan pada Lokasi 2

Variabel	Berat Badan	I _{nk} PM ₁₀	I _{nk} PM _{2.5}
W _b	1	-0,498	-0,502
I _{nk} PM ₁₀	-0,498	1	0,995
I _{nk} PM _{2.5}	-0,502	0,995	1
<i>P-value</i>	-	<0,001	<0,001

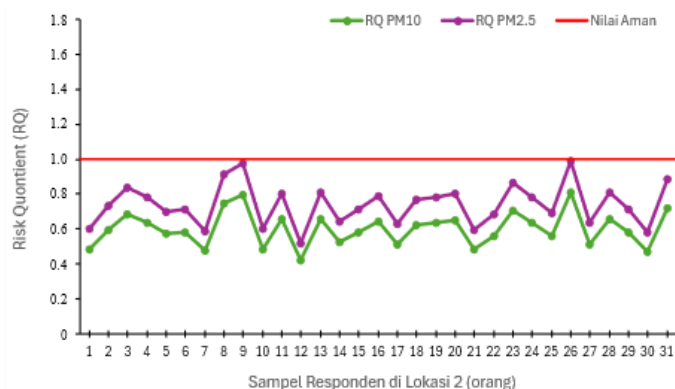
Jika dibandingkan dengan Lokasi 1, pola hubungan antar variabel di Lokasi 2 menunjukkan pola yang serupa, meskipun kekuatan korelasinya sedikit lebih rendah. Di kedua lokasi, terdapat korelasi negatif antara berat badan dengan *Intake* PM₁₀ dan PM_{2.5}, yang menandakan bahwa individu dengan berat badan lebih ringan cenderung memiliki nilai *Intake* yang lebih tinggi. Namun, nilai korelasi di lokasi 1 lebih kuat (-0,643 untuk PM₁₀ dan -0,634 untuk PM_{2.5}) dibandingkan Lokasi 2 (-

0,498 dan -0,502). Ini menunjukkan bahwa pengaruh berat badan terhadap *Intake* lebih dominan di Lokasi 1. Hubungan linier yang sangat kuat antara PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di Lokasi 1 ($r = 0,998$) maupun Lokasi 2 ($r = 0,995$) mengindikasikan adanya homogenitas sumber pencemar yang dominan di kedua wilayah tersebut. Nilai korelasi yang mendekati sempurna ini mencerminkan bahwa fluktuasi konsentrasi kedua fraksi partikulat dikendalikan oleh aktivitas emisi dan kondisi meteorologi yang sama. Hal ini menegaskan bahwa kedua jenis partikel memiliki pola sebaran yang serupa dalam udara ambien, baik di lingkungan dengan tingkat polusi yang lebih tinggi maupun yang lebih rendah. Seluruh hubungan antar variabel tersebut terbukti signifikan secara statistik dengan $p\text{-value} < 0,001$, menandakan bahwa paparan partikulat dan faktor antropometri saling berkaitan dalam memengaruhi tingkat *Intake* pada masing-masing lokasi.



Gambar 5. Grafik Korelasi Nilai *Intake* dengan Berat Badan di Lokasi 1.

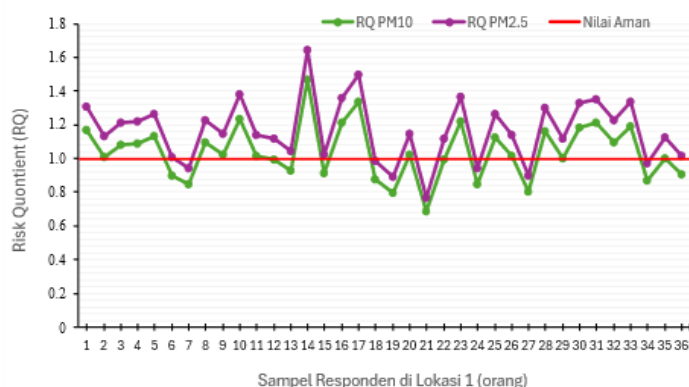
Garis biru yang merepresentasikan berat badan memperlihatkan fluktuasi yang cukup besar, sedangkan garis hijau (*Intake* PM_{10}) dan garis ungu (*Intake* $PM_{2.5}$) tampak menunjukkan arah berlawanan terhadap berat badan. Garis hijau dan ungu juga menunjukkan pola yang serupa, naik dan turun secara bersamaan, yang mendukung temuan bahwa PM_{10} dan $PM_{2.5}$ memiliki hubungan korelatif yang kuat di udara ambien Lokasi 1. Berdasarkan Gambar 6, di Lokasi 2 garis biru yang merepresentasikan berat badan menunjukkan fluktuasi yang lebih stabil dibandingkan Lokasi 1, sementara garis hijau (*Intake* PM_{10}) dan garis ungu (*Intake* $PM_{2.5}$) tampak mengikuti pola yang berlawanan dengan berat badan. Pola ini konsisten dengan temuan di Lokasi 1, yang menunjukkan hubungan negatif antara berat badan dan paparan partikulat. Selain itu, kemiripan pola antara garis hijau dan ungu memperkuat korelasi positif yang kuat antara PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di kedua lokasi. Hal ini mencerminkan karakteristik umum partikel udara ambien yang saling terkait dan berpotensi meningkatkan risiko kesehatan, terutama bagi kelompok rentan seperti individu dengan berat badan rendah, karena individu dengan berat badan lebih tinggi cenderung memiliki cadangan nutrisi yang lebih banyak dan lebih mampu bertahan terhadap dampak paparan (Xing *et al.*, 2016).



Gambar 6. Grafik Korelasi Nilai *Intake* dengan Berat Badan di Lokasi 2.

Karakterisasi Risiko

Tahapan karakterisasi risiko digunakan untuk mengetahui seberapa besar potensi risiko kesehatan yang ditimbulkan dari paparan polutan, dengan membandingkan nilai asupan non-karsinogenik terhadap nilai ambang batas konsentrasi referensi (RfC). Hasil perbandingan ini dinyatakan dalam bentuk *Risk Quotient* (RQ), yang dihitung dengan persamaan (3), dimana nilai ini menggambarkan tingkat ancaman paparan PM₁₀ dan PM_{2.5} terhadap Pedagang Kaki Lima (PKL). Meskipun pengumpulan data kualitas udara ambien dilakukan dalam periode empat hari, nilai RQ dalam penelitian ini diposisikan sebagai hasil pemodelan deterministik untuk mengestimasi potensi risiko kronis. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa konsentrasi rata-rata materi partikulat selama masa sampling merepresentasikan kondisi baseline paparan konstan harian yang diintegrasikan dengan data durasi kerja riil responden secara retrospektif. Karakterisasi risiko yang dihasilkan dengan demikian harus diinterpretasikan sebagai model proyeksi risiko potensial, bukan sebagai penentuan risiko kronis yang bersifat mutlak.

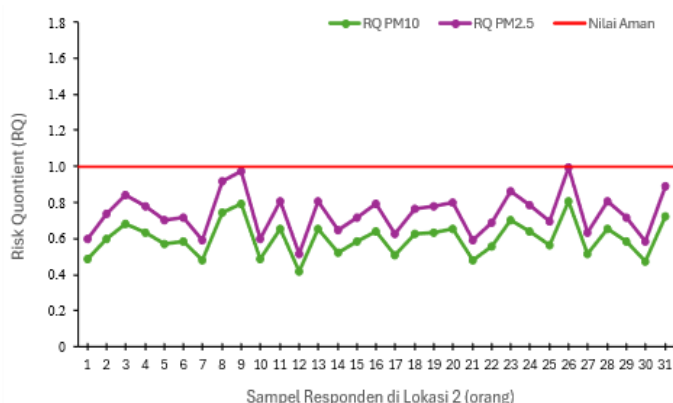


Gambar 7. Grafik Perhitungan Nilai *Risk Quotient* (RQ) di Lokasi 1.

Gambar 7 memperlihatkan distribusi tingkat risiko kesehatan (RQ) pada 36 Pedagang Kaki Lima (PKL) di Lokasi 1. Berdasarkan ambang batas efek non-karsinogenik, nilai $RQ \leq 1$ dianggap masih dalam kategori aman, sedangkan $RQ > 1$ menunjukkan potensi risiko kesehatan. Pada paparan PM₁₀, sebanyak 15 pedagang memiliki nilai RQ antara 0,69–1,00, yang menunjukkan mereka masih dalam batas aman. Sementara itu, 21 pedagang lainnya memiliki nilai RQ antara 1,01–1,47, menandakan adanya potensi risiko. Untuk paparan PM_{2.5}, hanya 7 pedagang dengan nilai RQ dalam

kisaran 0,77–1,00, sedangkan 29 pedagang menunjukkan nilai RQ antara 1,01–1,64, mengindikasikan mayoritas berada pada tingkat risiko yang tidak aman.

Temuan ini menunjukkan bahwa $PM_{2.5}$ memberikan dampak kesehatan yang lebih besar dibandingkan PM_{10} . Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel $PM_{2.5}$ yang lebih kecil dan kemampuannya untuk masuk lebih dalam ke sistem pernapasan hingga ke alveoli. Penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa partikel $PM_{2.5}$ lebih halus dan ringan, sehingga lebih mudah terhirup dan masuk ke dalam aliran darah, meningkatkan potensi efek jangka panjang terhadap kesehatan (Gusnita & Cholianawati, 2019).



Gambar 8. Grafik Perhitungan Nilai *Risk Quotient* (RQ) di Lokasi 2.

Nilai *Risk Quotient* (RQ) pada 31 Pedagang Kaki Lima (PKL) di lokasi 2 dalam paparan non-karsinogenik, nilai $RQ \leq 1$ dianggap aman, sementara nilai di atas 1 menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan. Pada paparan PM_{10} , seluruh PKL memiliki nilai RQ antara 0,42 hingga 0,81. Begitu pula pada paparan $PM_{2.5}$, seluruh nilai RQ berada dalam rentang 0,52 hingga 0,99. Dengan demikian, tidak ditemukan pedagang yang berada dalam kategori risiko, baik untuk PM_{10} maupun $PM_{2.5}$. Apabila dibandingkan dengan Lokasi 1, di mana sebagian besar PKL memiliki nilai $RQ > 1$, Lokasi 2 menunjukkan kondisi yang lebih aman karena seluruh nilai RQ masih di bawah ambang batas. Studi terdahulu, menegaskan paparan jangka panjang terhadap partikel halus seperti PM_{10} dan $PM_{2.5}$ tetap dapat berdampak pada kesehatan, terutama bagi individu yang terpapar terus-menerus (Pipal & Gursmeeran Satsangi, 2015). Perlu dicatat sebagai keterbatasan studi bahwa pengukuran konsentrasi materi partikulat PM_{10} dan $PM_{2.5}$ dalam penelitian ini dilakukan dalam periode singkat (empat hari). Meskipun demikian, perhitungan nilai asupan (*intake*) tetap diproyeksikan untuk estimasi risiko kronis dengan mengintegrasikan data pola aktivitas riil PKL, seperti durasi paparan (Dt) yang rata-rata telah mencapai 5 tahun serta frekuensi pajanan (fE) tahunan yang tinggi. Proyeksi ini mengasumsikan variasi kualitas udara selama pengukuran representatif terhadap kondisi paparan harian PKL di lokasi tersebut. Namun, untuk mendapatkan estimasi risiko kronis yang lebih akurat dan menangkap variasi musiman, penelitian fluktuatif jangka panjang di masa mendatang sangat direkomendasikan.

Pengelolaan Risiko

Hasil analisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ terhadap pedagang kaki lima di Kota Bandung menunjukkan pentingnya upaya perlindungan berdasarkan parameter yang telah dihitung. Dalam perhitungan ini, digunakan berat badan rata-rata pedagang sebesar 62 kg. Nilai ambang batas konsentrasi yang masih dianggap aman ditetapkan sebesar $38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM_{10} dan sebesar $33,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk $PM_{2.5}$.

Tabel 6. Penentuan Batas Aman dalam Strategi Pengelolaan Risiko

Parameter	Nilai Aman	Nilai Aman Ekuivalen
Wb aman	62,22 kg	≈ 62 kg
C _{nk} aman (PM ₁₀)	37,95 µg/m ³	≈ 38 µg/m ³
C _{nk} aman (PM _{2.5})	33 µg/m ³	≈ 33 µg/m ³
tE _{nk} aman	8,28 jam/hari	≈ 8,3 jam/hari
fE _{nk} aman	282,69 hari/tahun	≈ 283 hari/tahun
Dt aman	5,40 tahun	≈ 1972 hari atau 281 minggu

Batas aman durasi paparan harian (tE aman) bagi pedagang adalah 8,3 jam/hari, dengan frekuensi paparan tahunan (fE aman) sebesar 283 hari/tahun. Sedangkan untuk total durasi pajanan (Dt aman) diperkirakan mencapai 5,40 tahun atau setara dengan kurang lebih 1972 hari atau 281 minggu. Menurut Erdinur, dkk., (2021), strategi dalam pengelolaan risiko mencakup beberapa pendekatan, seperti menurunkan konsentrasi polutan hingga berada di bawah ambang batas aman (C aman), membatasi lama waktu terpapar (tE aman), serta mengontrol frekuensi paparan agar tidak melebihi standar aman (fE aman). Penentuan batas aman ini didasarkan pada individu dengan nilai risiko tertinggi (RQ terbesar) dari masing-masing lokasi sebagai representasi terburuk dari kondisi lapangan. Setelah strategi pengendalian risiko ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode pengelolaan risiko. Menurut Kemenkes (2012), metode ini sebaiknya disajikan dalam tabel sederhana agar mudah dipahami, dengan pendekatan yang mempertimbangkan aspek teknologi, sosial ekonomi, dan kelembagaan secara menyeluruh.

Tabel 7. Metode Pengelolaan Risiko

Metode Pengelolaan	Alternatif Pendekatan		
	Teknologi	Sosio-Ekonomi	Institusional
Pengurangan Konsentrasi Polutan	<i>Air Quality Monitoring System</i> (AQMS) (Subekti & Christanto, 2023).	Menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) berupa masker N95 ketika berjualan (CDPD, 2024). Pedagang Kaki Lima dapat pemeriksaan kesehatan Medical Check Up (MCU) di puskesmas setempat.	Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penataan Ruang yang mengatur pengelolaan polusi udara di daerah perkotaan. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) No. P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang standar kualitas udara ambien dan batas konsentrasi polutan.
Pembatasan Durasi Pajanan	Tidak Ada	Penjadwalan ulang durasi aktivitas berdagang sesuai batas waktu aman 8,28 jam/hari	Tidak Ada
Pengaturan Frekuensi Pajanan	Tidak Ada	Penjadwalan ulang untuk frekuensi pedagang yang sesuai dengan batas waktu aman 283 hari/tahun.	Tidak Ada

Meskipun strategi pengelolaan risiko seperti pembatasan jam operasional (menjadi 8,28 jam/hari) dan pengurangan frekuensi kerja (menjadi 283 hari/tahun) secara teoritis efektif menurunkan nilai asupan (*intake*) polutan, implementasi kebijakan ini menghadapi hambatan sosial-ekonomi yang besar di lapangan. Bagi sektor informal seperti PKL, pengurangan waktu kerja berkorelasi langsung dengan penurunan pendapatan harian yang menjadi tumpuan stabilitas ekonomi keluarga. Oleh karena itu, intervensi struktural ini dinilai kurang layak (*less feasible*) untuk diterapkan secara kaku tanpa adanya kompensasi atau insentif ekonomi dari pemerintah daerah. Sebagai alternatif strategi yang

lebih realistis dan memiliki tingkat kelayakan implementasi (*feasibility*) yang tinggi, fokus pengelolaan risiko harus digeser pada perlindungan individu yang bersifat mandiri dan preventif, seperti kewajiban penggunaan masker bersertifikasi (minimal masker medis atau N95) selama beraktivitas. Selain itu, rekayasa lalu lintas untuk mengurangi kemacetan di sekitar area berdagang serta pemeriksaan kesehatan paru secara berkala oleh Puskesmas setempat menjadi solusi yang lebih akseptabel secara sosial dan ekonomi bagi komunitas PKL.

KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa meskipun konsentrasi rata-rata PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di koridor Jalan Dipati Ukur (Lokasi 1) dan Jalan Lengkong Kecil (Lokasi 2) secara administratif memenuhi baku mutu harian nasional (PP No. 22/2021) dengan kategori ISPU "Baik" hingga "Sedang", tingkat polutan di Lokasi 1 secara konsisten lebih tinggi. Disparitas ini berdampak nyata pada karakterisasi risiko kesehatan lingkungan (RQ). Mayoritas pedagang kaki lima (PKL) di Lokasi 1 berada pada kategori tidak aman ($RQ > 1$), terutama akibat paparan kronis $PM_{2.5}$, sedangkan seluruh PKL di Lokasi 2 masih berada dalam zona aman ($RQ \leq 1$). Temuan ini menegaskan bahwa kepatuhan konsentrasi polutan terhadap baku mutu lingkungan makro tidak menjamin perlindungan kesehatan bagi pekerja luar ruangan. Tanpa intervensi, populasi PKL di kawasan padat lalu lintas menghadapi ancaman penurunan fungsi paru, penyakit kardiovaskular, dan gangguan pernapasan kronis dalam jangka panjang. Sebagai langkah mitigasi, pembatasan waktu kerja secara teoritis efektif menekan asupan polutan (batas aman: 8,28 jam/hari dan 283 hari/tahun), namun sulit diimplementasikan karena hambatan sosio-ekonomi yang berpotensi menurunkan pendapatan PKL. Oleh karena itu, strategi pengelolaan risiko jangka pendek yang paling layak diterapkan meliputi intervensi perlindungan individu (kewajiban penggunaan masker N95), pemantauan kualitas udara berkala via AQMS oleh instansi terkait, serta penyediaan fasilitas pemeriksaan kesehatan gratis bagi kelompok pekerja rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, S., dan Ardillah, Y., 2021. *Potensi Risiko Lingkungan Paparan Hidrogen Sulfida Bagi Masyarakat Pinggiran Sungai Tawar Palembang*. Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan. 18(2): 143–154. <https://doi.org/10.31964/jkl.v18i2.337>.
- BPS (Badan Pusat Statistik Kota Bandung). 2023. *Jumlah Total Seluruh Jenis Kendaraan Bermotor Tabel Statistik*. <https://bandungkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTczIzI=/jumlah-total-seluruh-jenis-kendaraan-bermotor.html>.
- Basri, S., Bujawati, E., Amansyah, M., Habibi, H., dan Samsiana, S., 2014. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan)*. Jurnal Kesehatan UIN Alauddin. 7(2): 137478. <https://doi.org/10.24252/kesehatan.v7i2.61>.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDPD). 2024. *N95 Respirators, Surgical Masks, Face Masks, and Barrier Face Coverings*. FDA. <https://www.fda.gov/medical-devices/personal-protective-equipment-infection-control/n95-respirators-surgical-masks-face-masks-and-barrier-face-coverings>.
- Diskominfo Kota Bandung. 2023. *Kualitas Udara Kota Bandung diambang Batas Sedang*. <https://jabarprov.go.id/berita/kualitas-udara-kota-bandung-di-ambang-batas-sedang-10128>.
- Erdinur, E., Muslim, B., dan Zicof, E., 2021. *Risiko Paparan Bahan Pencemar terhadap Pekerja Pengecatan Mobil di Pt steelindo Motor Kota Padang*. Jurnal Sehat Mandiri. 16(1): 105–114. <https://doi.org/10.33761/jsm.v16i1.330>.

- Fadillah, H.N., Desvianda, F., dan Maulana, M.A., 2022. *Strategi Komunikasi Pemasaran Street Food di Jalan Lengkong Kecil Kota Bandung Dalam Menarik Perhatian Pengunjung*. 5.
- Gusnita, D., and Cholianawati, N., 2019. *Pollutant Concentration and Trajectory Patterns of PM_{2.5} including Meteo Factors in Jakarta City*. JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia). 4(3): 152. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v4i3.35028>.
- Gusti, A., Arlesia, A., dan Anshari, L.H., 2018. *Penurunan Derajat Kesehatan Pedagang Akibat Paparan Debu PM₁₀ di Kawasan Pasar Siteba Kota Padang*. Media Kesehatan Masyarakat Indonesia. 14(3): 233. <https://doi.org/10.30597/mkmi.v14i3.4260>.
- Haruna, H., Lahming, L., Amir, F., dan Asrib, A.R., 2019. *Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. UNM Environmental Journals. 2(2): 57. <https://doi.org/10.26858/uej.v2i2.10092>.
- Haryoto, H., 2014. *Fate Gas Amoniak Terhadap Besarnya Resiko Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Surakarta*. Ekosains.
- Hasan, W., 2012. *Pencegahan Keracunan Timbal Kronis Pada Pekerja Dewasa Dengan Suplemen Kalsium*.
- Heidari E.A., Sarkhosh, M., Alidadi, H., Najafpoor, A.A., Esmaily, H., and Shamasara, E., 2024. *Assessing VOC Emissions from Different Gas Stations: Impacts, Variations, and Modelling Fluctuations of Air Pollutants*. Scientific Reports. 14(1): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-67542-4>.
- Islam, Md. S., Zaman, S.U., Islam, Md. S., Roy, S., Yesmin, M., Lung, S.-C. C., and Salam, A., 2024. *Particulate Matter Exposure to Street Vendors In Dhaka City and Associated Health Risk Study*. Air Quality, Atmosphere & Health. <https://doi.org/10.1007/s11869-024-01666-4>.
- Kemenkes (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia). 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, Kementerian Kesehatan RI, Jakarta.
- Maksum, T.S., dan Tarigan, S.F.N., 2022. *Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (Pm_{2.5}) dari Aktivitas Transportasi*. Jambura Health and Sport Journal. 4(1): 19–28. <https://doi.org/10.37311/jhsj.v4i1.13447>.
- Marzuki, I., dan Chaerul, M., 2021. *Pengantar Teknik Lingkungan*. https://www.researchgate.net/publication/354126604_Pengantar_Teknik_Lingkungan.
- Moya, J., and Phillips, L., 2002. *Overview of The Use of The U.S. EPA Exposure Factors Handbook*. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 205(1–2): 155–159. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00142>.
- Natalia, T.W., dan Rohmawati, T., 2017. *Persepsi Pejalan Kaki Terhadap Kondisi Fisik Trotoar Jalan Dipatiukur*.
- Nukman, A., Rahman, A., Warouw, S., Setiadi, M.I., dan Akib, C.R., 2005. *Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi*. Indonesian Journal of Health Ecology. 4(2): 78179. <https://doi.org/10.22435/jek.v4i2>.
- Peraturan Pemerintah RI No. 41. 1999. Retrieved 9 February 2025, from <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/793/191001095748PP%20Nomor%2041%20Tahun%201999%20tentang%20Pengendalian%20Pencemaran%20udara.pdf>.
- Perda (Peraturan Daerah) Kota Bandung No. 4. 2011. *Database Peraturan, JDIH BPK*. <http://peraturan.bpk.go.id/Details/202994/perda-kota-bandung-no-4-tahun-2011>.

- Pipal, A.S., and Gursumeeran Satsangi, P., 2015. *Study of Carbonaceous Species, Morphology and Sources of Fine (PM_{2.5}) and Coarse (PM₁₀) Particles Along With Their Climatic Nature in India*. Atmospheric Research. 154: 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.11.007>.
- Rosalia, O., Wispriyono, B., dan Kusnoputranto, H., 2018. *Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogen Pada Remaja Siswa Akibat Paparan Inhalasi Debu Particulate Matter <2,5 (PM_{2.5})*. Media Kesehatan Masyarakat Indonesia. 14(1): 26. <https://doi.org/10.30597/mkmi.v14i1.2079>.
- Safaat, A.I.F.W., 2021. *Identifikasi Mikroplastik Udara dalam Polutan Total Suspended Particulate (TSP) Jalan Arteri Ddvided di Kota Makassar* <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/9049/>.
- Sari. 2018. *Hubungan Gangguan Pernapasan dengan Faal Paru pada Pekerja Penyapu Jalan di Kota Medan*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/12330>.
- Sembiring, E.T.J., 2020. *Risiko Paparan PM 2,5 di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta*. Jurnal Teknik Lingkungan. 26(1): 101–120. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2020.26.1.7>.
- Subekti, H.T., and Christanto, J., 2023. *The Effect of Community Mobility Changes To Air Quality In Java-Bali During The Early Phase of COVID-19 pandemic*. Sustinere: Journal of Environment and Sustainability. 6(3): 239–250. <https://doi.org/10.22515/sustinerejes.v6i3.219>.
- Suma'mur. 2009. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. <https://perpus.poltekkes-mks.ac.id/opac/detail-opac?id=5803>.
- Supriyanto, I., 2014. *Gangguan Kognitif akibat Polusi Udara Ancaman bagi Generasi Mendatang*. 41(4).
- Wellid, I., Simbolon, L. M., Falahuddin, M. A., Nurfitriani, N., Sumeru, K., Bin Sukri, M. F., dan Yuningsih, N., 2024. *Evaluasi Polusi Udara PM_{2.5} dan PM₁₀ di Kota Bandung serta Kaitannya dengan Infeksi Saluran Pernafasan Akut*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia. 23(2): 128–136. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.128-136>.
- WHO (World Health Organization). 2022. *World Health Day*. <https://www.who.int/indonesia/news/campaign/world-health-day-2022>.
- Wulandari, A., Darundiati, Y. H., dan Raharjo, M., 2016. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter (PM₁₀) pada Pedagang Kaki Lima Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Jalan Kaligawe Kota Semarang)*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. 4(3). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/13481>.
- Xing, Y.-F., Xu, Y.-H., Shi, M.-H., & Lian, Y.-X., 2016. *The Impact of PM_{2.5} on the Human Respiratory System*. Journal of Thoracic Disease. 8(1): E69–E74. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19>.