

Risiko Cemaran *Particulate Matter* 2.5 pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Particulate Matter 2.5 Contamination Risk Among Street Vendors On R.A Kartini Street, Tegal City

Ilhamnul Zain S N¹, Prabang Setyono¹, Siti Rachmawati¹

1. Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

***Corresponding Author : Siti Rachmawati**

Email : siti.rachmawati@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Kontaminasi partikel PM_{2.5} dalam udara ambien dapat dihasilkan oleh kendaraan bermotor berbahan bakar fosil maupun aktivitas antropogenik pada daerah perkotaan khususnya Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Kontaminasi partikel tersebut menimbulkan suatu kekhawatiran terhadap kondisi kesehatan pedagang kaki lima dan kesehatan lingkungan di jalan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi dan tingkat risiko paparan agen risiko PM_{2.5} serta upaya pengelolaan berupa rekomendasi untuk memperbaiki atau mengurangi risiko paparan agen risiko PM_{2.5}. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif. Sampel subjek yang diambil sebanyak 30 responden menggunakan teknik *total sampling*. Sampel objek adalah udara ambien dari 3 titik di Jalan R.A Kartini Kota Tegal yang didapatkan melalui pengukuran langsung menggunakan alat *Particulate Counter CEM DT-9881*. Analisis data yang dilakukan menggunakan analisis univariat dan analisis risiko kesehatan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi PM_{2.5} dari 3 titik lokasi di Jalan R.A Kartini adalah 68,75 µg/m³ dan menghasilkan tingkat risiko yang dianggap aman untuk 7 orang pedagang yang memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg, sementara dianggap tidak aman untuk 23 orang pedagang dengan berat badan berkisar antara 42 kg hingga 68 kg. Konsentrasi PM_{2.5} yang didapatkan memiliki risiko gangguan kesehatan pada pedagang kaki lima sehingga diperlukan upaya pengelolaan risiko seperti penggunaan teknologi ATCS (*Area Traffic Control System*), mengenakan masker N95 sebagai Alat Pelindung Diri (APD), menerapkan sistem satu arah (SSA) di Jalan Kartini, pemantauan kualitas udara ambien berkala oleh Dinas Lingkungan Kota Tegal, mengurangi kebiasaan merokok pada pedagang kaki lima, dan mengatur ulang jam kerja sesuai nilai batas aman.

Kata Kunci : *Particulate Matter* 2.5; Pedagang Kaki Lima; Risiko Cemaran; Jalan R.A Kartini

ABSTRACT

Fossil fuel motorized vehicles and anthropogenic activities in urban areas especially Jalan R.A Kartini, Tegal City can produce various pollutants or emissions, one of which is in the form of dust or PM_{2.5} particulates in ambient air. The particles are feared to affect environmental health conditions and street vendors who sell around the road. The purpose of this study is to analyze the concentration and level of risk of exposure to PM_{2.5} risk agents and management efforts in the form of recommendations to improve or reduce the risk of exposure to PM_{2.5} risk agents. This research is a type of descriptive quantitative research. Subject samples were taken as many as 30 respondents using total sampling technique. The object sample was ambient air from 3 points on Jalan R.A Kartini Tegal City obtained through direct measurement using the Particulate Counter CEM DT-9881 tool. Data analysis was conducted using univariate analysis and environmental health risk analysis. The results showed that the average PM_{2.5} concentration from 3 location points on Jalan R.A Kartini was 68.75 µg/m³ and resulted in a risk level that was considered safe for 7 traders whose body weight reached ≥ 70 kg, while it was considered unsafe for 23 traders with body weight ranging from 42 kg to 68 kg. PM_{2.5} concentrations obtained have a risk of health problems in street vendors so that risk management efforts

are needed such as the use of Area Traffic Control System technology, wearing N95 masks as Personal Protective Equipment (PPE), implementing a one-way system on Jalan Kartini, periodic ambient air quality monitoring by the Tegal City Environmental Service, reducing smoking habits in street vendors, and resetting working hours according to safe limit values.

Keywords: Particulate Matter 2.5; Street Vendors; Pollution Risk; R.A Kartini Street

PENDAHULUAN

Udara ambien adalah udara bebas yang berada di permukaan lapisan troposfer pada suatu wilayah yurisdiksi Republik Indonesia dan berpengaruh penting bagi kehidupan khususnya makhluk hidup, kesehatan manusia, serta unsur lingkungan lainnya. Udara telah menjadi unsur penting bagi kehidupan manusia. Udara yang berada di atmosfer tersusun dari kandungan oksigen 21,94%, argon 0,93%, nitrogen 78%, argon 0,93%, karbon dioksida 0,032%, dan juga gas mulia lainnya¹. Selain gas, ada juga beberapa partikel lain yang terkandung dalam udara, misalnya *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}), *Total Suspended Particulate* (TSP), dan *Particulate Matter* 10 (PM₁₀). Kualitas udara perlu dipelihara dan ditingkatkan supaya makhluk hidup dapat hidup secara optimal.

Sumber pencemar berupa emisi dan limbah seringkali menimbulkan permasalahan lingkungan yang dapat bersumber dari adanya aktivitas antropogenik manusia. Entropi akan selalu dihasilkan karena sesuai dengan asas lingkungan kedua bahwa sistem pengubah energi tidak dapat secara sempurna atau efisien dalam mengkonversi energi, sebagaimana yang diketahui bahwa aktivitas antropogenik merupakan sistem pengubah energi yang menghasilkan produk sampingan dengan tingkat energi yang lebih rendah sehingga tidak dapat digunakan kembali dalam sistem lainnya. Pada daerah perkotaan seringkali terjadi permasalahan lingkungan berupa pencemaran udara. Faktor tersebut dapat dipicu akibat dari tingginya tingkat urbanisasi sehingga terjadi peningkatan aktivitas transportasi². Kandungan zat fisik, kimia, dan biologi yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan gangguan bagi kesehatan lingkungan maupun manusia.

Udara memiliki berbagai partikel pencemar yang terkandung di dalamnya, seperti partikel berdiameter kurang dari 10 µm (PM₁₀), *total suspended particulate* (TSP) dengan ukuran diameter partikel sampai dengan 100 µm, dan partikel berdiameter kurang dari

2.5µm (PM_{2.5}). Gas-gas pencemar udara dapat berupa nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), oksidan/ozon permukaan (O₃), dan karbon monoksida (CO)³. Sebesar 70% total pencemaran udara, kontribusi terbesarnya berasal dari sektor transportasi⁴. *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}) merupakan partikel udara berwujud padat dengan diameter kurang dari 2.5 mikrometer. *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}) masih menjadi suatu objek karena partikel tersebut dapat menyerang alveolus hingga masuk ke dalam pembuluh darah dan apabila terjadi secara jangka panjang dapat menimbulkan masalah saluran pernapasan⁵. Polusi udara telah menyebabkan kematian pada 7 juta dari 8 juta kematian non-aksidental⁶.

Kota Tegal adalah wilayah perkotaan yang berada di Provinsi Jawa Tengah dan memiliki wilayah seluas 38,68 km². Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Tegal Tahun 2022 Kota Tegal mengalami peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun meskipun tidak begitu signifikan⁷. Jumlah penduduk di Kota Tegal pada tahun 2020 mencapai 273.825 jiwa dan mengalami peningkatan pada tahun 2021 mencapai 275.781 jiwa serta laju pertumbuhan penduduk rata-ratanya mencapai angka 0,71%. Kepadatan penduduk di Kota Tegal mencapai kurang lebih 7.257/km² di tahun 2022. Semakin meningkat jumlah penduduk, maka mobilitas masyarakat berupa kebutuhan alat transportasi pun dapat meningkat pula. Hal ini dapat dibuktikan melalui data dari Badan Pusat Statistik tahun 2021-2022 dimana jumlah kendaraan di Kota Tegal pada tahun 2021 mencapai berjumlah 91.622 kendaraan dan jumlah kendaraan tahun 2022 mencapai 109.680 kendaraan sehingga tidak dipungkiri lagi keberadaannya dapat membawa permasalahan lingkungan sekitar berupa kepadatan lalu lintas⁷. Menurut penelitian dari Syari *et al* (2020), terdapat hubungan terkait jumlah kendaraan terhadap partikel PM₁₀ dan PM_{2.5} dengan korelasi sedang dan signifikan⁸. Ukuran PM_{2.5} yang sangat kecil dapat menjadi perhatian khusus apabila

terhirup, maka partikel ini dapat menembus masuk ke dalam alveoli sehingga terserap dan tersimpan dalam organ pernapasan paru-paru⁹.

Jalan R.A Kartini adalah salah satu jalan kota yang menghubungkan pemukiman ke berbagai fasilitas di Kota Tegal. Jalan ini hampir tiap waktu ramai karena letaknya yang berdekatan dengan sekolah, tempat perbelanjaan, maupun tempat kuliner. Jalan ini dapat ramai atau bahkan macet karena dilewati oleh berbagai jenis kendaraan baik mobil maupun motor disertai pembeli yang ramai. Hal tersebut tentunya menimbulkan risiko yang dapat mempengaruhi kondisi kesehatan lingkungan dan pedagang kaki lima akibat partikel debu yang terkandung dalam udara ambien, salah satunya PM_{2.5}. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang berguna untuk mengetahui seberapa besar tingkat risiko akibat pajanan partikulat PM_{2.5} hingga nantinya diketahui upaya yang perlu dilakukan oleh pedagang kaki lima dan pemerintah Kota Tegal untuk mengurangi risiko tersebut. Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, maka perlu dilakukan penelitian mengenai Risiko Cemaran Partikulat PM_{2.5} pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis pemodelan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang dijabarkan secara deskriptif supaya dapat diketahui besaran tingkat risiko yang diterima oleh populasi tertentu akibat dari pajanan agen risiko yang dapat berpengaruh pada kondisi kesehatan lingkungan sekitar. Jumlah sampel yang diambil pada penelitian ini berjumlah 30 orang pedagang kaki lima yang berdagang di pinggir jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Faktor risiko utama dari penelitian ini adalah PM_{2.5}. Data yang dikumpulkan berasal dari pengukuran konsentrasi PM_{2.5}, data antropometri, dan pola aktivitas. Wawancara dilakukan secara langsung menggunakan kuesioner. Pemilihan responden digunakan teknik *total sampling*. Kriteria responden di lokasi harus minimal satu tahun dan harus siap mengisi formulir persetujuan. Pengambilan sampel konsentrasi PM_{2.5} diukur secara langsung menggunakan alat *Particulate*

Counter CEM DT-9881 selama 24 jam berdasarkan “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup” dan SNI 19-7119.6-2005 mengenai penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Terdapat 3 titik pemantauan kualitas udara ambien PM_{2.5} yang dipilih sesuai SNI 19-7119.6-2005 berdasarkan area strategis, area dengan konsentrasi tinggi, dan arah angin. Sebanyak 30 sampel tersebar merata pada ketiga titik pemantauan dan hasil konsentrasi PM_{2.5} yang digunakan dalam perhitungan adalah hasil konsentrasi rata-rata keseluruhan titik pemantauan. Pengumpulan data antropometri dilakukan menggunakan pendataan melalui kuesioner yang terdiri dari keluhan penyakit, usia, berat badan, jenis kelamin, dan durasi kerja. Data penelitian dianalisis menggunakan analisis univariat untuk mendeskripsikan karakteristik responden dan analisis risiko kesehatan lingkungan untuk memperhitungkan tingkat risiko akibat pajanan agen risiko PM_{2.5}. Analisis pajanan agen risiko PM_{2.5} pada efek non-karsinogenik dapat dilakukan dengan memperhitungkan nilai *intake* menggunakan persamaan berikut ini.

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

Keterangan :

- I : Nilai intake atau asupan non-karsinogenik dalam satuan mg/kg/hari.
- C : Konsentrasi agen risiko pada media udara ambien (mg/m³).
- R : Laju inhalasi dewasa (0.83 m³/jam).
- t_E : Lama waktu pajanan dalam satuan jam/hari.
- f_E : Lama frekuensi pajanan dalam satuan tahun.
- Dt : Durasi pajanan setiap tahun dalam satuan hari/tahun.
- Wb : Berat badan manusia dengan standar nilai *default* orang dewasa sebesar 55 kg dan anak-anak sebesar 15 kg.

T_{avg} : Periode waktu rata-rata pada jalur inhalasi pemajanan non-karsinogenik (lama kerja x 365 hari).

Stasiun 3	71,85	24	Melebihi baku mutu
Rata-Rata	68,75		

Karakterisasi risiko dapat dihitung melalui perbandingan antara nilai *intake* dengan nilai RfC atau nilai konsentrasi referensi yang dapat ditulis menggunakan persamaan berikut ini.

$$RQ = \frac{\text{Intake (I)}}{\text{RfC}}$$

Keterangan :

RQ : *Risk Quotient* (tingkat risiko)

I : Nilai *intake* non-karsinogenik (mg/kg/hari)

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

Tingkat risiko dapat dikatakan aman jika menghasilkan kriteria nilai *intake* kurang dari sama dengan RfC atau RQ kurang dari sama dengan 1, sedangkan dianggap tidak aman tingkat risikonya jika memiliki menghasilkan kriteria nilai *intake* lebih dari nilai RfC atau RQ lebih dari 1 sehingga diperlukan adanya tindak lanjut atau upaya manajemen risiko.

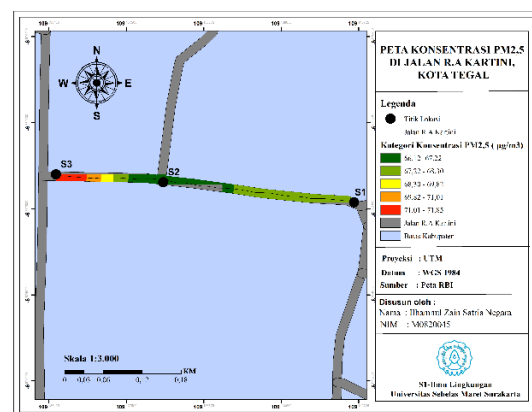
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Hasil pengukuran konsentrasi *particulate matter 2.5* ($PM_{2.5}$) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 68,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil tersebut telah melebihi nilai baku mutu $PM_{2.5}$ yang telah ditetapkan oleh “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan”, yaitu sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selama 24 jam¹⁰. Kondisi konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2.5}$

Lokasi	Konsentrasi $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lama Pengukuran (jam)	Baku mutu $PM_{2.5}$ (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Stasiun 1	68,30	24	Melebihi baku mutu
Stasiun 2	66,12	24	Melebihi baku mutu



Gambar 1. Kondisi Konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal
Sumber : Primer, 2024

Pada titik lokasi 2 didapatkan hasil lebih rendah dari titik lainnya sebesar 66,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologis, yaitu hujan. Kondisi konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat mengalami penurunan setelah turunnya hujan karena partikel debu khususnya $PM_{2.5}$ dapat terdeposisi atau mengendap ke permukaan tanah, air, dan bangunan¹¹. Pernyataan dari Radulescu *et al* (2015) juga menjelaskan bahwa konsentrasi polutan menjadi menurun ketika kondisi cuaca memasuki musim penghujan karena konsentrasi polutan terdeposisi¹². Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad & Santoso, 2016) menjelaskan bahwa konsentrasi partikulat $PM_{2.5}$ dapat berkurang karena pengaruh musim yaitu musim hujan yang menyebabkan partikulat $PM_{2.5}$ terperangkap dalam butiran air hujan¹³. Faktor meteorologis dapat mempengaruhi konsentrasi $PM_{2.5}$ karena sifatnya yang mampu melarutkan, mendifusi, dan memberikan akumulasi polutan di udara¹⁴. Banyaknya jumlah tanaman hijau pada titik lokasi ini juga menyebabkan konsentrasi $PM_{2.5}$ lebih rendah karena fungsinya sebagai peredam polutan udara¹⁴. Tanaman yang ditemui pada lokasi tersebut ialah glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) dan angkana (*Pterocarpus indica*) yang fungsinya sebagai tanaman peneduh¹⁵. Glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) memiliki ciri akar yang memanjang, bertajuk tinggi dan mengerucut, sebagai tanaman pengarah pandang, dan penyerap polutan debu¹⁵. Angkana

(*Pterocarpus indica*) memiliki ciri kulit batangnya mengelupas besar, mempunyai banir, getahnya berwarna kemerahan, bertajuk lebar dan menyebar, disertai daun yang berbentuk bulat dan mengkilap¹⁶. Glodokan tiang (*Polyaltea longifolia*) memiliki kemampuan menjerap debu sebesar $3,8 \times 10^{-4}$ gr/cm², sedangkan angšana (*Pterocarpus indica*) memiliki kemampuan menjerap debu sebesar $7,8 \times 10^{-6}$ gr/cm^{2(17,18)}.

Pada titik lokasi 3 didapatkan hasil tertinggi dibandingkan titik lokasi lainnya, sebesar 71,85 µg/m³. Berdasarkan kondisi saat penelitian dilakukan, titik lokasi 3 merupakan titik paling padat karena ada peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang melintas masuk ke jalan R.A Kartini yang berasal dari jalan lain yaitu jalan A.R Hakim dan jalan Ahmad Yani. Kondisi kendaraan bermotor yang berhenti di lampu merah dapat meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} karena kondisi kendaraan berhenti, tetapi dengan keadaan mesin yang masih menyala¹⁹. Menurut Reffiane *et al* (2012), berbagai zat berbahaya dapat dikeluarkan oleh kendaraan dan dilepas ke udara bebas, bahkan dapat menyumbang *Suspended Particulate Matter* (SPM) sekitar 13-44%.²⁰ Dalam PM_{2.5} terdapat unsur logam berat berupa timbal (Pb) hasil dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor²⁰. Kondisi lain yang dapat memicu timbulnya peningkatan terhadap konsentrasi PM_{2.5} pada lokasi ini ialah kebiasaan merokok, kegiatan memasak dengan cara dibakar, dan kurangnya tanaman hijau. Sama halnya dengan pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, kebiasaan merokok yang menghasilkan asap rokok juga mengandung unsur logam berat timbal (Pb) yang menjadi salah satu komponen penyusun PM_{2.5}²¹. Kandungan timbal (Pb) berlebih dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti anemia, perkembangan kognitif yang buruk, dan penurunan terhadap imunitas tubuh. Kurangnya tanaman hijau pada lokasi ini juga dapat menjadi penyebab terhadap peningkatan konsentrasi PM_{2.5} karena fungsinya sebagai peredam polutan udara. Penanaman tanaman hijau yang semestinya layak ditanam dan memiliki fungsi yang sesuai karena memiliki ketahanan tinggi dalam menjerap debu dan menyerap unsur timbal (Pb) di udara ambien

daerah perkotaan, yaitu tanjung (*Mimusops elengi*), meranti merah (*Shorea johorensis Foxw*), mahoni (*Swietenia mahagoni*, kenari (*Canarium indicum L.*), kiara payung (*Fillicium decipiens*), angšana (*Pterocarpus indica*), kayu hitam (*Diospyros celebica*), dan (*Polyaltea longifolia*)²².

2. Identifikasi Bahaya

Keberadaan PM_{2.5} di jalan R.A Kartini tidak lepas dari lalu lintas kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang melintas di jalan tersebut, yaitu bus besar, mobil pribadi, truk, mobil *box*, sepeda motor, dan mobil *pick up*. Menurut penelitian dari (Ahmad, 2023) menjelaskan bahwa beberapa kegiatan yang dilakukan oleh manusia dan dapat berkontribusi meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} yaitu kendaraan bermotor, kegiatan memasak, menyapu, dan merokok²³.

Partikulat PM_{2.5} merupakan suatu agen risiko yang digolongkan berbahaya atau berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat sekitar apabila konsentrasinya tinggi²⁴. Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner terhadap pedagang kaki lima dapat diketahui beberapa keluhan penyakit akibat pajanan agen risiko PM_{2.5} di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Keluhan Penyakit Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Gejala Penyakit	Tidak	Ya	Frekuensi (Ya)
Kulit terasa gatal	23	7	23%
Mata berwarna kemerahan dan terasa gatal	24	6	20%
Mengalami pilek, bersin-bersin, dan hidung terasa gatal	11	19	63%
Tenggorokan gatal, perih, dan kering	22	8	26%
Sesak napas	28	2	6%
Nyeri otot	15	15	50%
Nyeri kepala	20	10	30%
Nyeri di bagian dada dan demam	25	5	16%
Batuk berdahak	20	10	30%

Penurunan kebugaran jasmani	22	8	26%
-----------------------------	----	---	-----

Berdasarkan tabel 2, hasil identifikasi keluhan penyakit yang dialami oleh 30 orang pedagang kaki lima ternyata selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitria (2016) yang menyebutkan bahwa gejala-gejala penyakit yang timbul akibat pajanan debu yaitu merasakan sakit tenggorokan, mengalami sesak napas, terjadi iritasi kulit, iritasi mata, dan mudah merasakan lelah karena penurunan kebugaran jasmani²⁵. Beberapa gangguan pernapasan lainnya berupa nyeri otot, nyeri kepala, dan nyeri dada. Pedagang kaki lima akan lebih berisiko mengalami gangguan pernapasan akibat terpapar oleh debu²⁶. Hasil keluhan penyakit yang berhasil diidentifikasi tersebut sesuai dengan pernyataan dari Nurmayanti *et al* (2022) yang menyatakan bahwa masalah atau keluhan gangguan pernapasan yang timbul merupakan respon dari kekebalan tubuh akibat masuknya partikel asing ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan²⁶. Partikel debu yang terhirup secara terus-menerus dapat menimbulkan fibrosis dan kerusakan paru-paru²⁷.

3. Analisis Dosis-Respon

Penentuan nilai konsentrasi referensi atau RfC berguna untuk mengetahui nilai toksisitas suatu agen risiko dari PM_{2.5}. Nilai konsentrasi referensi atau RfC untuk PM_{2.5} dapat diketahui melalui turunan dari “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021” sebesar 55 µg/m³ untuk baku mutu PM_{2.5}. Nilai RfC diturunkan sehingga penentuan nilai RfC dapat dilakukan perhitungan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Maksum & Tarigan, 2022) sehingga dihasilkan nilai RfC untuk PM_{2.5} sebesar 0,0045 mg/kg/hari²⁸. Penentuan nilai RfC dapat menggunakan rumus :

$$C_{nk} \times R \times t_E \times f_E \times Dt$$

$$RfC : \frac{C_{nk} \times R \times t_E \times f_E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$$

4. Analisis Pajanan

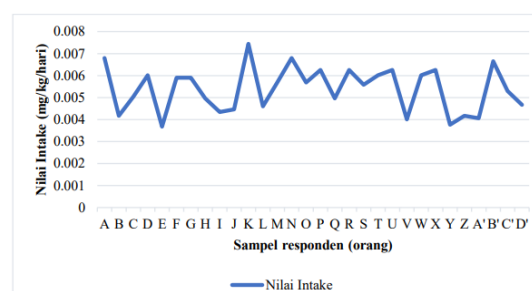
Perhitungan nilai *intake* atau asupan merupakan suatu cara untuk melakukan analisis terhadap nilai pajanan pada pedagang kaki lima yang terpapar langsung oleh agen risiko PM_{2.5}. Variabel nilai *intake* didapatkan melalui perkalian nilai C yang diperoleh dari nilai

konsentrasi rata-rata PM_{2.5} dan memasukkan data-data antropometri dan pola aktivitas yang terdiri dari frekuensi pajanan (*f_E*), laju asupan (*R*), berat badan (*Wb*), waktu pajanan (*t_E*), durasi pajanan (*Dt*), dan periode waktu rata-rata (*t_{avg}*). Data antropometri pada analisis pajanan ini diperoleh melalui hasil wawancara dan kuesioner pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Penyajian data antropometri yang telah diidentifikasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Berat Badan (*Wb*) pada Pedagang Kaki Lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal

Sampel	Wb (kg)	Sampel	Wb (kg)
A	46	P	50
B	75	Q	63
C	62	R	50
D	52	S	56
E	85	T	52
F	53	U	50
G	53	V	78
H	63	W	52
I	72	X	50
J	70	Y	83
K	42	Z	75
L	68	A'	77
M	55	B'	47
N	46	C'	59
O	55	D'	67
Rata-rata (kg)		60,2	

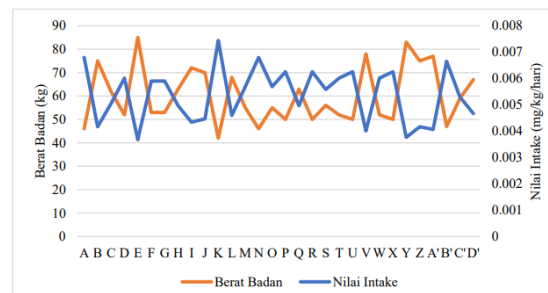
Nilai dari parameter kondisi eksisting yang sudah diketahui, kemudian dapat dilakukan perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik pada agen risiko PM_{2.5} secara *realtime*. Berikut grafik hasil perhitungan nilai *intake* non-karsinogenik pedagang kaki lima dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik Hasil Perhitungan Nilai *Intake* Non-Karsinogenik Pedagang Kaki Lima
Sumber : Primer, 2024

Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui

secara keseluruhan terkait nilai *intake* atau asupan non-karsinogenik dari 30 responden mulai dari responden A sampai dengan D'. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel pedagang berlabel E dengan berat badan mencapai 85 kg dan lama durasi kerjanya 1 tahun ternyata memiliki nilai asupan non-karsinogenik terendah sebesar 0,0038 mg/kg/hari. Sampel pedagang berlabel K dengan berat badan sebesar 42 kg dan lama durasi kerjanya 1 tahun merupakan sampel dengan nilai asupan non-karsinogenik tertinggi mencapai 0,0074 mg/kg/hari. Hasil perhitungan rata-rata juga menghasilkan nilai berat badan (Wb) rata-rata sebesar 60,2 kg dan lama durasi kerja (Dt) rata-rata selama 5 tahun sehingga nilai asupan non-karsinogenik rata-ratanya adalah 0,0053 mg/kg/hari. Menurut hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, pedagang berlabel J bekerja dengan durasi yang lebih lama daripada pedagang berlabel I, tetapi dengan berat badan yang lebih kecil daripada pedagang berlabel I mempunyai nilai asupan non-karsinogenik lebih tinggi dibandingkan nilai asupan non-karsinogenik yang diterima oleh pedagang berlabel I. Apabila dilakukan perbandingan lain antara pedagang berlabel K yang memiliki durasi kerja yang sama dengan pedagang berlabel E dan berat badannya lebih kecil dibandingkan pedagang berlabel E, akan tetapi hasil perhitungan menunjukkan nilai asupan non-karsinogenik pada pedagang berlabel K dinyatakan lebih besar dibandingkan dengan pedagang berlabel E. Temuan yang didapatkan menunjukkan bahwa adanya efek yang cukup signifikan terhadap berat badan (Wb) dibandingkan dengan durasi kerja (Dt) terhadap hasil nilai asupan non-karsinogenik. Pernyataan tersebut sesuai temuan dari Nur *et al* (2021) yang menyebutkan adanya suatu hubungan keterbalikan antara berat badan (Wb) terhadap nilai asupan non-karsinogenik yang diterima seseorang²⁹. Berat badan dengan nilai asupan non-karsinogenik ternyata memang memiliki korelasi yang saling berkaitan sesuai yang digambarkan pada grafik berikut.



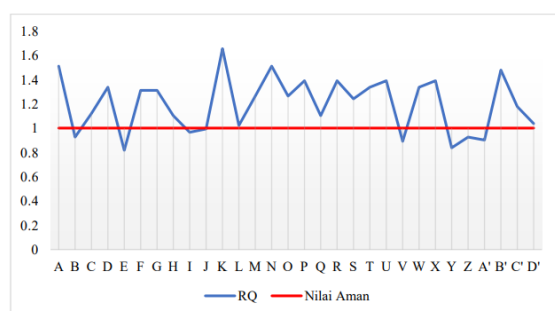
Gambar 3. Grafik Korelasi Nilai Asupan dengan Nilai Besar Berat Badan Pedagang Kaki Lima

Berdasarkan gambar 3, dapat dilihat suatu hubungan yang berbanding terbalik antara berat badan dengan nilai *intake* non-karsinogenik pada sejumlah pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Gambar tersebut menjelaskan bahwa risiko kesehatan yang diterima oleh pedagang kaki lima akan semakin kecil jika berat badannya semakin besar sehingga dapat disimpulkan antara berat badan (Wb) ternyata memiliki korelasi terbalik dengan nilai asupan. Temuan dari (Darmawan, 2018) juga menyatakan bahwa terdapat keterkaitan antara berat badan dengan nilai *intake* yang memiliki hubungan keterbalikan, dimana semakin besar berat badan seseorang maka risiko kesehatan yang diterima akan semakin kecil atau aman terhadap polutan udara.³⁰ Kejadian tersebut dapat disebabkan oleh adanya penurunan kapasitas paru-paru yang membuat nilai *intake* pada responden dengan berat badan besar menjadi menurun³¹. Menurut Putri *et al* (2022), menjelaskan bahwa seseorang dengan kapasitas paru-paru lebih kecil dapat membuat sistem pernapasannya menjadi lebih berat³². Penelitian dari (Saminan, 2019) menjelaskan lebih lanjut bahwa fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan adanya penumpukan massa lemak yang dapat meningkatkan elastisitas dan beban kerja pada otot-otot pernapasan³³. Sesuai konsep analisis risiko bahwa risiko kesehatan seseorang akibat agen risiko pencemar dapat menjadi semakin kecil jika seseorang memiliki berat badan yang semakin besar karena seseorang dengan berat badan yang besar tentunya memiliki nutrisi tubuh lebih banyak sehingga lebih tahan dibandingkan seseorang dengan berat badan kecil³⁴. Menurut penelitian dari Lan *et al* (2023) mengemukakan bahwa aktivitas tangan ke

mulut pada anak-anak dapat menyebabkan terjadinya peningkatan terhadap nilai asupan hariannya sehingga menjadi lima kali lebih besar dibandingkan dengan orang dewasa³⁵.

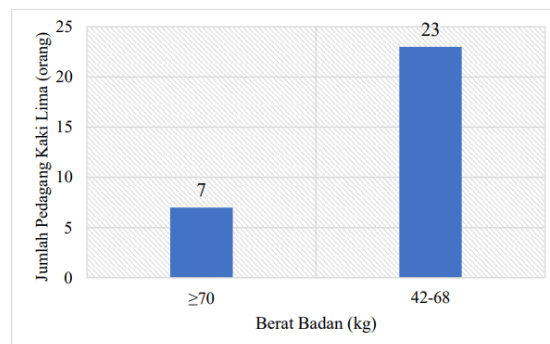
5. Karakterisasi Risiko

Tahapan karakterisasi risiko ini berguna untuk menentukan besaran tingkat risiko pada suatu populasi yang diukur berdasarkan hasil dari nilai asupan non-karsinogenik yang dibandingkan dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) suatu agen risiko. Perhitungan karakterisasi risiko yang dinotasikan dalam bentuk RQ (*Risk Quotient*) dapat dilihat melalui gambar berikut ini.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Nilai Karakterisasi Risiko Pedagang Kaki Lima
Sumber : Primer, 2024

Dapat dilihat pada gambar 4 yang menunjukkan tingkat risiko (RQ) yang tersebar pada 30 pedagang kaki lima di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal. Jalur pemajanan dengan efek non karsinogenik memiliki kriteria tersendiri dimana tingkat risiko dianggap tidak aman jika nilai dari *Risk Quotient* (RQ) lebih besar dari 1 dan dianggap tidak aman jika tingkat risikonya atau RQ kurang dari sama dengan 1³⁶. Pada gambar 4, nilai aman dilambangkan dengan angka 1 dengan garis berwarna merah sebagai ambang batasnya. Dilihat dari gambar 4, menunjukkan bahwa terdapat sejumlah pedagang yang tergolong aman dengan tingkat risiko (RQ) di bawah angka 1 dan sejumlah pedagang yang tergolong tidak aman dengan tingkat risiko (RQ) di atas angka 1. Tingkat risiko (RQ) juga memiliki keterkaitan dengan parameter berat badan yang signifikan, sama halnya dengan nilai *intake*. *Risk Quotient* (RQ) dapat diukur berdasarkan nilai berat badan pedagang yang dapat digambarkan menggunakan grafik berikut ini.



Gambar 5. Klasifikasi *Risk Quotient* (RQ) Berdasarkan Berat Badan Pedagang Kaki Lima

Dapat dilihat gambar 5, menunjukkan bahwa pedagang dengan *Risk Quotient* (RQ) yang dianggap aman sebanyak 7 orang dan pedagang yang termasuk dalam *Risk Quotient* (RQ) yang dianggap tidak aman terdapat sebanyak 23 orang. Kategori pedagang dengan tingkat risiko aman memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg dengan nilai tingkat risiko (RQ) berkisar 0,9174 sampai dengan 0,9926, dikarenakan nilai RQ masih di angka wajar yakni kurang dari satu, maka dari itu dapat dikatakan memiliki tingkat risiko aman. Kategori pedagang dengan tingkat risiko tidak aman memiliki berat badan berkisar 42 kg hingga 68 kg dengan nilai tingkat risiko (RQ) mencapai 1,029 sampai dengan 1,654, dimana nilai tingkat risiko (RQ) tersebut sudah melebihi satu sehingga tingkat risikonya dikategorikan tidak aman. Menurut Nur *et al* (2021) telah dijelaskan bahwa apabila nilai berat badan semakin besar, maka semakin kecil pula tingkat risiko yang akan diterima seseorang³⁷. Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai tingkat risiko (RQ) pada jalur pemajanan inhalansi untuk efek non karsinogenik dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai angka $68,75 \mu g/m^3$, maka kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja selama 8 jam/hari, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg, dan memiliki durasi kerja selama 5 tahun. Sedangkan, kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan tidak aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja selama 8 jam/hari, frekuensi pajanan selama

bekerja sebesar 250 hari/tahun, memiliki berat badan dengan kisaran antara 42 kg hingga 68 kg, dan memiliki durasi kerja selama 5 tahun disertai nilai RQ melebihi 1 yakni sebesar 1,198. Menurut (Meita, 2012), menyebutkan bahwa terdapat beberapa faktor pendukung lainnya yang dapat mempengaruhi hasil dari karakterisasi risiko, diantaranya jenis kelamin, umur, riwayat penyakit paru-paru, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga responden, status gizi, dan masa kerja³⁸. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan terkait hubungan gangguan fungsi paru terhadap lama masa kerja, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), dan faktor usia seseorang³⁹.

6. Pengelolaan Risiko

Menurut Nur et al (2021), strategi **Tabel 4.** Penentuan Batas Aman dalam Strategi Pengelolaan Risiko

Parameter	Nilai aman	Nilai Aman Ekuivalen
Wb aman	74,9885 kg	≈ 75 kg
f _{Enk} aman	200,69744 hari/tahun	≈ 200 hari/tahun
t _{Enk} aman	6,422 jam/hari	≈ 6,4 jam
C _{nk} aman	0,0551 mg/m ³	≈ 55,2 µg/m ³
D _{tnk} aman	4,014 tahun	≈ 1465 hari atau 209 minggu

pengelolaan risiko dan cara pengelolaan risiko merupakan dua langkah yang dapat diterapkan sesuai dengan kondisi lingkungannya³⁷. Adapun dalam melakukan strategi pengelolaan risiko perlu mengetahui terlebih dahulu beberapa parameter yang mampu mempengaruhi besarnya risiko sehingga parameter tersebut perlu ditentukan nilai batas amannya. Nilai batas aman merupakan nilai batas atas dari suatu parameter supaya benar-benar dianggap aman sehingga harus berada di bawah batas tersebut atau tidak boleh melebihi nilai batas atasnya, sedangkan khusus nilai berat badan aman merupakan batas bawahnya sehingga akan dianggap tidak aman risikonya jika nilainya lebih rendah dari batas yang telah ditentukan. Penentuan nilai batas aman dapat dilihat pada tabel berikut.

Penentuan cara pengelolaan risiko merupakan langkah berikutnya setelah melakukan penentuan strategi pengelolaan risiko. Menurut (Kemenkes, 2012), cara pengelolaan risiko dapat disajikan dalam bentuk tabel sederhana sehingga dapat memudahkan siapa saja yang ingin memahami terkait konsep analisis risiko⁴⁰. Pendekatan pada tahapan cara pengelolaan risiko dapat dilakukn secara holistik menggunakan pendekatan teknologi, sosio-ekonomi, dan institusional.

Tabel 5. Cara Pengelolaan Risiko

Pengelolaan	Alternatif Pendekatan		
	Teknologi	Sosio-Ekonomi	Institusional
Pengurangan nilai konsentrasi agen risiko pencemar hingga berada di bawah batas aman	Menggunakan teknologi ATCS (<i>Area Traffic Control System</i>) di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal ⁴¹ .	Menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) berupa masker N95 ketika berjualan ¹⁴ .	Dinas Lingkungan Hidup Kota Tegal atau instansi pemerintah terkait, rutin melakukan
		Mengurangi kebiasaan merokok oleh pedagang kaki lima ²⁶ .	pemantauan kualitas udara agar sesuai baku mutunya dan melakukan evaluasi
		Pedagang kaki lima dapat melakukan <i>Medical Check Up</i> (MCU) di puskesmas Kota Tegal seperti pemeriksaan paru-paru maupun Indeks Massa	sesuai kebijakan pemerintah sesuai “Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021.” Membuat kebijakan untuk menerapkan

		Tubuh (IMT) ⁴² .	manajemen rekayasa sistem satu arah (SSA) di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal ⁴³ . Melakukan penyiraman secara rutin yang dilakukan oleh Dinas Kebersihan Kota Tegal pada badan jalan karena air mampu mengikat partikel debu sehingga dapat mengurangi risiko paparan debu ⁴⁴ .
Pengurangan waktu terpajan hingga di bawah batas aman	Tidak ada	Mengatur ulang jam kerja pedagang sesuai dengan batas waktu aman pajanan (t_E) yaitu 6,4 jam/hari.	Tidak ada
Pengurangan frekuensi terpajan hingga di bawah batas aman	Tidak ada	Mengatur ulang frekuensi kerja pedagang sesuai dengan batas frekuensi pajanan aman (f_E) yaitu 200 hari/tahun.	Tidak ada
Penyesuaian berat badan pedagang hingga sesuai batas aman	Tidak ada	Pedagang kaki lima dapat melakukan <i>Medical Check Up</i> (MCU) di puskesmas Kota Tegal seperti pemeriksaan paru-paru maupun Indeks Massa Tubuh (IMT) ⁴² .	Tidak ada

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa 1) hasil rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jalan R.A Kartini, Kota Tegal melebihi nilai baku mutu, yaitu sebesar $68,75 \mu g/m^3$ yang artinya berisiko dan mencemari lingkungan, 2) Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai tingkat risiko (RQ) pada jalur pemajanan inhalansi untuk efek non karsinogenik dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai angka $68,75 \mu g/m^3$, maka kriteria pedagang yang dianggap memiliki tingkat risiko kesehatan aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, memiliki durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan memiliki berat badan mencapai ≥ 70 kg. Sedangkan, kriteria pedagang yang dianggap

memiliki tingkat risiko kesehatan tidak aman adalah pedagang dengan kriteria usia dewasa dengan lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, memiliki durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan memiliki berat badan dengan kisaran antara 42 kg hingga 68 kg. Hasil perhitungan rata-rata juga menunjukkan kategori tingkat risiko yang tidak aman untuk pedagang dengan usia dewasa yang memiliki lama waktu pajanan selama bekerja sebesar 8 jam/hari, durasi kerja selama 5 tahun, frekuensi pajanan selama bekerja sebesar 250 hari/tahun, dan berat badan sebesar 60,2 kg. 3) Upaya pengelolaan risiko yang direkomendasikan, yaitu penggunaan teknologi ATCS (*Area Traffic Control System*), disarankan pedagang mengenakan masker N95 sebagai Alat Pelindung Diri (APD),

menerapkan sistem satu arah (SSA) di Jalan Kartini, pemantauan kualitas udara ambien berkala oleh Dinas Lingkungan Kota Tegal, mengurangi kebiasaan merokok pada pedagang kaki lima, penyiraman jalan secara rutin oleh Dinas Kebersihan Kota Tegal, dan mengatur ulang jam kerja sesuai nilai batas aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Kota Tegal yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu selama proses penelitian berlangsung hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pratiwi T, Junaidi, As ZA. Pengaruh Jarak Sumber Pencemar Terhadap Kadar Sulfat (SO_4) Pada Debu Terendap Di Sepanjang Jalan Angkut Batubara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2020;14(2):533–540. <https://doi.org/10.31964/jkl.v14i2.74>
2. Anwar AC, Mudiyo R, Soedarsono S. Evaluasi Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Di Cbd Kota Semarang Dengan Aplikasi Contram. *Rang Teknik Journal*. 2023;6(2):37–47. <https://doi.org/10.31869/rjt.v6i2.3661>
3. Rita, Lestiani DD, Hamonangan E, Santoso M, Yulinawati H. Kualitas Udara (PM_{10} Dan $\text{PM}_{2.5}$) Untuk Melengkapi Kajian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. *Ecolab*. 2016; 10(1):1–48.
4. Yusrianti. Studi Literatur Tentang Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor Di Jalan Kota Surabaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2015;1(1):11–20. <https://doi.org/10.29080/alard.v1i1.29>
5. Nida O : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter 2.5 ($\text{PM}_{2.5}$) Pada Pedagang Tetap Di Terminal Tanjung Raja Kabupaten Ogan Ilir. 2022 UNSRI. 2022;
6. Rahmadini AD, Haryanto B. Paparan Particulate Matter 2,5 ($\text{PM}_{2.5}$) Terhadap Gejala Penyakit Paru Obstruktif (PPOK) Kronis Eksaserbasi Akut Pada Pekerja Di Pelabuhan Tanjung Priok, 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*. 2020; 1(1): 17–26.
7. Badan Pusat Statistik. *Kota Tegal dalam Angka Tegal Municipality In Figures*; 2022.
8. Syari O, Yanti LS, Fitriada W. Analisis Hubungan Karakteristik Lalu Lintas dengan Konsentrasi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ di Udara Ambien Jalan Prof. Dr. Hamka Kota Padang. In *Jurnal Sains dan Teknologi*. 2020
9. Rachmawati S, Suryadi I, Juherah J, Rivai A, Fitriani N, Firmansyah F, Ratun RZ. Impact of PM_{10} Exposure and Socio-Demographic Aspect With Lung Function Disorders. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2023; 19(1); 129-137. <https://doi.org/10.15294/kemas.v19i1.42953>
10. Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021
11. Sembiring E. Risiko Kesehatan Paparan $\text{PM}_{2.5}$ Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2020;26(1):101–120.
12. Radulescu C, Iordache S, Dunea D, Stihi C, Dulama ID. Risks Assessment of Heavy Metals on Public Health Associated with Atmospheric Exposure to $\text{PM}_{2.5}$ in Urban Area. *Article in Romanian Journal of Physics*. 2015;60(7–8): 1–12.
13. Ahmad EF, Santoso M. Analisis Karakterisasi Konsentrasi dan Komposisi Partikulat Udara (Studi Case : Surabaya). *Jurnal Kimia VALENSI*. 2016;2(2):97–103. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3602>
14. Pangestika R, Wilti IR. Karakteristik Risiko Kesehatan Non-Karsinogenik Akibat Paparan $\text{PM}_{2.5}$ di Tempat-Tempat Umum Kota Jakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2021; 20(1): 7–14. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.7-14>
15. Chanda S, Nair R. Antimicrobial Activity of *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thw. var. *Pendula* Leaf Extracts Against 91

- Clinically Important Pathogenic Microbial Strains. Chinese Medicine. 2010;1(2):31–38.
<https://doi.org/10.4236/cm.2010.12006>
16. Prasetyo RN, Peran SB, Bakri S. Analisis Kesesuaian Fungsi Pohon Dan Model Arsitekturnya Di Rumah Sakit Idaman Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae*. 2021;4(1): 138–151.
<https://doi.org/10.20527/jss.v4i1.3102>
17. Rahmadhani S, Yuwono SB, Setiawan A, Banuwa IS. Pemilihan Jenis Pohon Menjerap Debu di Median Jalan Kota Bandar Lampung. *Jurnal Belantara*. 2019;2(2):134–141.
<https://doi.org/10.29303/jbl.v2i2.181>
18. Gunawan S, Karyati, Syafrudin M. Kandungan Polutan Pada Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Wild.) Di Kota Samarinda. *Jurnal Riset Pembangunan*. 2021; 3(2): 46–54.
<https://doi.org/10.36087/jrp.v3i2.72>
19. Ardian KAY. Hubungan Paparan Debu Dan Lama Paparan Dengan Gangguan Faal Paru Pekerja Overhaul Power Plant. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2015; 4(2):155–166.
<https://doi.org/10.20473/ijosh.v4i2.2015.155-166>
20. Reffiane F, Arifin MN, Santoso B. Dampak Kandungan Timbal (Pb) Dalam Udara Terhadap Kecerdasan Anak Sekolah Dasar. *MALIH PEDDAS (Majalah Ilmiah Pendidikan Dasar)*. 2012;1(2): 96–107.
<https://doi.org/10.26877/malihpeddas.v1i2.305>
21. Ardillah Y. Faktor Risiko Kandungan Timbal Di Dalam Darah. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2016;7(3):150–155.
<https://doi.org/10.26553/jikm.2016.7.3.150-155>
22. Susilo A. Studi Tentang Keragaman Hayati Tanaman Dan Perannya Dalam Mengeliminir Pencemaran Udara. *AGRI-TEK: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*. 2022;23(1): 33–39.
<https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.113>
23. Ahmad Z : Analisis Konsentrasi PM₁₀, PM_{2.5}, Dan PM₁ Pada Ruang Publik (Studi Kasus: Kawasan Pantai Purus Padang). 2023 UNAND. 2023;
24. Serlina Y, Bachtiar VS, Putra I. Analisis Konsentrasi *Particulate Matter* 2,5 di Udara Ambien dan Rekomendasi Tanaman Pereduksi PM_{2.5} di Perumahan Unand Blok B, Ulu Gadut, Kota Padang. *JSE : Jurnal Serambi Engineering*. 2023; 8(4): 7516–7524.
25. Fitria N. Gambaran Partikel Debu PM_{2.5} Dengan Keluhan Kesehatan Pada Karyawan Perpustakaan Kampus B Universitas Airlangga. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2016;8(2): 206–218.
26. Nurmayanti D, Mufazizah D, Suryono H, Winarko, Widodo S. Pengaruh Kadar Debu Terhadap Keluhan Pernapasan pada Karyawan Bagian Produksi Pakan Ternak. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 2022; 13(4); 957–962.
<http://dx.doi.org/10.33846/sf13413>
27. Suryadi I, Widjanarti MP, Wardani TL, Fajarani R, Rachmawati S. Lung Capacity Determinant Tirtonadi Bus Station Workers in Surakarta. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (2020; 448(1); 1–7. 10.1088/1755-1315/448/1/012014
28. Maksum TS, Tarigan SFN. Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Partikel Debu (PM_{2.5}) Dari Aktivitas Transportasi. *Jambura Health and Sport Journal*. 2022;4(1).
<https://doi.org/10.37311/jhsj.v4i1.13447>
29. Nur E, Muslim B, Zicof E. Risiko Paparan Bahan Pencemar Terhadap Pekerja Pengecatan Mobil Di PT. Steelindo Motor Kota Padang. *Jurnal Sehat Mandiri*. 2021;16.
<https://doi.org/10.33761/jsm.v16i1.330>
30. Darmawan R. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kadar NO₂ Serta Keluhan Kesehatan Petugas Pemungut Karcis Tol. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2018;10(1):116–126.
31. Wijaya SD, Rachmawati S, Sunarto. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dengan *Total Suspended Particulate* Sebagai *Risk Agent* di Area Produksi Industri Manufaktur (Studi Kasus PT X Sukoharjo Jawa Tengah). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2024; 22(3):679–686.
<https://doi.org/10.14710/jil.22.3.678-686>
32. Putri DA, Rosyada A, Lionita W, Sari DM, Hepiman F, Islamiati D. Analisis

- Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. 2022; 8(1): 135–140. <https://doi.org/10.25311/keskom.vol8.iss1.1084>
33. Saminan. Efek Kelebihan Berat Badan Terhadap Pernafasan Saminan. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*. 2019;2(4):27–33.
34. Mallongi, Bustan MN, Juliana N, Herawati. Risks Assessment due to the Exposure of Copper and Nitrogen Dioxide in the Goldsmith in Malimongan Makassar. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018; 1028(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012036>
35. Lan T, Chen S, Zhang Y, Gan Z, Su S, Ding S, Sun W. Occurrence, ecology risk assessment and exposure evaluation of 19 anthelmintics in dust and soil from China. *Chemosphere*. 2023; 334.
36. Nurfadillah AR, Petasule S. Environmental Health Risk Analysis (SO₂, NO₂, Co and TSP) In The Bone Bolango Area Road Segment. *Journal Health And Science ; Gorontalo Journal Health & Science Community*. 2022;6(1):76–89. <https://doi.org/10.35971/gojhes.v5i3.13544>
37. Nur E, Seno BA, Hidayanti R. Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan PM₁₀ di Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2021;20(2):97–103. <https://doi.org/10.14710/jkli.20.2.97-103>
38. Meita AC. Hubungan Paparan Debu Dengan Kapasitas Vital Paru Pada Pekerja Penyapu Pasar Johar Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2012;1(2):654–662.
39. Rachmawati S, Suryadi I, Lutfiani L. Individual characteristics and concentration of ricemilling dust with lung vital capacity disorders. In *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2683 (1). <https://doi.org/10.1063/5.0125409>
40. Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan. Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). 2012
41. Fatimah S, Syakdiah, Kusumawiranti R. Kebijakan Pemerintah Dalam Mengatasi Kemacetan Di Kota Yogyakarta (Studi Penelitian Di Jalan Malioboro Dan Jalan Tentara Pelajar). *POPULIKA*. 2022; 10(1): 24–41. <https://doi.org/10.37631/populika.v10i1.473>
42. Mulyana, Situmorang M, Safitri R. Alur Administrasi Medical Check Up (MCU) RS Awal Bros Botania. *Prima (Portal Riset Dan Inovasi Pengabdian Masyarakat)*. 2024;3(3): 141–145. <https://ojs.transpublika.com/index.php/RIMA/article/view/1260>
43. Prihiyandhoko H : Evaluasi Manajemen Rekayasa Lalu Lintas Sistem Satu Arah (SSA) Dengan Program Vissim Pada Ruas Jalan Ahmad Yani Kota Tegal. 2023 *UNISULA*. 2023;
44. Suryadi I, Lestari VD, Budirman B, Rachmawati S. Pengaruh Paparan Debu TSP dan Penggunaan APD Terhadap Gejala Ispa Pengguna Terminal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat. 2022;22(2): 333-339. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v22i2.2922>