

ANALISIS RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAPARAN PARTIKEL DEBU (PM_{2.5}) DARI AKTIVITAS TRANSPORTASI

HEALTH RISK ANALYSIS DUE TO EXPOSURE OF DUST PARTICLES (PM_{2.5}) FROM TRANSPORTATION ACTIVITIES

^{1*}Tri Septian Maksum, ²Sylva Flora Ninta Tarigan

^{1*} Bagian Kesehatan Lingkungan, Jurusan Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Gorontalo

² Bagian Administrasi dan Kebijakan Kesehatan, Jurusan Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Gorontalo

Kontak koresponden: triseptian@ung.ac.id

ABSTRAK

Aktivitas transportasi yang tinggi berimplikasi kepada penurunan kualitas udara akibat keberadaan polutan di udara. Salah satu polutan di udara yang sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia yaitu partikel debu berdiameter 2.5 μm (PM_{2.5}). Tujuan penelitian untuk menganalisis tingkat risiko kesehatan akibat paparan partikel debu (PM_{2.5}) dari aktivitas transportasi pada pedagang kaki lima di ruas jalan Kota Gorontalo. Jenis penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Sampel sebanyak 81 responden yang diperoleh menggunakan teknik *proporsional random sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata PM_{2.5} di empat lokasi yaitu area depan kampus UNG 0.01116 mg/m³, area Toko Madina Baru 0.02664 mg/m³, simpang lima Jalan Agus Salim 0.03682 mg/m³, dan Pasar Sentral 0.0144 mg/m³. Nilai *intake realtime* non karsinogenik berturut turut sebesar 1.43e⁻⁴ mg/kg/hari, 9.49e⁻⁴ mg/kg/hari, 6.44e⁻⁴ mg/kg/hari, dan 8.62e⁻⁴ mg/kg/hari. Tingkat risiko pedagang kaki lima akibat paparan PM_{2.5} yaitu tidak berisiko (RQ \leq 1). Disarankan pedagang kaki lima agar tetap memakai masker untuk meminimalisasi potensi bahaya akibat paparan PM_{2.5}.

Kata Kunci: kesehatan; PM_{2.5}

ABSTRACT

High transportation activity has implications for decreasing air quality due to the presence of pollutants in the air. One of the pollutants in the air that is very dangerous to human health is particulate matter with a diameter of 2.5 μm (PM_{2.5}). The purpose of the study was to analyze the level of health risk due to exposure to PM_{2.5} from transportation activities on street vendors on the streets of Gorontalo City. This type of quantitative research uses an environmental health risk analysis (EHRA) approach. A sample of 81 respondents was obtained using proportional random sampling technique. The results showed that the average concentration of PM_{2.5} in four locations, namely the area in front of the UNG campus 0.01116 mg/m³, the Toko Madina Baru area 0.02664 mg/m³, the fifth intersection of Jalan Agus Salim 0.03682 mg/m³, and the Central Market 0.0144 mg/m³. The non-carcinogenic real-time intake values were 1.43e⁻⁴ mg/kg/day, 9.49e⁻⁴ mg/kg/day, 6.44e⁻⁴ mg/kg/day, and 8.62e⁻⁴ mg/kg/day. The level of risk of street vendors due to exposure to PM_{2.5} is not risky (RQ \leq 1). It is recommended that street vendors continue to wear masks to minimize potential hazards due to exposure to PM_{2.5}.

Keywords: health; PM_{2.5}

Pendahuluan

Petumbuhan kegiatan transportasi dapat mempengaruhi penurunan kualitas lingkungan salah satunya berkontribusi terhadap terjadinya pencemaran udara. Polutan utama pencemaran udara meliputi PM, CO, SO₂, H₂S, NO₂, Pb, ozon dan lain-lain (Rosalia et al., 2018, 2018). Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat, yakni berkontribusi sebesar 85% (Alfani, 2021). Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara yaitu dengan dihasilkannya gas CO, NO_x, Hidrokarbon, SO₂, dan *tetraethyl lead*, yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan ke dalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin (P.M.Panjaitan et al., 2011).

Kota Gorontalo menjadi salah satu wilayah dengan peningkatan jumlah transportasi khususnya kendaraan bermotor roda dua selama 5 tahun terakhir (2016-2020) (BPS Kota Gorontalo, 2021). Peningkatan inilah berdampak pada kemacetan lalu lintas dan terjadinya pencemaran udara akibat aktivitas transportasi. Peningkatan aktivitas transportasi seiring dengan aktivitas perdagangan di Kota Gorontalo, dan hal ini menjadi salah satu permasalahan di Kota Gorontalo. Pedagang kaki lima yang berjualan di ruas jalan semakin banyak sehingga membuat kemacetan lalu lintas dan berdampak pada kesehatan pedagang kaki lima akibat terpapar langsung oleh asap kendaraan.

Parameter kualitas udara lain yang sangat berbahaya terhadap kesehatan yaitu *Particulate matter*, yaitu sebuah bentuk pencampuran dari partikel padatan dan droplet cairan yang ditemukan di udara (Sompornrattanaphan et al., 2020). Beberapa partikelnya seperti debu, kotoran, dan asap yang dapat dilihat oleh mata telanjang, sedangkan ukuran yang sangat kecil hanya dapat dideteksi menggunakan mikroskop elektron (Akselerator et al., 2007). *Particulate matter* terdiri dari PM_{1.0}, PM_{2.5}, dan PM₁₀ (Bae & Hong, 2018; Harrison, 2020). PM_{2.5} merupakan partikel halus yang mudah terhirup dengan diameter 2,5 µm atau lebih kecil lagi. Sumber pencemar antropogenik misalnya dari gas buang kendaraan. Di dalam tubuh, partikulat dapat mengendap ke dalam saluran pernapasan melalui beberapa mekanisme fisik seperti sedimentasi, impaksi, difusi, intersepsi dan elektronik presipitasi (Hastiti, 2012).

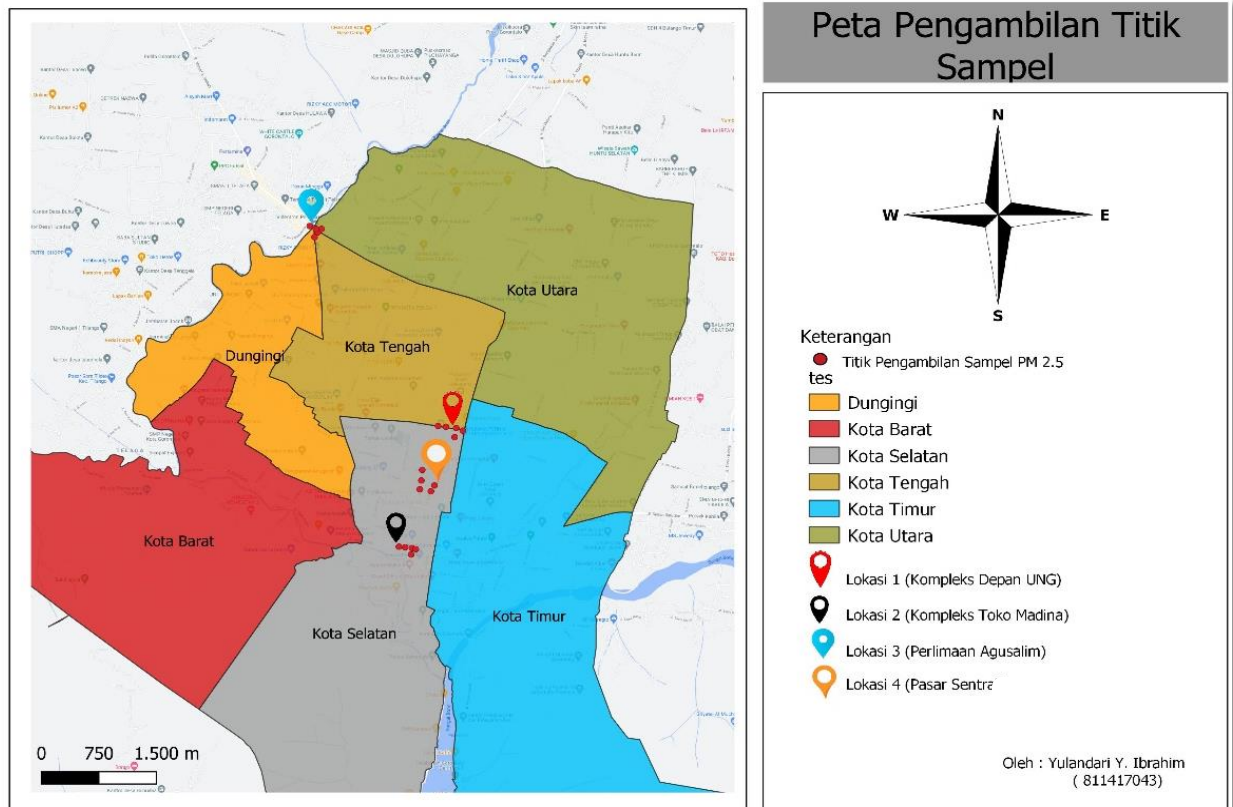
Hasil pemantauan kualitas udara ambien oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Gorontalo menunjukkan kadar PM_{2.5} di Kota Gorontalo masih dibawah standar dari yang telah ditetapkan PP No 41 tahun 1999 yaitu 65 µg/m³. Konsentrasi tertinggi terjadi pada Bulan Desember 2020 yaitu 3.62 µg/m³, sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada Bulan Februari 2021 yaitu 2.61 µg/m³.

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan untuk mencermati potensi besarnya risiko yang dimulai mengidentifikasi bahaya, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut dan menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu dan memberikan pengelolaan risiko yang dibutuhkan (Direktorat Jenderal PP dan PL, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis tingkat risiko kesehatan akibat paparan partikel debu ($PM_{2.5}$) dari aktivitas transportasi pada pedagang kaki lima di ruas jalan Kota Gorontalo.

Metode

Lokasi penelitian bertempat di empat titik lokasi yaitu area depan kampus Universitas Negeri Gorontalo (UNG), area Toko Madina Baru, simpang lima Jalan Agus Salim, dan Pasar Sentral. Lokasi ini dipilih karena menjadi tempat pusat perdagangan dan banyak dilalui oleh kendaraan bermotor. Waktu penelitian mulai dari Bulan Juni-Juli 2021. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Populasi adalah seluruh pedagang kaki lima yang dilalui oleh kendaraan bermotor dan berisiko terpapar $PM_{2.5}$ yaitu sebanyak 102 orang. Sampel diperoleh sebanyak 81 orang yang diperoleh menggunakan rumus slovin dan teknik penarikan sampel menggunakan *proporsional random sampling*. Data dikumpulkan menggunakan instrumen kuesioner, sedangkan pengukuran $PM_{2.5}$ di udara dilakukan dengan menggunakan alat *Aerocet 831 Aerosol Mass Monitor* dan mengacu pada SNI 19-7119.6-2005 tentang metode penentuan pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Data dianalisis menggunakan metode ARKL dengan tahapan kegiatan yakni identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis respon, serta karakterisasi risiko.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Hasil

a. Konsentrasi PM_{2.5} di Udara Ambien Ruas Jalan Kota Gorontalo

Tabel 1. Konsentrasi PM_{2.5} di Udara Ambien Ruas Jalan Kota Gorontalo

Titik Lokasi	Lokasi	Konsentrasi (mg/m³)	NAB (0.065 mg/m³)
Titik I	Area Depan Kampus UNG	0,01116 mg/m ³	Aman
Titik II	Area Toko Madina Baru	0,02664 mg/m ³	Aman
Titik III	Simpang Lima Jalan Agus Salim	0,03682 mg/m ³	Aman
Titik IV	Pasar Sentral	0,0144 mg/m ³	Aman

Sumber : Data Primer, 2021

Berdasarkan table, hasil pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dengan konsentrasi tertinggi di Simpang Lima Jalan Agus Salim (0,03682 mg/m³), sedangkan konsentrasi terendah di Area Depan Kampus UNG (0.01116 mg/m³). Dari hasil pengukuran di atas jika dibandingkan dengan nilai ambang batas menurut PP No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara (65 µg/m³), maka konsentrasi tersebut masih di bawah nilai ambang batas (NAB).

Perbedaan konsentrasi PM_{2.5} disebabkan oleh kondisi meteorologis di titik lokasi, aktivitas manusia serta jumlah kendaraan. Konsentrasi PM_{2.5} dipengaruhi oleh faktor meteorologis seperti suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Hasil pengukuran faktor meteorologis yang mempengaruhi PM_{2.5} dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Parameter Meteorologis

Titik Lokasi	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/s)
Titik I	Area Depan Kampus UNG	36,58	55,3	2,24
Titik II	Area Toko Madina Baru	32,58	65,98	2,06
Titik III	Simpang Lima Jalan Agus Salim	33,6	60,94	1,64
Titik IV	Pasar Sentral	34,98	58,54	1,82

Sumber : Data Primer, 2021

Pengukuran PM_{2.5} dilakukan pada siang hari dengan keadaan cuaca yang cerah. Suhu tertinggi berada pada Titik I yaitu 36,58 °C dan suhu terendah yaitu pada Titik II 32,58 °C. Kelembaban tertinggi berada pada Titik II yaitu 65, 98% dan kelembaban terendah 55,3% (Titik 1). Kecepatan angin tertinggi berada pada Titik I yaitu 2,24 m/s dan yang paling rendah pada Titik IV 1,82 m/s.

b. Analisis Risiko Kesehatan akibat Paparan PM_{2.5} pada Pedagang Kaki Lima

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan.

Tabel 3. Identifikasi Bahaya PM_{2.5}

Identifikasi	Uraian
Agen risiko spesifik	<i>Particulate Matter 2.5</i>
Media lingkungan yang potensial	Udara ambien
Konsentrasi risiko	0.065 ppm
Bahaya kesehatan yang potensial	Efek pajanan jangka pendek berupa reaksi inflamasi paru, gejala gangguan pernapasan, efek perlawanan pada sistem kardiovaskular. Efek pajanan jangka panjang berupa peningkatan gejala gangguan pada sistem pernapasan bagian bawah, penurunan fungsi paru obstruktif kronis, peningkatan penyakit paru obstruktif kronis, penurunan fungsi paru pada orang dewasa, gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin

Analisis Dosis Respon

RfC merupakan dosis suatu agen risiko yang dijadikan referensi untuk nilai aman bagi tubuh pada efek non karsinogenik (Dirjen PP & PL, 2012). Dosis referensi PM_{2.5} belum tersedia dalam daftar IRIS. Penentuan konsentrasi referensi (RfC) untuk PM_{2.5} diturunkan dari nilai baku NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*) yaitu 35 µg/m³ untuk baku mutu PM_{2.5}. Nilai RfC tidak diturunkan dari baku mutu PP 41/1999 karena nilai *default* faktor pemajannya tidak diketahui. Nilai RfC diturunkan sehingga nilai RfC yang digunakan dalam penentuan risiko pajanan PM_{2.5} yaitu sebagai berikut :

$$RfC = \frac{C_{nk} \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$RfC = \frac{0,035 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 24 \frac{jam}{hari} \times 350 \frac{hari}{tahun} \times 30 tahun}{55 kg \times (30 \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$$RfC = \frac{7320,6}{602.250} = 0,01 \frac{mg}{kg} / hari$$

Jadi, nilai RfC untuk penentuan risiko pajanan PM_{2.5} adalah 0,01 mg/kg/hari

Analisis Pajanan PM_{2.5}

Konsentrasi pajanan (*intake*) PM_{2.5} merupakan jumlah konsentrasi *risk agent* yang diterima dan masuk ke dalam tubuh rata-rata sampel per berat badan rata-rata sampel per hari. Melalui perhitungan *intake* dapat diketahui *intake* minimum dan maksimum disesuaikan dengan hasil pengukuran konsentrasi PM_{2.5}. Perhitungan *intake* dibedakan per lokasi untuk pajanan *realtime* atau lama responden bermukim atau melakukan aktivitas di area penelitian. Berikut tabel ringkasan statistik nilai variabel pola aktivitas responden sebagai faktor pemajanan.

Tabel 4. Karakteristik Individu dan Pola Aktivitas Pedagang Kaki Lima di Ruas Jalan Kota Gorontalo

Karakteristik Individu	Nilai			
	Titik I	Titik II	Titik III	Titik IV
Berat Badan (W_b)	59.25 kg	63.95 kg	60.76 kg	55.64 kg
Durasi Pajanan (D_t)	4.06 tahun	10.35 tahun	5.59 tahun	13.04 tahun
Waktu Pajanan (t_E)	7.88 jam/hari	9.45 jam/hari	8.06 jam/hari	10.57 jam/hari
Frekuensi Pajanan (f_E)	312.00 hari/tahun	307.20 hari/tahun	311.00 hari/tahun	318.79 hari/tahun
Laju Inhalasi (R)	0.83 mg/m ³	0.83 mg/m ³	0.83 mg/m ³	0.83 mg/m ³

Sumber : Data Primer, 2021

Intake yang dihitung yaitu *intake* non-karsinogenik secara *realtime*. Pada penelitian ini *intake* non-karsinogenik dihitung untuk pajanan *realtime* atau lama responden bermukim di area penelitian sampai saat penelitian ini dilakukan. Untuk menghitung nilai *intake* PM_{2.5} dengan memasukkan nilai-nilai karakteristik antropometri dan pola aktifitas pada persamaan berikut ini.

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

Berikut hasil perhitungan nilai *intake realtime* PM_{2.5} pada pedagang kaki lima di ruas jalan Kota Gorontalo.

Tabel 5. *Intake Realtime* PM_{2.5} Pada Pedagang Kaki Lima Berdasarkan Titik Lokasi

Titik Lokasi	Lokasi	<i>Intake realtime</i>
Titik I	Area Depan Kampus UNG	1.43e ⁻⁴ mg/kg/hari
Titik II	Area Toko Madina Baru	9.49e ⁻⁴ mg/kg/hari
Titik III	Simpang Lima Jalan Agus Salim	6.44e ⁻⁴ mg/kg/hari
Titik IV	Pasar Sentral	8.62e ⁻⁴ mg/kg/hari

Sumber : Data Primer, 2021

Berdasarkan tabel diketahui bahwa nilai *intake realtime* yang tertinggi pada Titik II dengan nilai $9.49e^{-4}$ mg/kg/hari, dan *intake* terendah di Titik I ($1.43e^{-4}$ mg/kg/hari).

Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko atau *Risk Quotient* (RQ) merupakan penentuan risiko dihitung dengan membandingkan nilai *intake* tiap-tiap responden dengan nilai dosis referensinya (*RfC*) yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RQ = \frac{Intake}{RfC}$$

Apabila nilai $RQ \leq 1$ berarti pemajanan $PM_{2.5}$ masih aman bagi kesehatan manusia, sedangkan apabila nilai $RQ > 1$ berarti pemajanan $PM_{2.5}$ tidak aman bagi kesehatan manusia dan perlu dilakukan pengendalian. Berikut tabel nilai tingkat risiko atau *risk quotient* (RQ) pada setiap titik dengan nilai *intake realtime*.

Tabel 6. Nilai *Risk Quotient* (RQ) *Realtime* pada Setiap Titik Lokasi

Titik Lokasi	Lokasi	<i>Intake Realtime</i> (mg/kg/hari)	RQ	Karakterisasi Risiko
Titik I	Area Depan Kampus UNG	0.000142510	0.01425104	Tidak Berisiko
Titik II	Area Toko Madina Baru	0.000948748	0.09487483	Tidak Berisiko
Titik III	Simpang Lima Jalan Agus Salim	0.000643631	0.06436314	Tidak Berisiko
Titik IV	Pasar Sentral	0.000861979	0.08619789	Tidak Berisiko

Sumber : Data Primer, 2021

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa nilai $RQ \leq 1$ untuk empat titik lokasi artinya tidak berisiko mengalami gangguan kesehatan pada pedagang kaki lima, dimana tingkat risiko paling tinggi di Titik II dengan RQ 0.09487483 dan paling rendah di Titik I dengan nilai RQ 0.01425104.

Pembahasan

Hasil pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ yang dilakukan di ruas jalan Kota Gorontalo menunjukkan tidak melebihi baku mutu jika dibandingkan dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu sebesar $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini disebabkan oleh suhu, kelembaban, serta kecepatan angin yang membawa partikulat di udara menuju ke tempat yang lebih jauh dari sumber pencemar.

Jumlah kendaraan yang melintas, dan titik kemacetan yang berada pada penghubung antar Kota-Kabupaten menjadi penyebab tingginya konsentrasi $PM_{2.5}$ pada Titik III. Hal ini dapat meningkatkan konsentrasi $PM_{2.5}$ karena kendaraan berhenti namun dengan kondisi keadaan mesin masih menyala. Karena kendaraan dapat mengeluarkan zat-zat berbahaya ke udara bebas, salah satunya menyumbang 13-44% *Suspended Particulate Matter* (SPM) (Reffiane et al., 2012).

Titik konsentrasi $PM_{2.5}$ yang tertinggi kedua yaitu pada Titik II sebesar $0,02664 \text{ mg/m}^3$. Hal ini dikarenakan kondisi disekitarnya didominasi oleh wilayah pertokoan. Volume kendaraan di jalan ini juga relatif tinggi terutama pada pukul 11:00-15:00 dengan jenis kendaraan yang melintas didominasi oleh bentor dan motor. Konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat berubah setiap saat, seseorang dapat terpajan melebihi nilai ambang batas (NAB). Rendahnya konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat disebabkan oleh kecepatan angin yang membawa partikulat di udara menuju ke tempat yang lebih jauh dari sumber pencemar sehingga akan menghasilkan nilai konsentrasi yang rendah pada kawasan yang dekat sumber (Ramdan et al., 2018). Selain itu, konsentrasi pencemar sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu dan kelembaban. Suhu udara berpengaruh karena disebabkan adanya reaksi kimia beberapa polutan yang akan berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi (Rosalia et al., 2018).

Intake pajanan $PM_{2.5}$ di udara dihitung secara *realtime*. *Intake* pajanan *realtime* bertujuan untuk menggambarkan besar pajanan yang telah diterima responden dari awal berjualan hingga waktu penelitian. Besar nilai *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi $PM_{2.5}$, laju asupan, frekuensi dan durasi pajanan. Artinya semakin besar nilai tersebut maka semakin besar nilai asupan individual atau populasi yang terpajan sedangkan nilai asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata, artinya semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatan (Djafri, 2014).

Perhitungan tingkat risiko ini merupakan salah satu bagian dari studi ARKL yang dilakukan pada populasi berisiko. Besarnya tingkat risiko diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai *intake* dengan nilai dosis referensi yang diturunkan dari nilai baku NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*). Nilai dosis referensi (*RfC*) untuk $PM_{2.5}$ adalah 0.01 mg/kg/hari . Konsentrasi $PM_{2.5}$ yang terhirup oleh pedagang kaki lima dari udara ambien yang berasal dari emisi kendaraan, mengingat jumlah kendaraan yang melewati area pusat perbelanjaan dan transportasi yang sangat besar.

Studi ARKL ini mengkaji *Risk Quotient* pada pedagang kaki lima yang berada di ruas jalan Kota Gorontalo. Karakteristik risiko dapat ditentukan dengan cara membandingkan nilai *intake* dan nilai dosis *reference* (*RfC*). Apabila nilai $RQ \geq 1$ berarti pajanan $PM_{2.5}$ tersebut memiliki risiko terhadap gangguan kesehatan, sedangkan apabila nilai $RQ \leq 1$ maka pajanan $PM_{2.5}$ masih aman. Jadi, karakteristik risiko bertujuan untuk menetapkan tingkat risiko atau menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada RKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada pedagang. Berdasarkan hasil dari penelitian yang didapat besar risiko dari kondisi *realtime* untuk empat lokasi memiliki nilai $RQ \leq 1$ yang berarti konsentrasi $PM_{2.5}$ tidak berisiko terhadap kesehatan pedagang kaki lima. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Sembiring, 2020) mendapatkan hasil $RQ \leq 1$ pada pedagang kaki lima di bawah *flyover* pasar pagi.

Kesimpulan

Konsentrasi $PM_{2.5}$ di ruas jalan Kota Gorontalo masih di bawah baku mutu berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian dan Pencemaran Udara yaitu $65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ atau $0,065$

mg/m³. Konsentrasi PM_{2.5} tertinggi yaitu 0,03682 mg/m³ (Titik III), sedangkan konsentrasi PM_{2.5} terendah yaitu 0,01116 mg/m³ (Titik I). *Intake realtime* paparan PM_{2.5} dan besar risiko terbesar terdapat di Titik II yaitu sebesar 9,49e⁻⁴ mg/kg/hari dan tingkat risikonya 0.09487483 (RQ ≤ 1) atau masih dalam kategori aman (tidak berisiko non karsinogenik). Walaupun risikonya masih aman untuk paparan *realtime*, akan tetapi pedagang kaki lima disarankan agar tetap memakai masker untuk meminimalisasi potensi bahaya akibat paparan PM_{2.5}.

Referensi

- Akselerator, P., Bahan, P., & Batan, Y. (2007). Kajian Sistem Electrostatic Precipitator Untuk Pengendapan Debu Gas Buang Prayitno, Tunjung Indrati. *Ilmiah Teknologi Akselerator Dan Aplikasinya*, 9.
- Alfani, G. (2021). Pengaruh Gas Hidrogen Dari Larutan Sodium Hidroksida Terhadap Emisi Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Kendaraan Bermotor. *JURNAL SIMETRIK*, 11(1). <https://doi.org/10.31959/js.v11i1.674>
- Bae, S., & Hong, Y. C. (2018). Health effects of particulate matter. *Journal of the Korean Medical Association*, 61(12). <https://doi.org/10.5124/jkma.2018.61.12.749>
- Direktorat Jenderal PP dan PL. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Kementerian Kesehatan.
- Djafri, D. (2014). Prinsip Dan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 8(2). <https://doi.org/10.24893/jkma.8.2.100-104.2014>
- Harrison, R. M. (2020). Airborne particulate matter. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 378, Issue 2183). <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0319>
- Hastiti, L. R. (2012). *Pajanan PM2.5 dan Gangguan Fungsi Paru Serta Kadar Profil Lipid Darah (HDL, LDL, Kolesterol Total, Trigliserida) Pada Karyawan PT. X Kalimantan Selatan*. Universitas Indonesia.
- P.M.Panjaitan, T., Pramudya, B., Manuwoto, & Poerwo, I. F. P. (2011). Pengelolaan Pencemaran Udara Akibat Transportasi Di Kawasan Perumahan Di Pinggiran Metropolitan. *Jurnal Sabua*, 3(1), 1–8.
- Ramdan, I. M., Adawiyah, R., & Firdaus, A. R. (2018). Analisis Risiko Paparan Sulfur Dioksida(SO₂) Terhadap Risiko Non Karsinogenik Pada Pekerja Penyapu Jalan di Kota Samarinda. *Husada Mahakam: Jurnal Kesehatan*, 4(5). <https://doi.org/10.35963/hmjk.v4i5.98>
- Reffiane, F., Arifin, M. N., & Santoso, B. (2012). Dampak Kandungan Timbal (Pb) Dalam Udara Terhadap Kecerdasan Anak Sekolah Dasar. *Malih Peddas (Majalah Ilmiah Pendidikan Dasar)*, 1(2). <https://doi.org/10.26877/malihpeddas.v1i2.305>
- Rosalia, O., Wispriyono, B., & Kusnoputranto, H. (2018). Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogen Pada Remaja Siswa Akibat Pajanan Inhalasi Debu Particulate Matter <2,5 (PM_{2.5}). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 14(1).

<https://doi.org/10.30597/mkmi.v14i1.2079>

- Sembiring, E. T. J. (2020). Risiko Kesehatan 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://ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2020/06/7.-Jurnal-TL-ITB-Elsa_SD_REV1-101-120.pdf
- Sompornrattanaphan, M., Thongngarm, T., Ratanawatkul, P., Wongsas, C., & Swigris, J. J. (2020). The contribution of particulate matter to respiratory allergy. In *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* (Vol. 38, Issue 1). <https://doi.org/10.12932/AP-100619-0579>
- Statistik, B. P. (2021). *Kota Gorontalo Dalam Angka 2021*. BPS Kota Gorontalo. <https://gorontalokota.bps.go.id/publication/2021/02/26/777a04460662b52798ed7862/kota-gorontalo-dalam-angka-2021.html>