

Pajanan CO dan PM₁₀ pada Petugas Bengkel Mobil: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Vena Nur Auliya, Rizky Rahadian Wicaksono, Nur Lathifah Syakbanah*,
Gading Wilda Aniriani

Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Lamongan

*Koresponden email: nurlathifahs@unisla.ac.id

Diterima: 6 Mei 2025

Disetujui: 14 Mei 2025

Abstract

The workshop is a work environment with elevated levels of carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM₁₀) hazards. The objective of this research is to analyze the environmental health risks due to exposure to carbon monoxide (CO) and particulate matter 10 (PM₁₀) at Putra Mandiri Lamongan Car Workshop. The present research employed an analytical observational design, utilizing the Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method for a cohort of six mechanical workers. The collection of data was executed through the measurement of air samples using a carbon monoxide (CO) meter, a particle counter, and a questionnaire. The findings indicate that the CO concentration at points 1 and 3 surpasses the quality standards stipulated in PP Number 22 of 2021, with levels of 14.89 mg/m³ and 17.75 mg/m³, respectively. Additionally, the PM₁₀ concentration at point 1 exceeds the quality standard of 0.08 mg/m³. The real-time RQ values for CO and PM₁₀ at three measurement points remain within the safe range (RQ<1), with the exception of a respondent who is not safe from CO exposure at point 3, having (RQ=1.1439). Subsequently, a reduction in the permissible CO exposure concentration at point 3 to 15.517 mg/m³ is imperative. The risk characterization value of exposure to CO and particulate matter (PM₁₀) for Putra Mandiri Lamongan mechanical workers was categorized as safe (RQ<1), with the exception of one respondent. The management of risk is achieved through the implementation of methodologies aimed at the reduction of CO exposure to safe concentrations, phytoremediation, and the requisite utilization of masks.

Keywords: carbon monoxide; particulate; environmental health risk analysis; mechanical workers

Abstrak

Bengkel merupakan lingkungan kerja dengan tingkat bahaya karbon monoksida (CO) dan partikulat (PM₁₀) yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan CO dan PM₁₀ di Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan. Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terhadap 6 orang pekerja mekanik. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur sampel udara menggunakan CO meter, particle counter dan kuesioner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO pada titik 1 dan 3 melebihi baku mutu PP Nomor 22 Tahun 2021 yaitu sebesar 14,89 mg/m³ dan 17,75 mg/m³, sedangkan konsentrasi PM₁₀ melebihi baku mutu pada titik 1 yaitu sebesar 0,08 mg/m³. Nilai RQ real-time untuk CO dan PM₁₀ pada 3 titik pengukuran masih aman (RQ<1), kecuali untuk satu responden yang tidak aman dari paparan CO pada titik 3 yang memiliki (RQ=1,1439). Selanjutnya, perlu dilakukan penurunan konsentrasi paparan CO yang aman pada titik 3 menjadi 15,517 mg/m³. Disimpulkan bahwa nilai karakterisasi risiko paparan CO dan partikulat (PM₁₀) pada pekerja mekanik Putra Mandiri Lamongan masuk dalam kategori aman (RQ<1), kecuali untuk satu responden. Pengelolaan risiko dilakukan dengan cara menurunkan paparan CO hingga konsentrasi aman, fitoremediasi, dan mewajibkan penggunaan masker.

Kata Kunci: karbon monoksida; debu partikulat; analisis risiko kesehatan lingkungan; petugas bengkel

1. Pendahuluan

Sekitar 99% populasi dunia pada 2019 terpapar polusi udara ambien dan polusi udara rumah tangga. Bersumber dari pembakaran terbuka, debu jalan, pembakaran batu bara, aktivitas konstruksi, dan emisi kendaraan bermotor. Peningkatan jumlah dan jenis kendaraan bermotor turut memperparah kondisi udara karena menghasilkan emisi berupa nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO₂), partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀), serta karbon monoksida (CO). Polusi ini menyebabkan sekitar 6,7 juta kematian setiap tahunnya. Sekitar 89% dari kematian dini tersebut terjadi di negara-negara berkembang, terutama Asia Tenggara dan Pasifik Barat. Di Indonesia, polusi udara diduga menyebabkan sekitar 4,2 juta

kematian akibat paparan partikel debu dan emisi udara yang dapat memicu penyakit serius seperti kardiovaskular, stroke, kanker paru-paru, dan gangguan pernapasan [1].

Pemantauan kualitas udara di Jakarta pada tahun 2023 menunjukkan bahwa indeks kualitas udara (ISPU) berada dalam kategori tidak sehat, dengan nilai berada di rentang 101–200 yang berisiko bagi manusia, hewan, dan tumbuhan [2]. Tercatat sebanyak 638.291 kasus Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) seperti batuk, pilek, dan pneumonia terjadi setiap bulan, dengan rata-rata 100 ribu kasus dari total 11 juta penduduk. Kondisi suhu udara, kelembapan udara, pencahayaan, luas ventilasi, kepadatan hunian rumah, penggunaan bahan bakar memasak serta keberadaan anggota keluarga yang merokok berhubungan dengan ISPA dan pneumonia di Indonesia [3,4].

Karbon monoksida (CO) sebagai gas tidak berwarna dan tidak berbau bersumber dari kendaraan bermotor, cerobong asap, kompor gas dan asap rokok. Terpapar gas CO dapat meningkatkan kadar karboksihemoglobin (COHb) dalam darah dan memicu gejala seperti sakit kepala, pusing, sesak napas, mata berair, serta tekanan darah tinggi. Paparan ini juga berisiko menyebabkan bronkitis, penyakit jantung koroner, hipertensi, stroke, dan kondisi neurologis yang dikenal sebagai Delayed Encephalopathy after Acute Carbon Monoxide Poisoning (DEACMP) [5]. Partikulat (PM₁₀) adalah partikel halus berukuran ≤10 mikrometer yang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, terutama gangguan pernapasan seperti pneumonia. Partikel ini umumnya berasal dari aktivitas pembakaran, termasuk kendaraan bermotor [6].

Pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) di Indonesia digunakan untuk menilai dampak pencemaran secara spesifik terhadap kesehatan masyarakat. Langkah-langkah dalam ARKL meliputi identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pajanan, dan karakterisasi risiko [7]. Metode ini dapat diterapkan pada lingkungan ambien maupun lingkungan kerja, seperti SPBU, TPA, dan bengkel mobil. Bengkel mobil merupakan salah satu tempat kerja yang berisiko tinggi terhadap pencemaran udara karena aktivitasnya menghasilkan emisi dan partikulat, seperti knalpot kendaraan, pengelasan, pengamplasan, serta asap rokok para pekerja [8]. Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan roda dua dan empat, jumlah bengkel juga meningkat. Sayangnya, beberapa bengkel belum memiliki sistem ventilasi atau pengelolaan udara yang memadai. Hal ini berisiko menyebabkan gangguan kesehatan seperti pusing, kelelahan, dan iritasi kulit, terutama akibat paparan debu logam dan karbon monoksida [9].

Menurut BPS 2015, jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Lamongan meningkat hingga 90% dari tahun 2014-2015. Saat ini, tercatat terdapat 69 bengkel mobil aktif di wilayah tersebut [10], salah satunya adalah Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan yang terbesar dan telah beroperasi lebih dari 30 tahun. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan CO dan PM₁₀ pada petugas bengkel di Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dengan desain observasional analitik menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Pengumpulan data primer melalui pengukuran lingkungan dan berat badan secara langsung dan kuesioner untuk pencatatan masa kerja, jadwal shift kerja, jenis pekerjaan. Selanjutnya data primer diolah untuk mengetahui analisis pajanan (Ink) dan karakterisasi risiko (RQ). Apabila RQ>1 maka pajanan CO dan PM₁₀ di bengkel mobil tidak aman sehingga perlu dihitung penentuan konsentrasi aman, sedangkan RQ≤1 maka pajanan dikatakan aman.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh petugas bengkel mobil yang berjumlah 6 orang. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengukur konsentrasi karbon monoksida menggunakan alat CO Meter Lutron GCO-2008 dan konsentrasi partikulat (PM₁₀) menggunakan alat Particle Counter HT-9600. Pengukuran parameter CO dan PM₁₀ dilakukan dua kali selama 1 jam, yaitu pada pukul 8.00 dan 13.00 WIB. Tiga titik pengambilan sampel di Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan dilakukan di area masuk dan keluar bengkel (Titik 1), area tengah tempat parkir mobil (Titik 2), dan area aktivitas utama petugas bengkel bekerja (Titik 3).

Analisis risiko kesehatan lingkungan dihitung melalui tahapan identifikasi risiko, analisis dosis-respon, analisis pajanan dan karakterisasi risiko. Berikut rumus perhitungan intake non karsinogenik suatu agen:

$$\text{Ink} = \frac{C \times R \times t_e \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

Ink : Jumlah nilai intake (mg/kg/hari)

C : Konsentrasi agen risiko Karbon Monoksida (CO) dan Partikulat (PM₁₀), (mg/m³)

R : Laju Inhalasi dengan nilai default Dewasa (0,83 m³/jam)
tE : Waktu Paparan (jam/hari)
fE : Frekuensi Paparan (hari/tahun)
Dt : Durasi Paparan (tahun)
Wb : Berat badan manusia (kg)
t_{Avg} : Periode waktu rata-rata untuk non karsinogenik (hari) nilai default 30 tahun x 365 hari/tahun = 10.950 hari

Karakterisasi risiko atau Risk Quotient (RQ) menetapkan tingkat risiko paparan tersebut, apabila RQ>1 maka dikategorikan tidak aman, sedangkan jika RQ≤1 maka dikategorikan aman. Berikut rumus perhitungan karakterisasi risiko berikut :

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

Keterangan :

Ink : Intake non karsinogenik dari hasil perhitungan paparan (mg/kg/hari)

RfC : Dosis atau konsentrasi referensi paparan melalui inhalasi

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Responden

Tabel 1 menunjukkan bahwa keseluruhan responden yakni petugas bengkel mobil berjenis kelamin laki-laki, perokok aktif dan tidak menggunakan APD masker selama bekerja dengan persentase 100,0%. Usia responden didominasi kelompok umur 20–29 tahun sebanyak 3 orang (50,0%) dan usia di atas 40 tahun hanya 1 orang (16,7%).

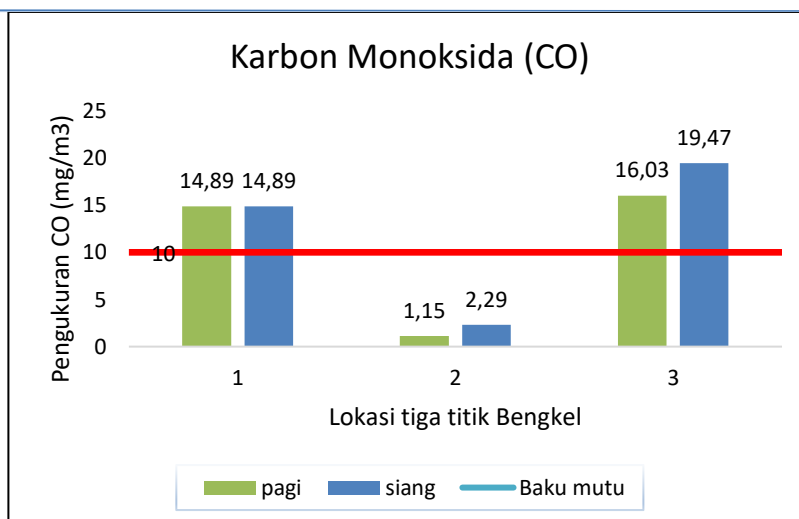
Tabel 1. Karakteristik responden

Variabel	Frekuensi	Persentase(%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	6	100,0
Usia		
20-29 tahun	3	50,0
20-39 tahun	2	33,3
<40 tahun	1	16,7
Merokok		
Ya	6	100,0
Penggunaan APD masker		
Tidak	6	100,0

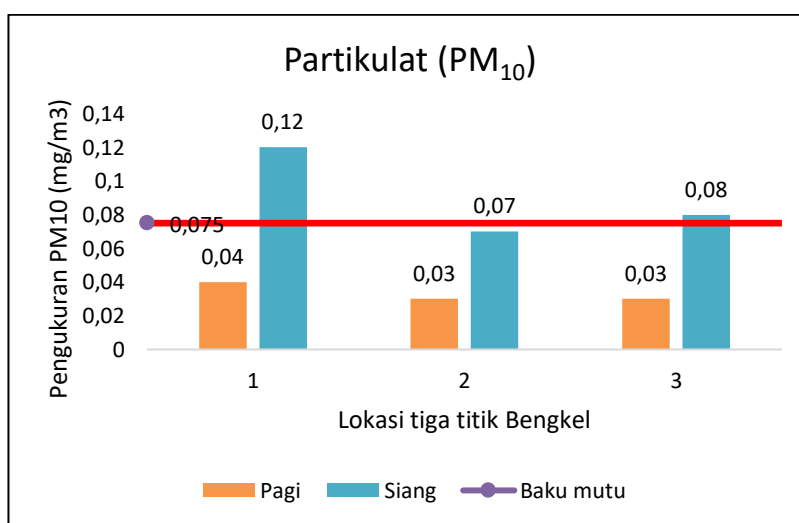
Identifikasi Risiko

Gambar 1 menunjukkan rata-rata konsentrasi karbon monoksida (CO) adalah sebesar 11,45 mg/m³, dengan konsentrasi tertinggi sebesar 19,47 mg/m³ yang tercatat pada titik ketiga yakni area stasiun kerja bengkel mobil, dan konsentrasi terendah sebesar 1,15 mg/m³ di area tengah parkir mobil. Konsentrasi tertinggi diperoleh saat pengukuran pada siang hari, sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada pagi hari. Konsentrasi CO tersebut melebihi standar, kecuali pada titik kedua menurut ketentuan baku mutu udara ambien pada PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 10 mg/m³.

Selanjutnya, **Gambar 2** menunjukkan rata-rata konsentrasi partikulat (PM₁₀) adalah sebesar 0,063 mg/m³, dengan konsentrasi tertinggi sebesar 0,12 mg/m³ yang tercatat pada titik pertama yakni area keluar-masuk bengkel mobil, dan konsentrasi terendah sebesar 0,03 mg/m³ di area tengah parkir mobil. Konsentrasi tertinggi diperoleh saat pengukuran pada siang hari, sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada pagi hari. Konsentrasi PM₁₀ tersebut memenuhi standar, kecuali pada titik pertama menurut ketentuan baku mutu udara ambien pada PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 0,075 mg/m³.



Gambar 1. Grafik Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan



Gambar 2. Grafik Pengukuran Konsentrasi Partikulat (PM₁₀) di Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan

Rata-rata konsentrasi CO yang terukur sebesar 11,4515 mg/m³, dengan konsentrasi tertinggi sebesar 19,468 mg/m³ pada Titik 3 dan konsentrasi terendah sebesar 1,145 mg/m³ pada Titik 2. Konsentrasi tersebut melebihi baku mutu nasional Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 10.000 µg/m³ atau setara dengan 10 mg/m³ dalam 1 jam. Hasil pengukuran CO di siang hari relatif lebih tinggi dibandingkan pada pagi hari. Tingginya kadar karbon monoksida dalam area bengkel dapat dipengaruhi faktor, seperti letak bengkel, luas bangunan bengkel, dan ketersediaan ventilasi. Termasuk aktivitas perbaikan mobil yang sibuk sama halnya dengan pola kemacetan lalu lintas yang berhubungan dengan peningkatan nilai CO kendaraan [11].

Sedangkan konsentrasi partikulat (PM₁₀) tertinggi pada siang hari di garasi tempat keluar-masuk kendaraan yang berada di pinggir jalan, sebesar 0,116 mg/m³ dan terendah di titik 2 pada pagi hari sebesar 0,029 mg/m³. Konsentrasi tersebut tidak melebihi baku mutu nasional Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 75 µg/m³ atau setara 0,075 mg/m³ dalam 24 jam. Tingginya partikulat di area keluar masuk bengkel yang terletak berdekatan dengan jalan raya kemungkinan besar disebabkan oleh kepadatan lalu lintas dan akumulasi gas buang dan asap kendaraan bermotor [12].

Analisis Dosis Respon

Nilai RfC untuk Karbon Monoksida (CO) dan Partikulat (PM₁₀) belum tersedia dalam IRIS (*Integrated Risk Information System*) U.S EPA maupun tabel MRL (*Minimum Risk Level*). Oleh karena itu, nilai konsentrasi referensi untuk CO dan PM₁₀ diturunkan dari baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Nilai RfC untuk CO ditetapkan sebesar 10.000 µg/m³ dan dikonversi menjadi 0,8269 mg/kg/hari [13]. Sementara nilai RfC untuk PM₁₀ ditetapkan sebesar 75 µg/m³ dan dikonversi menjadi 0,0062 mg/kg/hari [14].

Analisis Pajanan

Sebagaimana ditampilkan pada **Tabel 2** diketahui bahwa rata-rata berat badan (Wb) petugas bengkel adalah 62,16 kg, dengan berat badan terendah sebesar 43 kg dan tertinggi 88 kg. Laju inhalasi petugas bengkel mobil menggunakan nilai default untuk orang dewasa, yaitu 0,83 m³/jam. Waktu pajanan harian (tE) seluruh petugas bengkel adalah selama 8 jam per hari. Frekuensi pajanan dalam satu tahun (fE) adalah 336 hari per tahun, yang diperoleh berdasarkan perhitungan asumsi 7 hari kerja per minggu selama 4 minggu dalam 12 bulan, sehingga diperkirakan waktu aktif bekerja mencapai 336 hari per tahun. Sementara itu, durasi pajanan (Dt) memiliki rata-rata 9,5 tahun, dengan durasi terpendek selama 4 tahun dan durasi terpanjang selama 17 tahun.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Antropometri & Pola Aktivitas

Variabel	Mean	Median	Min	Max	SD
Berat badan/Wb (kg)	62,16	61	43	88	13,63
Laju inhalasi (m ³ /hari)	0,83	0,83	0,83	0,83	0
Waktu pajanan /t _E (jam/hari)	8	8	8	8	0
Frekuensi pajanan/ f _E (hari/tahun)	336	336	336	336	0
Durasi pajanan/ Dt (tahun)	9,5	9	4	17	4,60

Berdasarkan **Tabel 3** diketahui bahwa nilai intake real-time tertinggi pada 6 petugas bengkel mobil untuk pajanan CO ditemukan pada responden 1 di Titik 3 sebesar 0,9459 mg/kg/hari, yang dikategorikan tidak aman karena melebihi nilai RfC (0,8269 mg/kg/hari). Sementara itu, nilai intake terendah ditemukan pada responden 4 di Titik 2 sebesar 0,0255 mg/kg/hari, yang masih dalam kategori aman.

Selanjutnya nilai intake real-time tertinggi untuk pajanan PM₁₀ ditemukan pada responden 1 di Titik 3 sebesar 0,0041 mg/kg/hari, yang masih dalam kategori aman. Sementara itu, nilai intake terendah ditemukan pada responden 4 di Titik 2 sebesar 0,0008 mg/kg/hari, yang juga dalam kategori aman. Tinggi rendahnya nilai intake real-time yang diperoleh akan memengaruhi besarnya risiko petugas bengkel terhadap paparan gas karbon monoksida dan partikulat (PM₁₀).

Tabel 3. Nilai Intake Real-time Pajanan CO dan PM₁₀

Responden	Intake CO (mg/kg/hari)			Intake PM10 (mg/kg/hari)		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	0,7933	0,0915	0,9459	0,0041	0,0027	0,0031
2	0,3527	0,0407	0,4205	0,0018	0,0012	0,0014
3	0,3792	0,0437	0,4521	0,0019	0,0013	0,0015
4	0,2206	0,0255	0,2630	0,0011	0,0008	0,0009
5	0,3661	0,0422	0,4365	0,0019	0,0013	0,0014
6	0,6161	0,0711	0,7346	0,0032	0,0021	0,0024

Nilai intake pajanan CO tertinggi dan RQ real-time yang tidak aman selaras dengan durasi pajanan atau lama kerja petugas bengkel terpanjang yakni 17 tahun. Karbon monoksida dari kendaraan bermotor akan terhirup petugas bengkel yang bekerja intens hingga puluhan tahun memicu peningkatan kadar karboksihemoglobin darah (COHb). COHb yang tinggi mempercepat kelelahan kerja karena kekurangan oksigen dan penumpukan metabolit otot dalam aliran darah [15]. Tampak pada hasil wawancara keluhan kesehatan petugas bengkel umumnya adalah pusing, mual, batuk, pilek, bahkan gangguan penglihatan. Bahkan beberapa diantaranya merupakan perokok aktif dan tidak menggunakan APD masker selama bekerja.

Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dilakukan untuk memasukkan nilai intake dari masing-masing responden, lalu dilakukan perbandingan terhadap nilai RfC. Semakin tinggi nilai intake, maka semakin besar pula kemungkinan risiko yang ditimbulkan. Berdasarkan **Tabel 4**, diketahui bahwa nilai RQ real-time tertinggi untuk pajanan CO adalah responden 1 di Titik 3 sebesar 1,1439 mg/kg/hari, yang dikategorikan berisiko atau tidak aman (RQ>1), sedangkan nilai terendah sebesar 0,0308 mg/kg/hari, yang dikategorikan aman atau tidak berisiko (RQ<1). Sementara itu, nilai RQ real-time tertinggi untuk pajanan PM₁₀ sebesar 0,6573 mg/kg/hari dan nilai terendah sebesar 0,1219 mg/kg/hari, yang masih dalam kategori aman (RQ<1).

Tabel 4. Nilai Risk Quotient (RQ) Paparan CO dan PM₁₀

Responden	RQ CO (mg/kg/hari)			RQ PM10 (mg/kg/hari)		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	0,9594	0,1107	1,1439	0,0041	0,0027	0,0031
2	0,4265	0,0492	0,5086	0,0018	0,0012	0,0014
3	0,4585	0,0529	0,5467	0,0019	0,0013	0,0015
4	0,2668	0,0308	0,3181	0,0011	0,0008	0,0009
5	0,4427	0,0511	0,5279	0,0019	0,0013	0,0014
6	0,7451	0,0860	0,8884	0,0032	0,0021	0,0024

Sama halnya dengan hasil RQ aman untuk paparan CO dan PM₁₀ di udara ambien Jalan Raya Menganti Surabaya yang dalam kategori aman. Konsentrasi CO dan PM₁₀ yang masih dibawah baku mutu nasional berbanding lurus dengan kelembapan dan volume lalu lintas, namun berbanding terbalik dengan suhu udara dan kecepatan angin [16]. Kondisi lebih memprihatinkan ditunjukkan pada penelitian di area permukiman penduduk dan sekolah Tangerang Selatan tahun 2023. Kadar karbon monoksida ambien tertinggi tercatat 6729 mg/m³, sedangkan yang terendah dengan 1037 mg/m³. Konsentrasi partikulat halus (PM_{2,5}) tertinggi pada 116 mg/m³ dan kadar terendah pada 10 mg/m³. Nilai RQ untuk paparan CO dalam kategori tidak aman atau berisiko bagi penduduk dewasa. Sedangkan RQ paparan partikulat halus secara keseluruhan menunjukkan tingkat aman [17].

Kualitas udara dalam sebuah bengkel mobil harus menjadi perhatian utama di bidang kesehatan lingkungan dan keselamatan kerja. Di Portugal, konsentrasi polutan udara dan partikel sejumlah stasiun kerja di bengkel pengecatan mobil terpantau melebihi batas paparan dan membahayakan pekerja, seperti CO, CO₂, VOC, formaldehida, SO₂, NO₂, H₂S, maupun PM_{2,5} dan PM₁₀ [18].

Pengelolaan Risiko

Berdasarkan hasil perhitungan risiko kesehatan ditemukan bahwa seorang responden yang tidak aman terhadap paparan CO di area kerja petugas bengkel (Titik 3) yang memiliki nilai RQ>1. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengelolaan risiko untuk melindungi populasi tersebut. Nilai RfC digunakan sebagai acuan risiko untuk menentukan konsentrasi aman menggunakan rumus berikut:

$$C_{\text{aman untuk CO}} = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

$$C_{\text{aman untuk CO}} = \frac{0,8268 \times 65 \times 10.950}{0,83 \times 8 \times 336 \times 17} = 15,5176$$

Dalam hal ini, nilai konsentrasi karbon monoksida diturunkan menjadi konsentrasi yang dianggap aman yakni 15,5176 mg/m³. Sebagai pengelolaan risiko polutan udara di area bengkel mobil dapat dilakukan dengan penurunan konsentrasi CO hingga batas aman melalui pengelolaan teknologi seperti menggunakan *vortex exhaust ventilation system* [19] dan fitoremediasi dengan tanaman lidah mertua (*Sansevieria*) [20] dan lili paris (*Chlorophytum comosum*) [20].

4. Kesimpulan dan Saran

Disimpulkan bahwa nilai karakterisasi risiko paparan karbon monoksida (CO) dan partikulat (PM10) pada petugas Bengkel Mobil Putra Mandiri Lamongan dikategorikan aman (RQ<1), kecuali seorang responden yang tidak aman terhadap paparan CO di area kerja petugas bengkel (Titik 3) (RQ=1,1439). Pengelolaan risiko tersebut dapat dilakukan dengan penurunan konsentrasi CO hingga 15,517 mg/m³ melalui fitoremediasi dengan tanaman lidah mertua dan lili paris serta menggunakan masker sebagai alat pelindung diri.

5. Daftar Pustaka

1. WHO. World Health Statistics 2022 - Rwanda. World Health Organisation. 2022. 56 p.
2. Alusvigayana, Pryanka, et al. "Evaluation of the Air Pollutant Standard Index (ISPU) parameter concentration limits in industrial estates on Java Island." *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)* 13.4 (2023): 537-548.
3. Rahmi IR, Rosa Pini Septiani S, Rasyid K. Home Environmental factors with the Incidence of ISPA in Toddlers Indonesia: Literature Review. *Media Publ Promosi Kesehat Indones*. 2024;7(12):2877–85.

4. Syakbanah NL, Nabilah S, Hanif M, Putri MSA, Arismaya ARPA, Nafisah EL, Mirasa YA. Impact of Unqualified Housing on Childhood Pneumonia : A Spatial Study in Urban and Rural of Bojonegoro, Indonesia. *Gema Lingkung Kesehatan*. 2025;23(1):145–51.
5. Rizaldi MA, Azizah R, Latif MT, Sulistyorini L, Salindra BP. Literature Review: Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *J Kesehat Lingkung Indones*. 2022;21(3):253–65.
6. Fajar, Novela, Ria. Hubungan Konsentrasi Debu PM10 dan Faktor Lingkungan dalam Rumah terhadap Kejadian ISPA di Wilayah Kerja Puskesmas Dabo Lama Tahun 2021. *J Environ Sci*. 2022;6(1):14–30.
7. Kemenkes, R. I. "Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan." *Ditjen P2P. Ditjen P2P* (2012).
8. Sophia AV, Dermawan D, Nugroho AD. Prototipe Pemantau Emisi Gas CO, Ozon, Partikulat Pm2.5 dan PM10 Untuk Bengkel Las PPNS. *J Teknol Marit*. 2024;7(1).
9. Berezutskyi V, Khondak I, Berezutska N. Menentukan Dinamika Karbon Monoksida Pembentukan Selama Proses Pengelasan Gas. *Eastern-European J Enterp Technol*. 2021;5(10–113):33–9.
10. Badan Pusat Statistik. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kecamatan dan Jenis Kendaraan di Kabupaten Lamongan, 2010-2015. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan. 2015.
11. Ramadhan AW, Wibowo A, Saraswati R. Spatial Patterns of Carbon Monoxide Distribution to Traffic Jam in East Jakarta Spatial Patterns of Carbon Monoxide Distribution to Traffic Jam in East Jakarta. In: *IOP Conf Series: Earth and Environmental Science*. 2021.
12. Pamungkas EP. Analisis Konsentrasi Polutan TSP, PM2.5, PM10, dan PB Bengkel Motor Resmi (Studi Kasus: UD. Utama Motor Sleman). Universitas Islam Indonesia; 2022.
13. Lestari A, Subhi M, Yuniastuti T. Analisis Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan CO Pada Pedagang Di Pasar Kebalen Kota Malang. *Media Husada J Environ Heal Sci*. 2021;1(1):1–6.
14. Dewi IA, Amir R, Majid M. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM10 Pada Karyawan Operator di SPBU Lapadde KM3 Kota Parepare. *J Kesehat Lingkung J Dan Apl Tek Kesehat Lingkung*. 2022;19(2).
15. Annisa PR, Budiyono, Sulistiyani. Risk Factors of Workers' COHb Levels in Automotive Workshops. *Int J English Lit Soc Sci*. 2021;6(3):88–92.
16. Dhaifullah MD, Purnomo YS. Analisis Dampak Meteorologi dan Volume Lalu Lintas Terkait Kadar CO dan PM10 Terhadap Kesehatan Masyarakat Sekitar Jalan Raya Menganti Surabaya. *J Serambi Eng*. 2025;10(1):11478–90.
17. Ernyasih E, Mallongi A, Daud A, Palutturi S, Stang S, Thaha AR, Ibrahim E, Madhoun W Al. Health risk assessment through probabilistic sensitivity analysis of carbon monoxide and fine particulate transportation exposure. *Glob J Environ Sci Manag*. 2024;9(4):933–50.
18. Ferreira A, Loureiro A, Seco S, Figueiredo JP, Paixão S, Costa LS, Oliveira G. Occupational exposure to particles and air pollutants in a car paint workshop. *Eur J Public Health [Internet]*. 2021 Aug 1;31(Supplement_2):ckab120.051. Available from: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckab120.051>
19. Song YW, Kim SE, Park JC. Indoor Air Pollutant (PM 10, CO2) Reduction Using a Vortex Exhaust Ventilation System in a Mock-Up Room. *Buildings*. 2025;15(1):144.
20. Wicaksono, Rizky Rahadian, Amin Setyo Leksono, and Damanhuri Agung Warih Pramana Mahendra. "Effectiveness of Pregnane Glycoside Compound Extracts from *Sansevieria Trifasciata Laurentii* and *Sansevieria Trifasciata* Plants in Reducing Carbon Monoxide Gas." *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery* 55.5 (2024).
21. Imtiaz, Hifza, et al. "Insight into physiological and biochemical markers against formaldehyde stress in spider plant (*Chlorophytum comosum* L.)." *Environmental Science and Pollution Research* (2024): 1-15.