

ANALISIS RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAJANAN O₃ PADA PEDAGANG DI TERMINAL TAWANG ALUN

Intan Annora Sani¹, Ellyke^{2*}

Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember^{1,2}

*Corresponding Author: ellyke@unej.ac.id

ABSTRAK

Gas buang kendaraan dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan karena di dalamnya terdapat senyawa seperti NO_x dan VOC yang bereaksi dengan bantuan sinar matahari menghasilkan gas ozon (O₃). Terminal Tawang Alun merupakan tempat pemberhentian sementara transportasi umum sebagaimana seperti bus antar kota maupun antar provinsi yang dapat menghasilkan gas buang kendaraan. Gas buang dari bus berdampak pada masyarakat sekitar salah satunya para pedagang di Terminal Tawang Alun yang memiliki masa dan lama kerja yang lama. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan ozon (O₃) pada pedagang di Terminal Tawang Alun. Jenis penelitian ini adalah deskriptif menggunakan desain penelitian *cross sectional study* dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Pengambilan sampel udara pada penelitian ini dilakukan di tiga titik area terminal menggunakan alat spektrofotometer. Populasi penelitian ini adalah seluruh pedagang dalam area Terminal Tawang Alun yang jumlahnya sebanyak 20 orang dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *total sampling* sebanyak 20 orang pedagang. Analisis data menggunakan analisis univariat. Hasil penentuan risiko kesehatan menggunakan metode ARKL didapatkan bahwa pajanan ozon secara inhalasi secara *realtime* maupun *lifetime* pada individu maupun populasi sebesar $RQ \leq 1$. Tingkat risiko pajanan ozon secara inhalasi secara *realtime* dan *lifetime* pada pedagang di Terminal Tawang Alun masih aman.

Kata kunci : ARKL, O₃, pedagang, pencemaran udara, transportasi

ABSTRACT

Vehicle exhaust gas can cause health and environmental problems because it contains compounds such as NO_x and VOC, which react with the help of sunlight to produce ozone gas (O₃). Tawang Alun Terminal is a temporary stop for public transportation, such as inter-city and inter-provincial buses, which can produce vehicle exhaust gases. Exhaust gas from buses impacts the surrounding community, including the traders at Tawang Alun Terminal, who have long working hours and hours. This research aims to analyze environmental health risks from exposure to ozone (O₃) among traders at the Tawang Alun Terminal. This type of research is descriptive, using a cross-sectional study research design with the Environmental Health Risk Analysis method. Air sampling in this study was carried out at three points in the terminal area using a spectrophotometer. The population of this research is all traders in the Tawang Alun Terminal area, totaling 20 people with a sampling technique using a total sampling of 20 traders. Data analysis uses univariate analysis. The results of determining health risks using the ARKL method showed that real-time and lifetime inhalation ozone exposure for individuals and populations was $RQ \leq 1$. The risk level for real-time and lifetime inhalation ozone exposure for traders at the Tawang Alun Terminal was still safe.

Keywords : air pollution, EHRA, O₃, traders, transportation

PENDAHULUAN

Transportasi menjadi bagian upaya dalam mengangkut atau memindahkan suatu objek baik manusia maupun barang dari lokasi ke lokasi yang lain. Kebutuhan akan transportasi saat ini tidak terlepas dari tingginya mobilitas masyarakat dalam menjalankan suatu kegiatan. Pasca pandemi COVID-19 data BPS menyebutkan bahwa terjadi peningkatan terhadap kebutuhan transportasi sebagai penunjang mobilitas masyarakat dari 15,79% di triwulan pertama 2022 hingga pada triwulan kedua 2022 mencapai 21,27% (Kementerian

Perhubungan Republik Indonesia, 2022). Adanya peningkatan akan kebutuhan transportasi saat ini tentunya berdampak pada lingkungan sekitarnya sebagaimana transportasi atau kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber pencemar udara. Hal tersebut karena hasil buangan pada gas buang kendaraan bermotor dapat menimbulkan polusi udara. Transportasi atau kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab dari pencemaran karena dapat dipengaruhi beberapa hal seperti jenis bahan bakar, jenis dan usia mesin kendaraan, dan banyaknya jumlah kendaraan yang jalan (Kusuma, 2013).

Ozon (O_3) merupakan senyawa gas tidak berwarna, sangat beracun, dan berbau sangat tajam. Keberadaan ozon (O_3) melibatkan reaksi kimia dari NO_x dan senyawa organik volatil (VOC) berasal dari kegiatan manusia seperti gas buangan kendaraan ber motor dan kegiatan industri dengan dibantu sinar matahari. Keberadaan ozon di lapisan atmosfer pertama yakni troposfer memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Dampak lingkungan yang diakibatkan oleh ozon (O_3) dapat mengganggu proses asimilasi nitrogen yang dilakukan mikroorganisme untuk menyediakan nitrogen dalam tanah (Mallongi, 2021 : 69–80). Paparan ozon (O_3) dengan konsentrasi yang tinggi dan berulang maka dapat menimbulkan dampak kesehatan yang dapat dikeluhkan seperti sakit kepala, batuk, tenggorokan kering, dada terasa berat, dan sesak napas. Hal tersebut lantaran ozon (O_3) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur inhalasi (Ozone Solution, 2021). Dampak ozon (O_3) memiliki keterkaitan dengan peningkatan kasus pneumonia yang ada di China dalam jangka tiga tahun. Disebutkan bahwa pada tahun 2014 hingga 2017 di China menunjukkan adanya peningkatan kasus pneumonia yang dirawat di rumah sakit dari yang sebesar 0,14% pada tahun 2014 meningkat menjadi 0,17% pada tahun 2017. Hal tersebut sebanding dengan peningkatan kadar ozon sebesar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tian *et al.*, 2020).

Paparan ozon dapat memperburuk terjadinya asma sedangkan dalam jangka panjang dampak paparan terhadap ozon (O_3) dapat menurunkan fungsi paru (Susanto *et al.*, 2018). Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian dari beberapa wilayah negara yang mengungkapkan bahwa peningkatan kadar gas ozon dapat menurunkan fungsi paru paru dan berdampak pada sistem pernapasan dalam jangka pendek maupun jangka panjang sekaligus dapat menimbulkan masalah pada sistem sistem kardiovaskuler (Zhao *et al.*, 2023; Kim *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019; Balajee *et al.*, 2017). Penelitian mengenai kualitas udara ambien di wilayah perkotaan Kabupaten Jember sebagai indikator kota sehat, dilakukan di 14 titik salah satunya di Terminal Tawang Alun. Titik titik pengukuran udara yang diujikan menggunakan delapan parameter seperti SO_2 , CO, NO_2 , O_3 , TSP, H_2S , NH_3 , Pb, HC, dan kebisingan. Hasil pengukuran udara yang dilakukan terdapat tiga parameter yang melebihi baku mutu lingkungan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 salah satunya parameter O_3 . Titik yang dengan kadar O_3 yang melebihi baku mutu lingkungan yakni Terminal Tawang Alun dengan kadar O_3 paling tinggi sebesar $213 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil kadar O_3 pada titik tersebut melebihi baku mutu lingkungan sebesar $200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil lainnya mengenai senyawa pendukung terbentuknya ozon seperti NO_2 di 14 titik yang diujikan memiliki kadar rendah dibawah baku mutu lingkungan, adapun kadar NO_2 di titik Terminal Tawang Alun sebesar $5,6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Khoiron & Moelyaningrum, 2022).

Pedagang kaki lima maupun pedagang keliling kerap dijumpai di beberapa lokasi salah satu di sekitar area terminal baik di dalam terminal maupun luar terminal. Keberadaan pedagang di terminal disebabkan karena terminal merupakan tempat yang strategis dan ramai sehingga memudahkan akses pedagang dalam menjangkau pembeli. Sebab demikian, dimanfaatkan oleh pedagang dalam meraup keuntungan termasuk dalam memilih lokasi untuk berdagang (Khotimah & Murtedjo, 2018). Pedagang kaki lima menjadi bagian dari masyarakat yang terdampak paparan risiko. Hal tersebut karena pedagang menjadi salah kelompok yang sering terpajan dibanding kelompok masyarakat lainnya yang sering bekerja di lingkungan jalan raya (Malau & Hitapretiw, 2018). Berdasarkan hasil observasi yang

dilakukan, yang mana jam kerja atau waktu paparan pedagang bekerja di Terminal Tawang Alun banyak yang ≥ 8 jam yakni dari pagi hingga sore hari setiap harinya. Sebagian besar lama kerja atau durasi paparan pedagang di Terminal Tawang Alun lebih dari 5 tahun. Beberapa diantara pedagang yang berjualan di Terminal Tawang Alun mengalami keluhan kesehatan seperti batuk dan sakit kepala sebagaimana keluhan demikian bagian dari gejala akibat terpapar ozon.

Analisis risiko diartikan sebagai cara dalam menganalisis risiko dalam berbagai bidang salah satunya kesehatan lingkungan. Analisis risiko atau *risk assessment* merupakan analisis untuk memperoleh suatu informasi mengenai suatu bahan beracun maupun polutan yang berbahaya di tempat tertentu sekaligus melakukan penilaian risiko pada masyarakat sekitarnya yang terpapar sehingga dapat dilakukan pengambilan keputusan maupun tindakan dalam melindungi kesehatan masyarakat, yang mana sasaran dalam penelitian ini adalah para pedagang yang berada dalam Terminal Tawang Alun sebagai salah satu masyarakat yang terdampak. Ditentukannya suatu keadaan berisiko dinilai dari durasi paparan, frekuensi paparan, dan keparahan dampak yang dapat ditimbulkan (Soemirat, 2013: 7–11).

Penilaian risiko dengan analisis risiko dapat mampu memprediksikan besaran tingkat risiko yang dialami masyarakat terhadap paparan risiko yang ada di lingkungan masyarakat. Analisis risiko juga dapat menjadi penilaian status kesehatan pada masyarakat khususnya yang terdampak terhadap paparan risiko di lingkungan sebagaimana fokus analisis risiko yakni potensi risiko yang dapat menjadi sumber paparan dan berdampak pada kesehatan masyarakat (Pitriani & Herawanto, 2019). Menurut jenis paparan risiko, ozon (O_3) termasuk memiliki karakteristik yang non karsinogenik yang mana dalam artian tidak menimbulkan risiko kasus kanker (Direktur Jenderal PP dan PL, 2012, p. 38)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan ozon (O_3) pada pedagang di Terminal Tawang Alun Jember.

METODE

Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan desain penelitiannya *cross sectional study*. Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Populasi pada penelitian ini adalah para pedagang di Terminal Tawang Alun sebanyak 20 orang sebagaimana teknik pengambilan sampel menggunakan *total sampling* dengan jumlah sampel responden sebanyak 20 orang pedagang. Analisis data menggunakan analisis univariat. Teknik pengisian data antropometri seperti waktu paparan, frekuensi paparan, dan durasi paparan dilakukan dengan wawancara kepada masing masing pedagang, sedangkan data antropometri berat badan pedagang dilakukan dengan observasi pengukuran berat badan kepada masing masing pedagang menggunakan timbangan berat badan digital. Pengambilan sampel udara berdasarkan titik sumber pencemar dan persebaran pedagang yang berjualan dilakukan di tiga titik di area Terminal Tawang Alun (area parkir angkutan umum, pintu keluar masuk penumpang bus, dan area parkir bus) secara bersamaan selama 30 menit pada pukul 10.00-10.30 WIB menggunakan alat spektrofotometer. Penelitian ini telah melalui kajian etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dengan nomor No.1920/UN25.8/KEPK/DL/2023.

HASIL

Gambaran Lokasi dan Kepadatan Transportasi di Terminal Tawang Alun

Berdasarkan tabel 1 terkait jumlah kedatangan dan keberangkatan bus antar kota dalam provinsi (AKDP) dan bus antar kota antar provinsi (AKAP) di Terminal Tawang Alun setelah pandemi COVID-19 pada Maret 2023, yang datang sebanyak 1.805 unit dan yang berangkat

sebanyak 4.551 unit sedangkan jumlah kepadatan bus sebelum pandemi COVID-19 pada Maret 2019 yang datang sebanyak 4.077 unit serta yang berangkat sebanyak 7.419 unit.

Tabel 1. Jumlah Kepadatan Bus di Terminal Tawang Alun

Waktu	Keberangkatan	Kedatangan
Maret 2019	7419 unit bus	4077 unit bus
Maret 2023	4551 unit bus	1805 unit bus

Identifikasi Kadar Ozon (O₃)

Tabel 2. Identifikasi Bahaya Ozon di Terminal Tawang Alun

Sumber dan Media lingkungan penggunaan	Media potensial	Agen Risiko	Konsentrasi		
			Minimal	Rata-rata	Maksimal
Transportasi Umum di Terminal	Udara	Ozon (O ₃)	< 19,9 µg/m ³	< 19,9 µg/m ³	< 19,9 µg/m ³

Berdasarkan tabel 2 terkait pengukuran kadar ozon (O₃) di udara ambien dilakukan di tiga di tiga titik area Terminal Tawang Alun. Titik 1 terletak di area parkir angkutan umum Terminal Tawang Alun. Titik 2 pintu keluar masuk penumpang bus Terminal Tawang Alun. Titik 3 dekat area parkir bus Terminal Tawang Alun. Pengukuran dilakukan secara bersamaan di tiga titik selama 30 menit pada pukul 10.00-10.30 WIB. Pengukuran konsentrasi dilakukan di tiga titik untuk mendapatkan konsentrasi minimal, maksimal, dan rata-rata. Hasil pengukuran di tiga titik seluruhnya sebesar sebesar <19,9 µg/m³ sehingga untuk memudahkan dalam perhitungan pajanan, nilai konsentrasi ozon ditetapkan sebesar 19,9 µg/m³.

Dosis Respon Ozon (O₃)

Tabel 3. Nilai Konsentrasi Batas Maksimum Ozon (O₃)

Agen	Konsentrasi Batas Maksimum	Efek kritis dan Referensi
Ozon (O ₃)	5 ppm = 9,8 mg/m ³	Iritasi pada mata dan gangguan sistem pernapasan (NIOSH)

Berdasarkan tabel 3 nilai *RfC* untuk agen ozon (O₃) menggunakan nilai konsentrasi batas maksimum dari NIOSH sebagaimana nilai *RfC* belum tersedia di IRIS, sehingga nilai *RfC* perlu diturunkan dengan syarat dosis eksperimental harus mencantumkan data antropometri yang jelas. Nilai konsentrasi (C) nilai konsentrasi batas maksimum ozon (O₃) berdasarkan NIOSH yakni 9,8 mg/m³. Nilai dari berat badan, waktu pajanan, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan di atas menggunakan nilai median dari hasil uji normalitas pada hasil wawancara sedangkan untuk *rate* (laju inhalasi) dan periode waktu rata-rata menggunakan nilai default EPA.

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

$$RfC_{O_3} = \frac{9,8 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 11 \frac{jam}{hari} \times 336 \frac{hari}{tahun} \times 12 \text{ tahun}}{59kg \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$$RfC_{O_3} = 0,558 \text{ mg/kg/hari}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan nilai konsentrasi referensi (*RfC*) untuk ozon (O₃) adalah 0,558 mg/kg/hari.

Pajanan Ozon (O₃) pada Pedagang di Terminal Tawang Alun**Pajanan ozon pada tingkat populasi**

Perhitungan pajanan atau intake pada tingkat populasi dalam penelitian adalah seluruh pedagang yang ada di Terminal Tawang Alun. Berikut ini distribus terkait data karakteristik responden:

Tabel 4. Distribusi Terkait Karakteristik Responden

No.	Karakteristik	Jumlah (orang)	Persentase (%)
1.	Usia		
	a. 35-44 tahun	6	30
	b. 45-54 tahun	9	45
	c. 55-64 tahun	2	10
	d. ≥ 65 tahun	3	15
	Total	20	100
2.	Berat Badan		
	a. 35.00 - 44.99 kg	1	5
	b. 45.00 - 54.99 kg	6	30
	c. 55.00 - 64.99 kg	8	40
	d. 65.00 - 74.99 kg	2	10
	e. 75.00 - 84.99 kg	2	10
	f. 85.00 – 94.99 kg	1	5
	Total	20	100
3.	Waktu Pajanan		
	a. ≤ 8 jam	2	10
	b. > 8 jam	18	90
	Total	20	100
4.	Laju Inhalasi		
	a. 0,83 m ³ /jam	20	100
	b. 0,5 m ³ /jam	0	0
	Total	20	100
5.	Durasi Pajanan		
	a. 1 – 5 tahun	3	15
	b. 6 – 10 tahun	5	25
	c. 11 – 15 tahun	5	25
	d. 16 – 20 tahun	2	10
	e. 21 – 25 tahun	2	10
	f. 26 – 30 tahun	3	15
	Total	20	100
6.	Frekuensi Pajanan		
	a. 288 hari/tahun	8	40
	b. 336 hari/tahun	12	60
	Total	20	100

Berdasarkan hasil penelitian dalam tabel 4 disebutkan bahwa kategori usia responden lebih banyak berusia 45-54 tahun yang mana sebanyak 9 responden dengan persentase (45%). Berat badan responden atau pedagang mayoritas memiliki berat badan 55.00 – 64.00 kg sebagaimana jumlahnya sebanyak 8 responden dengan persentase (40%). Waktu pajanan pada mayoritas responden yakni ≥8 jam yang mana sebanyak 18 responden dengan persentase (90%). Berdasarkan dari usia seluruh responden termasuk dalam kategori dewasa maka, laju inhalasi mayoritas responden sebesar 0,83 m³/jam dengan persentase (100%). Terkait data frekuensi pajanan responden, nilai frekuensi pajanan pada pedagang didasarkan pada hasil wawancara para pedagang yang berjualan atau bekerja selama 6 hari dan 7 hari dengan diasumsikan berjualan selama 12 bulan/tahun, sehingga dari asumsi tersebut frekuensi pajanan pada pedagang terdapat dua nilai yakni 288 hari/tahun dan 336 hari/tahun

dengan mayoritas frekuensi pajanan yang didapat selama 336 hari/tahun sebagaimana jumlah responden sebanyak 12 responden dengan persentase (60%).

Tabel 5. Uji Normalitas Karakteristik Responden

Karakteristik	Hasil Uji Normalitas
Berat Badan (W_b)	0.032
Durasi Pajanan (D_t)	0.044
Waktu Pajanan (t_E)	0.000
Frekuensi Pajanan (f_E)	0.000

Berdasarkan tabel 5 terkait hasil uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* yang mana diketahui jumlah sampel <30 responden. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas pada data berat badan menunjukkan *p-value* sebesar 0,032 (*p-value* < 0,05) yang mana artinya tidak berdistribusi normal. Data berat badan yang tidak berdistribusi normal, maka dalam perhitungan ARKL menggunakan nilai median. Nilai median dari data berat badan responden adalah 59kg.

Hasil uji normalitas pada data waktu pajanan didapatkan *p-value* sebesar 0,000 (*p-value* < 0,05) yang mana artinya tidak berdistribusi normal, maka dalam perhitungan ARKL menggunakan nilai median. Nilai median dari data waktu pajanan responden adalah 11 jam. Terkait data durasi pajanan yang dilakukan uji normalitas didapatkan data tidak berdistribusi normal, karena *p-value* yang didapatkan sebesar 0,044 (*p-value* < 0,05). Data durasi pajanan yang tidak berdistribusi normal, maka dalam perhitungan ARKL menggunakan nilai median. Nilai median dari data durasi pajanan responden adalah 12 tahun. Hasil uji normalitas pada data frekuensi pajanan didapatkan *p-value* sebesar 0,000 (*p-value* < 0,05) yang mana artinya tidak berdistribusi normal. Data frekuensi pajanan yang tidak berdistribusi normal, maka dalam perhitungan ARKL menggunakan nilai median. Nilai median dari data frekuensi pajanan responden adalah 336 hari/tahun.

Nilai variabel perhitungan *intake* pada tingkat populasi seperti berat badan, waktu pajanan, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan menggunakan nilai median sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi O}_3 : 19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,0199 \text{ mg}/\text{m}^3$$

$$\text{Waktu pajanan} : 11 \text{ jam}/\text{hari}$$

$$\text{Frekuensi pajanan} : 336 \text{ hari}/\text{tahun}$$

$$\text{Durasi pajanan} : 12 \text{ tahun}$$

$$\text{Berat badan} : 59 \text{ kg}$$

Perhitungan *intake* non karsinogenik (*realtime*)

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

$$I_{realtime} = \frac{0,0199 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 11 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 336 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 12 \text{ tahun}}{59 \text{ kg} \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}})}$$

$$I_{realtime} = 0,0011 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$$

Perhitungan *intake* non karsinogenik (*lifetime*)

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

$$I_{lifetime} = \frac{0,0199 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 11 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 336 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{59 \text{ kg} \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}})}$$

$$I_{lifetime} = 0,0028 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$$

Pajanan ozon pada tingkat individu

Perhitungan intake non karsinogenik ozon pada tingkat individu dilakukan dengan menghitung intake masing masing individu yang menjadi responden dalam penelitian ini. Nilai variabel seperti berat badan waktu pajanan, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan disesuaikan dengan masing masing individu. Perhitungan intake pada tiap responden didapatkan perhitungan intake paling tinggi dan paling rendah.

Intake pajanan ozon (O₃) tertinggi pada individu

Berdasarkan perhitungan intake pada masing masing individu, didapatkan intake pajanan ozon tertinggi pada individu secara *realtime* maupun *lifetime* pada responden nomor 7 berusia 69 tahun, dengan nilai variabel perhitungan intake sebagai berikut:

Konsentrasi O₃ : 19,9 µg/m³ = 0,0199 mg/m³

Waktu pajanan : 11 jam/hari

Frekuensi pajanan : 336 hari/tahun

Durasi pajanan : 26 tahun

Berat badan : 51,6kg

Perhitungan intake non karsinogenik (*realtime*)

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

$$I_{realtime} = \frac{0,0199 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 11 \frac{jam}{hari} \times 336 \frac{hari}{tahun} \times 26 \text{ tahun}}{51,6kg \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$I_{realtime} = 0,0046 \text{ mg/kg/hari}$

Perhitungan intake non karsinogenik (*lifetime*)

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

$$I_{lifetime} = \frac{0,0199 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 11 \frac{jam}{hari} \times 336 \frac{hari}{tahun} \times 30 \text{ tahun}}{51,6kg \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$I_{lifetime} = 0,0053 \text{ mg/kg/hari}$

Intake pajanan ozon (O₃) terendah pada individu

Berdasarkan perhitungan intake pada masing masing individu, didapatkan intake pajanan ozon terendah pada individu secara *realtime* pada responden nomor 18 berusia 46 tahun, dengan nilai variabel perhitungan intake sebagai berikut:

Konsentrasi O₃ : 19,9 µg/m³ = 0,0199 mg/m³

Waktu pajanan : 13 jam/hari

Frekuensi pajanan : 288 hari/tahun

Durasi pajanan : 2 tahun

Berat badan : 52,4 kg

Perhitungan intake non karsinogenik terendah pada tingkat individu (*realtime*)

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

$$I_{realtime} = \frac{0,0199 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 13 \frac{jam}{hari} \times 288 \frac{hari}{tahun} \times 2 \text{ tahun}}{52,4kg \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$I_{realtime} = 0,0002 \text{ mg/kg/hari}$

Berdasarkan perhitungan intake pada masing masing individu, didapatkan intake pajanan ozon terendah pada individu secara *lifetime* pada responden nomor 12 berusia 60 tahun, dengan nilai variabel perhitungan intake sebagai berikut:

Konsentrasi O₃ : 19,9 µg/m³ = 0,0199 mg/m³

Waktu pajanan : 6 jam/hari
 Frekuensi pajanan : 336 hari/tahun
 Durasi pajanan : 21 tahun
 Berat badan : 61,1 kg

Perhitungan intake non karsinogenik terendah pada tingkat individu (*lifetime*)

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

$$I_{lifetime} = \frac{0,0199 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 6 \frac{jam}{hari} \times 336 \frac{hari}{tahun} \times 30 \text{ tahun}}{61,1kg \times (30 \text{ tahun} \times 365 \frac{hari}{tahun})}$$

$$I_{lifetime} = 0,0014 \text{ mg/kg/hari}$$

Karakterisasi Risiko pada Pedagang Akibat Pajanan Ozon (O₃) di Terminal Tawang Alun

Karakterisasi risiko ozon pada tingkat populasi

Berikut ini nilai variabel perhitungan tingkat risiko pada pedagang yang terpajan Ozon (O₃) di Terminal Tawang Alun.

$$I_{realtime (nk)} = 0,0011 \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{lifetime (nk)} = 0,0028 \text{ mg/kg/hari}$$

$$RfC = 0,558 \text{ mg/kg/hari}$$

Perhitungan karakterisasi risiko tingkat populasi (*realtime*)

$$RQ_{realtime} = \frac{I_{realtime}}{RfC} = \frac{0,0011 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,002$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) pada populasi secara *realtime* ($0,002 \leq 1$) sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O₃ sebesar 0,0199 mg/m³ secara inhalasi pada pedagang yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun dengan berat badan 59 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 336 hari/tahun dan telah terpajan 12 tahun

Perhitungan karakterisasi risiko tingkat populasi (*lifetime*)

$$RQ_{lifetime} = \frac{I_{lifetime}}{RfC} = \frac{0,0028 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,005$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) pada populasi secara *lifetime* ($0,005 \leq 1$) sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O₃ sebesar 0,0199 mg/m³ secara inhalasi pada pedagang yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun dengan berat badan 59 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 336 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

Karakterisasi risiko ozon pada tingkat individu

Karakterisasi risiko pajanan ozon (O₃) tertinggi pada individu

Berikut ini nilai variabel perhitungan tingkat risiko pada responden nomor 7 yang terpajan ozon (O₃) di Terminal Tawang Alun dengan intake tertinggi secara *realtime* maupun *lifetime*.

$$I_{realtime (nk)} = 0,0046 \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{lifetime (nk)} = 0,0053 \text{ mg/kg/hari}$$

$$RfC = 0,558 \text{ mg/kg/hari}$$

Perhitungan karakterisasi risiko tertinggi tingkat individu (*realtime*)

$$RQ_{realtime} = \frac{I_{realtime}}{RfC} = \frac{0,0046 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,0082$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) tertinggi pada responden nomor 7 secara *realtime* sebesar ($0,0082 \leq 1$) sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O₃ sebesar 0,0199 mg/m³ secara inhalasi pada pedagang nomor 7 yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun

dengan berat badan 51,6 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 336 hari/tahun dan telah terpajan 26 tahun.

Perhitungan karakterisasi risiko tertinggi tingkat individu (*lifetime*)

$$RQ_{lifetime} = \frac{I_{lifetime}}{RfC} = \frac{0,0053 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,0095$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) tertinggi pada responden nomor 7 secara *lifetime* sebesar $(0,0095) \leq 1$ sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O_3 sebesar $0,0199 \text{ mg/m}^3$ secara inhalasi pada pedagang nomor 7 yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun dengan berat badan 51,6 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 336 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

Karakterisasi risiko pajanan ozon (O_3) terendah pada individu

Berikut ini nilai variabel perhitungan tingkat risiko pada responden nomor 18 yang terpajan ozon (O_3) di Terminal Tawang Alun dengan intake terendah secara *realtime* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I_{realtime} (nk) &= 0,0002 \text{ mg/kg/hari} \\ RfC &= 0,558 \text{ mg/kg/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan karakterisasi risiko terendah tingkat individu (*realtime*)

$$RQ_{realtime} = \frac{I_{realtime}}{RfC} = \frac{0,0002 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,0004$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) terendah pada responden nomor 18 secara *realtime* sebesar $(0,0004) \leq 1$ sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O_3 sebesar $0,0199 \text{ mg/m}^3$ secara inhalasi pada pedagang nomor 18 yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun dengan berat badan 52,4 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 288 hari/tahun dan telah terpajan 2 tahun.

Berikut ini nilai variabel perhitungan tingkat risiko pada responden nomor 12 yang terpajan ozon (O_3) di Terminal Tawang Alun dengan intake terendah secara *lifetime* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I_{lifetime} (nk) &= 0,0014 \text{ mg/kg/hari} \\ RfC &= 0,558 \text{ mg/kg/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan karakterisasi risiko terendah tingkat individu (*lifetime*)

$$RQ_{lifetime} = \frac{I_{lifetime}}{RfC} = \frac{0,0014 \text{ mg/kg/hari}}{0,558 \text{ mg/kg/hari}} = 0,0025$$

Hasil perhitungan tingkat risiko (*RQ*) terendah pada responden nomor 12 secara *lifetime* sebesar $(0,0025) \leq 1$ sehingga diinterpretasikan bahwa pajanan O_3 sebesar $0,0199 \text{ mg/m}^3$ secara inhalasi pada pedagang nomor 12 yang bekerja di sekitar Terminal Tawang Alun dengan berat badan 61,1 kg, masih aman untuk frekuensi pajanan selama 336 hari/tahun hingga 30 tahun mendatang.

Pengelolaan Risiko

Diketahui dari hasil penentuan tingkat risiko paparan ozon pada pedagang masih aman (≤ 1) baik secara *realtime* maupun *lifetime*. Adapun upaya yang dapat dilakukan terhadap langkah pengelolaan risiko yakni berupa pencegahan ataupun pengendalian agar tetap aman. Pengelolaan risiko dilakukan dengan tiga pendekatan. Pendekatan pertama yakni pendekatan teknologi yang telah diterapkan pihak Terminal Tawang Alun adalah dengan menyediakan ruang terbuka hijau. Penekatan kedua adalah pendekatan sosial-ekonomi yang telah dilakukan pihak Terminal Tawang Alun adalah pemberian santunan dalam bentuk tunai kepada masyarakat sekitar termasuk salah satunya para pedagang yang ada di Terminal Tawang Alun ketika perayaan hari besar. Pendekatan ketiga adalah pendekatan institusional sebagaimana pada pendekatan institusional berbeda dengan pendekatan lainnya, pendekatan secara institusional belum pernah dilakukan pihak Terminal Tawang Alun dengan pihak instansi manapun saat ini.

PEMBAHASAN

Gambaran Lokasi dan Kepadatan Transportasi di Terminal Tawang Alun

Kondisi kepadatan transportasi umum bus seluruhnya di Terminal Tawang Alun setelah pandemi COVID-19 pada bulan Maret 2023 rata-rata perharinya yang datang sebanyak 58 unit dan rata-rata perharinya yang berangkat sebanyak 147 unit sedangkan sebelum pandemi COVID-19 pada bulan Maret 2019 rata-rata perharinya yang datang sebanyak 582 unit dan rata-rata perharinya yang berangkat sebanyak 1.060 unit. Perbedaan antara jumlah bus yang datang dengan yang berangkat disebabkan seperti waktu kedatangan bus yang tiba di terminal ataupun keberangkatan bus dari terminal yang tidak terhitung saat jam operasional kantor sehingga biasanya hal tersebut terhitung saat esok harinya. Alasan lainnya bisa disebabkan penginputan bus yang datang masih manual sehingga berpeluang rawan terjadi kesalahan saat penginputan. Kedatangan bus yang tidak terinput oleh pos kedatangan, selanjutnya akan terinput di pos keberangkatan ketika bus tersebut akan berangkat (Mardiyati & Cholifah, 2022).

Kondisi kepadatan transportasi di Terminal Tawang Alun nampak berbeda saat sebelum dan setelah adanya pandemi COVID-19. Hal tersebut terdapat perbedaan jumlah transportasi seperti bus dan angkutan umum yang beroperasi sebelum COVID-19 lebih tinggi daripada setelah COVID-19. Kondisi demikian sejalan dengan penelitian yang ada di Terminal Rajabasa sebagaimana kondisi Terminal Rajabasa di Bandar Lampung pada penelitian tersebut saat pandemi COVID-19 sepi sehingga mempengaruhi aktivitas mobilitas transportasi umum (Santiti *et al.*, 2022)

Identifikasi Kadar Ozon (O₃)

Tahap identifikasi bahaya merupakan tahap awal dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan mengetahui potensi bahaya secara spesifik pada agen risiko yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada masyarakat yang terdampak akibat terpajan agen risiko tersebut. Agen risiko yang ada di sekitar Terminal Tawang Alun dalam penelitian ini adalah ozon (O₃). Ozon (O₃) merupakan gas yang berasal dari hasil reaksi gas buangan kendaraan bermotor (NO_x) dan senyawa organik volatil (VOC) yang dibantu sinar matahari (Mallongi, 2021).

Pengukuran ozon pada penelitian ini dilakukan di tiga titik sebagaimana persebaran titik disesuaikan dengan keberadaan transportasi umum serta tersebarnya responden yakni pedagang yang berjualan di area Terminal Tawang Alun. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi ozon pada tiga titik di area Terminal Tawang Alun, diketahui ketiganya sebesar 19,9 µg/m³. Besar kecilnya nilai konsentrasi ozon dipengaruhi karena faktor meteorologi serta sumber pencemar yang mana pada penelitian ini adalah transportasi atau kendaraan bermotor seperti bus dan angkutan umum. Bila suhu, kecepatan angin, dan intensitas matahari tinggi serta kelembapan udara yang rendah maka kadar ozon pun tinggi. Terlebih jika faktor sumber pencemar seperti transportasi pada lokasi penelitian ramai maka kadar ozon berpotensi tinggi (Hayati, 2014).

Hasil pengukuran kadar ozon yang dilakukan peneliti dengan peneliti sebelumnya pada latar belakang nampak beda jauh. Penyebabnya tidak lain karena peneliti sebelumnya pengukuran dilakukan sebelum masa pandemi COVID-19 sebagaimana jumlah transportasi di lokasi penelitian Terminal Tawang Alun kala itu pada tahun 2019 masih ramai. Lain halnya dengan kondisi pengukuran ozon pasca pandemi COVID-19 saat ini sebagaimana kondisi transportasi di Terminal Tawang Alun sekarang nampak tidak begitu ramai seperti sebelum pandemi. Disebutkan dalam penelitian mengenai monitoring konsentrasi karbon monoksida di Terminal Tawang Alun Kabupaten Jember yakni semakin ramai transportasi umum seperti bus di Terminal Tawang Alun beroperasi semakin tinggi pula tingkat

pencemaran gas polutan udara di Terminal Tawang Alun. (Purnama *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat menyatakan bahwa masyarakat yang terpapar ozon terlebih tinggal di wilayah dengan suhu tinggi maka berisiko terkena penyakit gangguan pernapasan. Apabila terdapat gejala gangguan pernapasan dan tidak ditangani maka dikhawatirkan berdampak pada kematian yang disebabkan penyakit pernapasan yang tidak lain karena terpajan ozon. Oleh karena itu dalam penelitian tersebut menyimpulkan bahwa bahaya paparan ozon dalam jangka panjang dapat menimbulkan risiko kematian (Lim *et al.*, 2019).

Dosis Respon Ozon (O₃)

Penentuan dosis respon pada Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan untuk mengetahui keterkaitan antara jumlah total agen risiko yang diterima suatu populasi maupun individu dengan perubahan yang terjadi pada populasi atau individu setelah menerima paparan agen risiko. Nilai konsentrasi referensi (*RfC*) pada ozon (O₃) diturunkan dari nilai batas konsentrasi maksimum di *NIOSH* yakni sebesar 5 ppm atau 9,8 mg/m³. Sebab nilai *RfC* diturunkan karena nilai *RfC* ozon (O₃) tidak terdaftar di *Integrated Risk Information System (IRIS)*. Nilai konsentrasi maksimum ozon (O₃) dari *NIOSH* tersebut diturunkan menggunakan persamaan konsentrasi referensi dengan syarat dosis eksperimental mencantumkan faktor antropometri yang jelas seperti berat badan, waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan. Diketahui dari hasil perhitungan tersebut untuk konsentrasi referensi ozon (O₃) sebesar 0,558 mg/kg/hari. Satuan konsentrasi referensi dinormalisasikan menjadi mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dengan data berat badan (Direktur Jenderal PP dan PL, 2012 : 16–22).

Pajanan Ozon (O₃) pada Pedagang di Terminal Tawang Alun

Perhitungan intake non karsinogenik ozon terdapat dua kategori yakni perhitungan intake secara *realtime* baik pada tingkat populasi dan individu serta perhitungan intake secara *lifetime* pada tingkat populasi dan individu. Perhitungan intake secara *realtime* didasarkan pada lamanya durasi pajanan responden beraktivitas di lokasi penelitian. Perhitungan secara *lifetime* didasarkan pada perhitungan pajanan seumur hidup yang diestimasi hingga 30 tahun mendatang sebagaimana masuk dalam nilai default. Variabel perhitungan ARKL seperti nilai berat badan, waktu pajanan, durasi pajanan, dan frekuensi pajanan pada perhitungan intake non karsinogenik ozon (O₃) terlebih dahulu dilakukan uji normalitas. Hasil uji normalitas seluruhnya tidak berdistribusi normal sehingga setiap variabel menggunakan nilai mediannya. Dalam perhitungan ARKL yang tidak berdistribusi normal, nilai median pada masing masing variabel digunakan sebagai nilai rata-rata berat badan dan penggambaran data waktu pajanan, durasi pajanan, serta frekuensi pajanan yang bervariasi (Alwi *et al.*, 2016).

Berdasarkan perhitungan intake terhadap paparan ozon (O₃) pada pedagang di Terminal Tawang Alun pada tingkat populasi maupun individu, bila dibandingkan nilai dari hasil intake secara *realtime* lebih kecil daripada nilai dari hasil intake secara *lifetime*. Hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian mengenai pajanan karbon monoksida (CO) pada pedagang di sepanjang jalan Kabupaten Semarang yang mana nilai intake secara *lifetime* lebih besar daripada nilai dari intake secara *realtime*. Hal tersebut diakibatkan dari durasi pajanan pada intake secara *lifetime* lebih besar yang mana diestimasi 30 tahun (Pamungkas *et al.*, 2017). Hasil perhitungan intake paparan ozon pada pedagang di Terminal Tawang Alun dipengaruhi dari nilai konsentrasi pada agen risiko. Penelitian analisis risiko pajanan PM 2,5 pada masyarakat di kawasan industri semen menyebutkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi pada agen risiko maka nilai intakenya juga besar. Diketahui pada penelitian paparan risiko ozon pada pedagang di Terminal Tawang Alun ini, konsentrasi ozon sangat kecil yakni 19,9

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ sehingga hasil perhitungan intakenya pun juga kecil baik secara *realtime* maupun *lifetime* pada tingkat populasi dan individu (Novirsa & Achmadi, 2012).

Karakterisasi Risiko pada Pedagang Akibat Paparan Ozon (O_3) di Terminal Tawang Alun

Karakterisasi risiko merupakan langkah terakhir ARKL untuk menentukan tingkat risiko dari konsentrasi pada agen risiko yang telah dianalisis dapat berisiko memicu gangguan kesehatan di masyarakat atau tidak. Hasil dari perhitungan tingkat risiko jika $RQ \leq 1$ maka dinyatakan aman, sedangkan jika $RQ > 1$ maka dinyatakan tidak aman. Penentuan tingkat risiko perlu diinterpretasi agar dapat diterima masyarakat. Interpretasi tingkat risiko untuk dapat diterima di masyarakat harus memuat pernyataan risiko, jalur paparan, konsentrasi agen risiko, populasi atau individu yang berisiko, berat badan populasi atau individu yang berisiko, frekuensi paparan dari populasi atau individu yang berisiko serta durasi paparan dari populasi atau individu yang berisiko (Direktur Jenderal PP dan PL, 2012: 28–29).

Hasil karakterisasi risiko baik secara *realtime* maupun *lifetime* pada tingkat populasi dan individu sama yakni $RQ \leq 1$ atau dapat diartikan aman. Hasil karakterisasi risiko tersebut sejalan dengan hasil perhitungan tingkat risiko terhadap paparan ozon pada pedagang kaki lima di pinggir jalan Kota Surabaya yakni $RQ \leq 1$ (Sachavania, 2013). Begitupun dengan penelitian terkait hasil tingkat risiko terhadap paparan ozon pada karyawan toko di pinggir jalan Kota Ambon memiliki nilai $RQ \leq 1$. Hasil demikian menandakan bahwa agen risiko ozon dengan jalur paparan secara inhalasi masih aman (Rumselly, 2016).

Hasil perhitungan karakterisasi risiko tentunya dipengaruhi hasil perhitungan intake atau paparan. Menurut penelitian mengenai paparan nitrogen dioksida (NO_2) pada pedagang kaki lima di Terminal Pulogadung Jakarta Timur menyebutkan bahwa karakterisasi risiko atau tingkat risiko dengan $RQ \leq 1$ atau dalam artian aman, diakibatkan nilai konsentrasi agen risiko yang rendah dan nilai berat badan yang besar. Diketahui pada penelitian paparan risiko ozon pada pedagang di Terminal Tawang Alun ini, nilai konsentrasi O_3 rendah yakni $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan rata-rata berat badan pedagang di Terminal Tawang Alun sebesar 59 kg, di atas rata-rata berat badan orang Asia sebesar 55kg (nilai berat badan orang Asia tersebut merupakan nilai default pada perhitungan paparan atau intake ARKL) (Amaliana *et al.*, 2016).

Pengelolaan Risiko

Berdasarkan perhitungan tingkat risiko secara *realtime* dan *lifetime* baik tingkat populasi maupun individu menyatakan bahwa paparan ozon (O_3) masih dalam kategori aman bagi pedagang di area Terminal Tawang Alun Kabupaten Jember. Meskipun masih dalam kategori aman, namun harus tetap dilakukan tindakan pengelolaan risiko agar tingkat risikonya masih dan terus aman. Pengelolaan risiko yang dapat diupayakan untuk mempertahankan kondisi aman demikian dilakukan dengan tiga pendekatan diantaranya pendekatan teknologi, sosial-ekonomi, dan institusional (Direktur Jenderal PP dan PL, 2012: 30–35).

Pendekatan pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan tiga pendekatan. Pendekatan pertama yakni pendekatan teknologi. Penyediaan ruang terbuka hijau dengan penanaman tanaman dan pepohonan yang menyerap polutan dari bus dan angkutan umum merupakan salah satu pendekatan teknologi yang diterapkan pihak Terminal Tawang Alun. Penyediaan ruang terbuka hijau yang diterapkan Terminal Tawang Alun sama halnya dengan terminal bus tipe A di Banda Aceh juga menyediakan ruang terbuka hijau sebagai bentuk dari penerapan konsep desain bangunan yang ramah lingkungan (Nada *et al.*, 2022). Pendekatan kedua yakni pendekatan sosial-ekonomi. Pemberian santunan dalam bentuk tunai oleh pihak Terminal Tawang Alun kepada pedagang dan masyarakat sekitar saat perayaan hari besar merupakan bentuk pendekatan sosial-ekonomi yang diterapkan pihak Terminal Tawang Alun.

Kegiatan sosial yang pernah dilakukan pihak Terminal Tawang Alun juga turut dilakukan Terminal Baranangsiang di Kota Bogor kepada masyarakat sekitar kawasan terminal (Aprilia *et al.*, 2022).

Pendekatan ketiga adalah pendekatan institusional. Pendekatan institusional belum dilakukan Terminal Tawang Alun untuk bekerja sama dengan instansi manapun terhadap pengelolaan risiko lingkungan. Hal tersebut karena Terminal Tawang Alun di bawah naungan Pemerintah Pusat sehingga seperti contoh Dinas Lingkungan Hidup untuk melakukan kegiatan pemantauan dan pengukuran kualitas udara di Terminal Tawang Alun dalam perizinannya membutuhkan proses yang cukup panjang.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah berdasarkan hasil penentuan karakterisasi risiko pajanan ozon secara inhalasi terhadap para pedagang di Terminal Tawang Alun di tingkat populasi maupun individu baik *realtime* maupun *lifetime* adalah nilai $RQ \leq 1$ dengan artian bahwa tingkat risiko pajanan ozon tersebut secara inhalasi pada pedagang di Terminal Tawang Alun masih aman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih atas bantuan dari semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, J., Yasnani, Y., & Ainurafiq, A. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Pajanan Timbal (Pb) pada Masyarakat yang Mengonsumsi Kerang Kalandue (*Polymesoda erosa*) dari Tambak Sekitar Sungai Wanggu dan Muara Teluk Kendari. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Unsyiah*, 1(3).
- Amaliana, A., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Pedagang Kaki Lima di Terminal Pulogadung Jakarta Timur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 801–809. <https://doi.org/10.14710/jkm.v4i4.14346>
- Aprilia, N. P., Taftazani, B. M., & Darwis, R. S. (2022). Pemenuhan Hak Anak Keluarga Marginal di Kawasan Terminal Baranangsiang Kota Bogor Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Pekerjaan Sosial*, 5(2), 171–177. <https://doi.org/10.24198/focus.v5i2.43043>
- Balajee, K. L., Babu, S., Suliankatchi, R., & Meena, S. (2017). Characteristics of the Ozone pollution and its health effects in India. *International Journal of Medical Public Health*, 7(1), 56–60.
- Direktur Jenderal PP dan PL. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Hayati, F. (2014). *Pemetaan Konsentrasi Gas Ozon (O₃) di Udara Ambien Kawasan Selatan Kota Padang*. [Andalas University]. <http://repo.unand.ac.id/2951/>
- Irwan, Surnata, Tungkup, D. L., & Perdana, F. W. (2022). *Dasar Dasar Transportasi*. Nas Media Pustaka.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2022). *Sektor Transportasi Tumbuh 21,27%: Menhub Minta Semua Pihak Jaga Momentum Pertumbuhan Positif*. <https://dephub.go.id/post/read/sector-transportasi-tumbuh-21,27-menhub-minta-semua-pihak-jaga-momentum-pertumbuhan-positif>.

- Khoiron, & Moelyaningrum, A. D. (2022). Analisis Kualitas Udara Ambien di Kabupaten Jember Sebagai Salah Satu Indikator Kota Sehat. *Buletin Poltanesa*, 23(1). <https://doi.org/10.51967/tanesa.v23i1.1084>
- Khotimah, S. K. & Murtedjo. (2018). Kajian Eksistensi Pedagang Kaki Lima di Terminal Krian Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo (Studi Kasus Pedagang Kaki Lima di Terminal Krian). *Swara Bhumi*, 5(6). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/23124>
- Kim, S.-Y., Kim, E., & Kim, W. J. (2020). Health Effects of Ozone on Respiratory Diseases. *Tuberculosis & Respiratory Diseases*, 83(1). <https://doi.org/10.4046%2Ftrd.2020.0154>
- Kusuma, Y. (2013). Pengaruh Bahan Bakar pada Aktivitas Transportasi Terhadap Pencemaran Udara. *Sigma-Mu*, 5(1). <https://doi.org/10.35313/sigmamu.v5i1.851>
- Lim, C. C., Hayes, R. B., Ahn, J., Shao, Y., Silverman, D. T., Jones, R. R., Garcia, C., Bell, M. L., & Thurston, G. D. (2019). Long-Term Exposure to Ozone and Cause-Specific Mortality Risk in the United States. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(8). <https://doi.org/10.1164/rccm.201806-1161oc>
- Malau, F. H. Y., & Hitapretiw, M. A. (2018). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Karbon Monoksida Pada Hari Kerja dan *Car Free Day* di Kawasan Jalan Raya Puputan Niti Mandala Renon Denpasar Tahun 2016. *Archive of Community Health*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.24843/ACH.2018.v05.i01.p03>
- Mallongi, A. (2021). *Polutan Penyebab Pemanasan Global dan Analisis Risiko*. Gosyen Publishing.
- Mardiyati, S., & Cholifah, W. N. (2022). Sistem Penjadwalan Bus di Terminal Jatijajar Depok Menggunakan Algoritma *Round Robin*. *Jurnal Fasilkom*, 12(1). <https://doi.org/10.37859/jf.v12i1.3461>
- Nada, M. N., Sawab, H., & Putra, R. A. (2022). Penerapan Konsep Arsitektur Hijau pada Perancangan Kembali Terminal Bus Tipe A Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur Dan Perencanaan*, 6(1), 37–40. <https://jim.usk.ac.id/ArsitekturPWK/article/view/19320>
- Novirsa, R., & Achmadi, U. F. (2012). Analisis Risiko Paparan PM 2,5 di Udara Ambien Siang Hari terhadap Masyarakat di Kawasan Industri Semen. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 7(4). <http://dx.doi.org/10.21109/kesmas.v7i4.52>
- Ozone Solution. (2021). *Material Safety Data Sheet for Ozone*. <https://ozonesolutions.com>
- Pamungkas, R. E., Sulistiyani, & Rahardjo, M. (2017). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Akibat Paparan Karbon Monoksida (CO) Melalui Inhalasi Pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Projo Ambarawa Kabupaten Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 824–831. <https://doi.org/10.14710/jkm.v5i5.19207>
- Pitriani & Herawanto. (2019). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Nas Media Pustaka.
- Purnama, N. L., Yushardi, Y., & Gani, A. A. (2018). Karbon Monoksida (CO) dan Parameter Meteorologis di Terminal Tawang Alun Kabupaten Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(1), 85–92.
- Rumselly, K. U. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kualitas Udara Ambien di Kota Ambon. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 158-163. <https://doi.org/10.20473/jkl.v8i2.2016.158-163>
- Sachavania, S. (2013). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Kadar Ozon (O₃) dan Keluhan Pernafasan Pedagang Kaki Lima di Jalan Ketabang Kali dan Jalan Simpan Dukuh Kota Surabaya*. [Airlangga University]. <https://repository.unair.ac.id/23248/>
- Santiti, H. V., Sulistyorini, R., Ofrial, S. A. M. P., & Herianto, D. (2022). Analisis Faktor Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Terminal Rajabasa, Bandar Lampung. *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, 10(3), 441–452. <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/2682>

- Soemirat, J. (2013). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Gajah Mada University Press.
- Susanto, A. D., Puwitasari, M., Antariksa, B., Soemarwoto, R. A. S., & Mustofa, S. (2018). Dampak Polusi Udara terhadap Asma. *JK Unila*, 2(2), 163–173. <https://doi.org/10.23960/jkunila22162-173>
- Tian, Y., Wu, Y., Liu, H., Si, Y., Wu, Y., Wang, X., Wang, M., Wu, J., Chen, L., Wei, C., Wu, T., Gao, P., & Hu, Y. (2020). The Impact of Ambient Ozone Pollution on Pneumonia: A Nationwide Time-Series Analysis. *Environment International*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105498>
- Zhang, J. J., Wei, Y., & Zhangfu, F. (2019). Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Frontiers in Immunology*. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02518>
- Zhao, T., Markevych, I., Fuertes, E., Hoogh, K. de, Accordini, S., Boudier, A., Casas, L., Forsberg, B., Aymerich, J. G., Gnesi, M., Mathias Holm, M. H., Janson, C., Jarvis, D., Johannessen, A., & Jörres, R. A. (2023). *Impact of Long-Term Exposure to Ambient Ozone on Lung Function Over a Course of 20 Years (The ECRHS study): A Prospective Cohort Study in Adults*. 34. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2023.100729>