

KONTAMINASI GAS CO DI TERMINAL JOMBOR YOGYAKARTA

Moh Ade Mudhofar^{1*}, Adam Rus Nugroho², Noviani Ima Wantoputri²

¹Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

*Korespondensi: Mudhofar90@gmail.com

Abstrak

Risiko pencemaran udara dari sektor transportasi menjadi perhatian utama dalam kajian ini. Terminal Jombor Yogyakarta, sebagai fasilitas umum tipe B dengan tingkat aktivitas kendaraan yang tinggi, melayani jalur Antar Kota-Antar Provinsi (AKAP), Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) serta Trans Jogja. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan pencemaran udara ambien akibat emisi kendaraan. Kajian ini berfokus pada identifikasi konsentrasi karbon monoksida (CO) dan analisis sebaran konsentrasi yang dihasilkan pada area Terminal Jombor. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif dengan observasi dan pengukuran langsung pada tiga titik pengamatan. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi CO tertinggi terdeteksi pada Titik 1 di hari ketiga pengamatan (hari kerja) yaitu sebesar 10.883,2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, melebihi ambang batas kualitas udara ambien sebesar 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara itu, konsentrasi rata-rata CO tertinggi tercatat di Titik 3 sebesar 2.446 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Titik ini berada di area dekat pintu keluar terminal, di mana kendaraan cenderung berhenti dalam kondisi idle sebelum akhirnya berakselerasi keluar, yang menyebabkan peningkatan emisi CO. Selain itu, konsentrasi CO pada hari kerja (*weekdays*) tercatat lebih tinggi dibandingkan akhir pekan (*weekend*). Distribusi spasial menunjukkan bahwa Titik 2 dan Titik 3 tergolong dalam kategori konsentrasi sedang hingga tinggi. Temuan ini mengindikasikan perlunya intervensi dari pihak terkait guna menekan potensi dampak kesehatan akibat paparan karbon monoksida di kawasan Terminal Jombor.

Kata kunci: Konsentrasi CO; Kualitas Udara Ambien; Pencemaran Udara; Terminal Jombor

Abstract

The risk of air pollution originating from the transportation sector constitutes a primary concern in this study. Terminal Jombor Yogyakarta, a Type B public transportation terminal with high vehicular activity serving Intercity–Interprovincial (AKAP), Intercity–Intraprovincial (AKDP), and Trans Jogja routes, has the potential to contribute significantly to ambient air pollution due to vehicle emissions.

This study focuses on identifying carbon monoxide (CO) concentrations and analyzing the spatial distribution of CO levels within the Terminal Jombor area. A quantitative approach was employed through direct observation and measurements at three monitoring points. The results indicate that the highest CO concentration was recorded at Point 1 on the third day of observation (weekday), reaching 10,883.2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, exceeding the ambient air quality standard of 10,000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Meanwhile, the highest average CO concentration was observed at Point 3, with a value of 2,446 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. This point is located near the terminal exit area, where vehicles tend to idle before accelerating, thereby increasing CO emissions. Furthermore, CO concentrations on weekdays were found to be higher than those recorded on weekends. Spatial distribution analysis revealed that Points 2 and 3 fall into the moderate to high concentration categories. These findings indicate the need for intervention by relevant authorities to mitigate potential health impacts associated with carbon monoxide exposure in the Terminal Jombor area.

Keywords: CO Concentration; Ambient Air Quality; Air Pollution; Terminal Jombor.

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan komponen vital bagi keberlangsungan kehidupan manusia, karena berperan sebagai media utama dalam proses respirasi serta berbagai aktivitas ekosistem. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, kualitas udara mengalami penurunan signifikan sebagai akibat dari peningkatan aktivitas antropogenik, terutama sektor transportasi. Meningkatnya aktivitas

kendaraan bermotor menyebabkan pencemaran udara. Pencemaran udara bisa terjadi secara alamiah dari masuknya zat pencemar maupun akibat aktivitas manusia seperti meningkatnya jumlah kendaraan, proses pembakaran, dan kegiatan rumah tangga lainnya (Indrayani dan Asfiati, 2018). Sumber polusi udara termasuk aktivitas sisa rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan sumber lainnya, menurut BPLHD DKI Jakarta (2013) emisi kendaraan menyumbang sekitar 60-70% dari polusi udara, sementara asap industri hanya menyumbang 10- 15%. Karbon monoksida merupakan salah satu zat pencemar yang dihasilkan dari emisi kendaraan (Wirosoedarmo dkk., 2020).

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, yang terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil. Emisi CO cenderung lebih tinggi di kawasan metropolitan karena tingginya kepadatan kendaraan bermotor yang menjadi sumber utama polutan tersebut (Damara dkk., 2017). Tingginya tingkat konsentrasi CO dapat menjadi salah satu penyebab gas rumah kaca yang berpengaruh terhadap naiknya suhu udara dan kelembaban udara di bumi (Wirosoedarmo dkk., 2020).

Sejumlah penelitian telah mengkaji konsentrasi karbon monoksida (CO) di berbagai terminal bus di Indonesia, menunjukkan variasi tingkat pencemaran yang signifikan bergantung pada lokasi dan intensitas aktivitas lalu lintas. Di Terminal Arjosari Kota Malang, konsentrasi CO tercatat berada dalam kisaran 5.179,7–10.309,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Wirosoedarmo dkk., 2020), sementara di Terminal Paal Dua, Kota Manado, berkisar antara 469–4.489 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Sumampouw dan Mantow, 2024). Adapun di Terminal Malengkeri, Kota Makassar, nilai konsentrasi CO berada pada rentang yang lebih rendah, yaitu 239,49–844,96 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Utama, 2019).

Kecenderungan tingginya konsentrasi CO di kawasan terminal juga diamati dalam berbagai studi yang menelusuri dampak paparan CO terhadap kesehatan masyarakat sekitar. Penelitian yang dilakukan Rachmawati dkk., (2022) di Terminal Bus Tirtonadi, Surakarta, melaporkan bahwa konsentrasi CO lingkungan terminal berdasarkan pengukuran rata-rata CO 33.918,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan maksimum 49.966,4 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ angka yang melebihi standar kualitas udara ambien setempat. Peningkatan kadar CO ini juga ditemukan berhubungan langsung dengan konsentrasi karboksihemoglobin (COHb) dalam darah dengan nilai r value=0,897. Temuan serupa dilaporkan oleh Fitriana dan Oginawati (2012) dalam studi mereka di Terminal Cicaheum, Bandung, di mana para pedagang yang beraktivitas di sekitar area terminal terpapar CO dalam rentang konsentrasi 4.102,7–8.296,0 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ selama jam operasional. Studi tersebut juga mengindikasikan korelasi positif yang cukup kuat antara paparan atmosferik CO dan kadar COHb dalam darah responden, dengan nilai koefisien korelasi sekitar 0,506.

Standar kualitas karbon monoksida (CO) di udara ambien telah diatur dalam Lampiran 7. PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam regulasi tersebut, ambang batas konsentrasi CO ditetapkan sebesar 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ atau setara dengan 9 ppm untuk rata-rata pengukuran selama 8 jam. Nilai ini merepresentasikan konsentrasi maksimum CO yang dapat ditoleransi oleh manusia tanpa menimbulkan dampak kesehatan yang signifikan, terutama terhadap sistem pernapasan dan fungsi hemoglobin dalam darah. Standar kualitas udara ini berperan sebagai acuan penting dalam evaluasi kualitas udara ambien di kawasan publik seperti terminal, stasiun, dan simpul transportasi lainnya, guna memastikan perlindungan terhadap masyarakat dari paparan CO berlebih.

Terminal Jombor, sebagai terminal bus tipe B yang melayani lintasan Antar Kota Antar Provinsi (AKAP), Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP), dan angkutan perkotaan seperti Trans Jogja, merupakan kawasan dengan intensitas lalu lintas tinggi. Aktivitas kendaraan yang padat menjadikan terminal ini sebagai salah satu titik potensial akumulasi emisi gas buang, terutama CO. Gas CO yang dilepaskan ke atmosfer dan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi polutan udara ambien (Leko dkk., 2023). Akumulasi karbon monoksida (CO) di atmosfer tidak hanya berdampak pada penurunan kualitas udara lokal, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pemanasan global secara tidak langsung. Meskipun CO bukan termasuk gas rumah kaca utama, senyawa ini bereaksi dengan radikal hidroksil (-OH) di atmosfer troposfer, yang pada dasarnya mengurangi kemampuan atmosfer untuk mengurai gas rumah kaca lain seperti metana dan ozon troposferik. Akibatnya, masa hidup gas-gas rumah kaca tersebut menjadi lebih lama dan memperkuat efek pemanasan global (Zheng dkk., 2019).

Paparan karbon monoksida (CO) pada manusia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, dapat menyebabkan dampak fisiologis yang serius dan sistemik. CO bekerja dengan mengikat hemoglobin membentuk karboksihemoglobin (COHb), sehingga menghambat distribusi oksigen ke jaringan tubuh. Dampak akutnya meliputi gangguan neurologis seperti pusing, kehilangan kesadaran, dan dalam kasus berat dapat menyebabkan koma atau kematian. Sementara itu, efek jangka panjangnya meliputi kerusakan neurologis yang persisten, gangguan kognitif, perubahan perilaku, hingga gangguan jantung seperti disfungsi ventrikel dan iskemia miokard (Rose dkk., 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi CO di kawasan Terminal Jombor dan membandingkannya dengan standar kualitas udara yang tercantum dalam Lampiran 7. PP No. 22 Tahun 2021. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi

sumber informasi bagi masyarakat serta bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam perumusan kebijakan pengendalian pencemaran udara berbasis data lapangan.

2. BAHAN DAN METODE

Pengukuran dilakukan selama 4 hari, hari ke-1 (Sabtu, 17 Desember 2022), hari ke-2 (Minggu, 18 Desember 2022), hari ke-3 (Senin, 19 Desember 2022) dan hari ke-4 (Selasa, 20 Desember 2022). Lokasi penelitian berada pada area dalam terminal di Terminal Jombor Yogyakarta. Pemilihan titik pengambilan sampel tersebut didasarkan pada fungsi area pada titik yang menyebabkan potensi akumulasi konsentrasi CO yang tinggi. Pengambilan sampel CO berada di tiga titik lokasi sebagaimana dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik sampling penelitian

Titik Sampling	Keterangan
Titik 1	Area pintu masuk bus
Titik 2	Tempat naik dan turun penumpang (transit)
Titik 3	Area pintu keluar portal B

Pintu masuk dan keluar bus berfungsi sebagai jalur masuk dan keluar bus di terminal sehingga berpotensi menjadi tempat dengan tingkat konsentrasi CO yang tinggi dengan aktivitas stop and go kendaraan yang menghasilkan emisi gas buang tinggi. Titik 2 yang berfungsi sebagai tempat naik dan turunnya penumpang sehingga bus akan berhenti sejenak dengan kondisi mesin menyala yang menyebabkan potensi akumulasi konsentrasi CO yang tinggi juga dipilih sebagai titik sampling. Pelaksanaan pengambilan sampel yang mencerminkan waktu padat aktivitas kendaraan, yakni pagi, siang, dan sore hari. Titik 1 berada di area pintu masuk terminal (pukul 07.00, 11.00, dan 15.00 WIB), Titik 2 pada area transit dan tempat naik-turun penumpang di Portal A (pukul 08.00, 12.00, dan 16.00 WIB), dan Titik 3 di pintu keluar kendaraan di Portal B (pukul 09.00, 13.00, dan 17.00 WIB). Pemantauan dilakukan selama satu jam di tiap titik, dengan pembacaan data setiap 10 menit, sehingga menghasilkan enam titik data per sesi. Lokasi pengambilan sampel di terminal jombor disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Pengukuran dan pengujian CO pada udara ambien dilakukan berdasarkan standar Instruksi Kerja Laboratorium Kualitas Udara Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Perbedaan (IK) dengan SNI adalah pada penggunaan alat yang digunakan. Pada SNI 7119.10:2011 tentang cara uji kadar karbon monoksida (CO) menggunakan metode Non-Dispersive Infrared (NDIR) menggunakan alat dengan sistem absorpsi udara ambien kedalam katup alat yang kemudian dibaca oleh detektor. Hal ini berbeda dengan Instruksi Kerja Laboratorium Kualitas Udara Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang menggunakan alat digital berupa CO Analyzer yang membaca konsentrasi secara real time. Satuan pembacaan konsentrasi alat yang digunakan masih dalam satuan ppm sehingga harus dikonversi kedalam satuan yang sesuai dengan standar kualitas udara yaitu dalam ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Konversi satuan konsentrasi udara dari ppm menjadi $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dengan persamaan STP (Pradana, 2018):

$$\text{Konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3} \right) = \frac{\text{Konsentrasi zat pencemar (ppm)} \times \text{Berat Molekul}}{\text{Konstanta Gas Ideal} \times T \text{ atm}} \quad (1)$$

Konstanta gas ideal = $0,0821 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tatm = Suhu STP = $298 \text{ }^{\circ}\text{K}$

Sehingga dapat disederhanakan menjadi:

$$\text{Konsentrasi} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{Nm}^3} \right) = \frac{\text{Konsentrasi zat pencemar (ppm)} \times \text{Berat Molekul}}{24,45} \times 1000 \quad (2)$$

Keterangan:

Berat Molekul CO = 28,01 g/mol

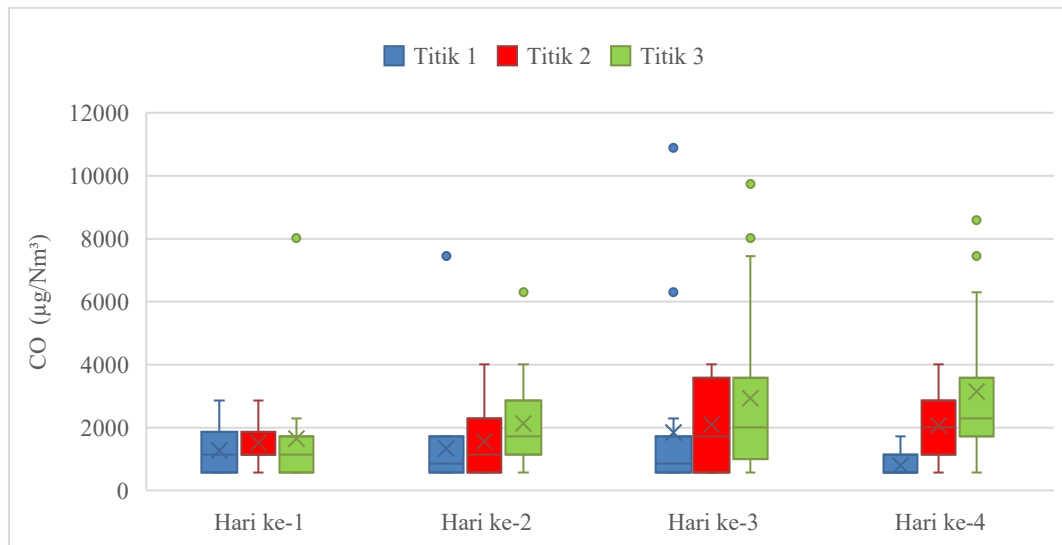
1000 = konversi dari (mg/Nm³) ke (µg/Nm³)

Hasil pemantauan yang telah dilakukan kemudian dibandingkan dengan Baku Mutu/SNI yang berlaku. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Standar Kualitas Udara Ambien untuk Karbon Monoksida di udara dengan waktu pengukuran selama 1 jam dengan sistem pengukuran aktif kontinu adalah sebesar 10.000 µg/Nm³.

Untuk mengetahui sebaran konsentrasi pada wilayah terminal, dilakukan proses pemetaan spasial dengan memanfaatkan perangkat lunak *ArcGIS Pro*. Pemetaan ini menggunakan fitur *Spatial Analyst* untuk mengidentifikasi pola distribusi spasial CO di Terminal Jombor. Teknik interpolasi yang digunakan adalah *Inverse Distance Weighting* (IDW), yaitu suatu metode yang memperkirakan nilai di lokasi-lokasi yang tidak terukur berdasarkan nilai dari titik-titik sekitarnya, dengan memberikan bobot yang lebih besar pada titik yang lebih dekat (Sajjadi dkk., 2017). Teknik ini telah banyak digunakan dalam analisis spasial termasuk persebaran CO di lingkungan (Habibi dkk., 2017; Sihayuardhi dkk., 2022; Bugdayci dkk., 2023). Pendekatan ini dipilih karena IDW mampu menggambarkan variasi spasial secara halus dan representatif, terutama ketika data pengamatan tersebar merata dalam area kajian. Dengan metode ini, dihasilkan peta sebaran konsentrasi yang informatif dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut terkait pola penyebaran serta potensi risiko lingkungan di sekitar terminal.

3. HASIL DAN DISKUSI

Pengukuran kadar karbon monoksida (CO) dilakukan pada tiga titik berbeda di Terminal Jombor selama empat hari. Ketiga titik tersebut merepresentasikan lokasi dengan aktivitas kendaraan bermotor yang tinggi dan berbeda fungsi. Titik 1 berada pada pintu masuk terminal, tempat kendaraan memasuki kawasan. Titik 2 berada pada area transit bus dan tempat naik-turun penumpang pada Portal A. Titik 3 berada pada area pintu keluar kendaraan di Portal B. Hasil pengukuran konsentrasi CO di Terminal Jombor menunjukkan konsentrasi CO teridentifikasi 573-10.883 µg/Nm³ dan memiliki rata-rata 1.863,3 µg/Nm³. Berdasarkan grafik boxplot, konsentrasi CO (dalam satuan µg/Nm³) menunjukkan fluktuasi antar titik dan hari, dengan pola umum sebagaimana tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi CO di Tiga Titik Pengukuran

Pengukuran berdasarkan Hari Pengamatan

Berdasarkan hasil visualisasi dalam bentuk boxplot, terlihat adanya variasi konsentrasi CO antartitik dan antahari pengukuran. Pada hari pertama, sebaran konsentrasi CO relatif homogen di seluruh titik, dengan median berkisar antara 1500 hingga 1800 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada titik 1 dan titik 2, distribusi data tampak serupa dan tidak terdapat banyak outlier, mengindikasikan bahwa aktivitas kendaraan masih berada dalam intensitas yang relatif normal. Sementara itu, titik 3 mulai menunjukkan variabilitas data lebih besar, meskipun nilai tengahnya masih dalam ambang ambien.

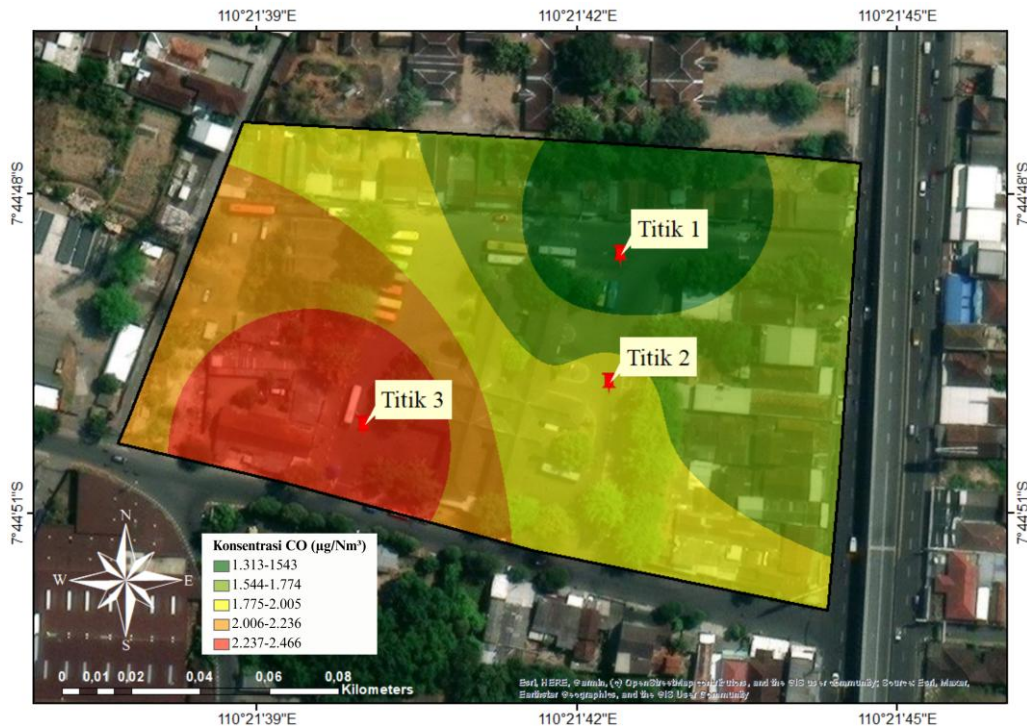
Memasuki hari kedua, terjadi peningkatan konsentrasi CO yang signifikan pada titik 2 dan titik 3. Median konsentrasi di titik 2 mencapai sekitar 2500 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan titik 3 mendekati 3000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hal ini mencerminkan peningkatan aktivitas kendaraan, terutama bus yang melakukan transit dan keberangkatan pada jam sibuk. Titik 2, yang merupakan lokasi parkir dan penurunan penumpang, memungkinkan terjadinya emisi CO akibat mesin kendaraan yang menyala dalam waktu lama (idle). Demikian pula, titik 3 sebagai jalur keluar memperlihatkan potensi emisi lebih tinggi dari kendaraan yang memulai akselerasi.

Pada hari ketiga, terjadi lonjakan signifikan pada semua titik, khususnya pada titik 2 dan titik 3. Median konsentrasi melebihi 3000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan distribusi data sangat lebar dengan kehadiran banyak nilai ekstrim (outlier). Nilai outlier pada titik 1 menunjukkan konsentrasi CO sebesar 10.883 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Nilai ini melebihi standar kualitas udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, yaitu 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk durasi paparan 8 jam. Lonjakan ini kemungkinan besar berkaitan dengan meningkatnya kepadatan kendaraan pada hari kerja (weekday effect).

Pada hari keempat, terjadi penurunan konsentrasi CO di seluruh titik, paling signifikan pada titik 1 yang median nilainya di bawah $1500 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Meskipun demikian, titik 2 dan titik 3 masih menunjukkan sebaran data yang cukup tinggi. Hal ini menguatkan asumsi bahwa kendaraan yang berhenti atau transit dalam waktu lama berkontribusi lebih besar terhadap akumulasi emisi CO dibanding kendaraan yang hanya melintas masuk ke area terminal.

Hari ke-1 dan ke-2 dalam pengukuran ini merepresentasikan kondisi lalu lintas di Terminal Jombor pada akhir pekan (weekend), sedangkan hari ke-3 dan ke-4 merepresentasikan kondisi pada hari kerja (weekdays). Secara umum, konsentrasi karbon monoksida (CO) pada akhir pekan cenderung lebih rendah dan stabil dibandingkan pada hari kerja. Hal ini diduga karena jumlah kendaraan yang masuk dan keluar terminal pada akhir pekan relatif lebih sedikit, serta aktivitas transit penumpang yang tidak sepadat pada hari kerja. Sementara itu, pada hari ke-3 dan ke-4, konsentrasi CO menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, khususnya di Titik 2 (area transit) dan Titik 3 (pintu keluar kendaraan). Peningkatan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh tingginya volume kendaraan, baik umum maupun pribadi, yang memanfaatkan terminal sebagai titik transit selama jam operasional kerja. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat polusi CO cenderung lebih tinggi pada periode puncak lalu lintas dibandingkan dengan periode non-puncak (Wang dkk., 2017). Selain itu, jumlah kendaraan berkontribusi signifikan terhadap konsentrasi CO, yakni sebesar 71,35% (Wirosoedarmo dkk., 2020).

Berdasarkan hasil pemetaan konsentrasi karbon monoksida (CO) yang ditampilkan pada citra satelit dengan overlay data spasial, terlihat adanya variasi konsentrasi CO di wilayah studi sebagaimana terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sebaran Konsentrasi CO

Pemetaan Spasial Karbon Monoksida

Pemetaan spasial konsentrasi karbon monoksida (CO) menunjukkan variasi yang signifikan pada masing-masing titik pengamatan yang merepresentasikan perbedaan karakteristik aktivitas kendaraan di dalam kawasan terminal. Titik 1 yang terletak di pintu masuk terminal menunjukkan konsentrasi CO paling rendah, yaitu berada pada rentang 1,313–1,543 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan dikategorikan dalam zona hijau. Rendahnya konsentrasi CO pada titik ini dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan yang hanya melintasi area tersebut dalam waktu singkat tanpa berhenti dalam durasi yang lama, sehingga emisi yang dihasilkan pun relatif minim. Hasil ini selaras dengan temuan Gunawan dkk., (2015) yang menyatakan bahwa tingkat konsentrasi CO sangat dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas, terutama kecepatan dan kepadatan kendaraan. Ketika kendaraan bergerak dengan kecepatan yang relatif stabil dan tanpa hambatan, waktu emisi menjadi singkat sehingga konsentrasi CO cenderung rendah.

Sebaliknya, Titik 2 yang berada di zona kuning dengan rentang konsentrasi 1,775–2,005 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ memperlihatkan peningkatan signifikan. Titik ini berfungsi sebagai area transit kendaraan, di mana aktivitas kendaraan cenderung berhenti dalam waktu cukup lama untuk menunggu penumpang atau jadwal keberangkatan. Dalam kondisi tersebut, mesin kendaraan tetap menyala (idling), sehingga emisi CO terakumulasi di area tersebut. Menurut Handriyono dkk., (2020), proses pembakaran bahan bakar saat kondisi idle bersifat tidak sempurna, sehingga menghasilkan emisi polutan seperti CO dalam jumlah lebih tinggi. Hal ini juga

diperkuat oleh Purwanto (2015) yang menyebutkan bahwa bus besar maupun kecil yang menggunakan bahan bakar solar menghasilkan CO dalam jumlah signifikan saat berada dalam kondisi idle.

Adapun Titik 3 merupakan lokasi dengan konsentrasi CO tertinggi, yakni berada dalam zona merah dengan rentang 2,237–2,466 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Titik ini berada di area dekat pintu keluar terminal, di mana kendaraan umumnya berhenti dalam antrean sebelum keluar, dan kemudian melakukan akselerasi saat melewati gerbang keluar. Kondisi ini menyebabkan emisi CO meningkat karena gabungan antara durasi idle dan beban kerja mesin saat akselerasi. Akselerasi kendaraan pada kecepatan rendah menghasilkan pembakaran yang tidak optimal, yang berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi CO secara lokal. Sesuai dengan penjelasan Hendra dkk., (2015), kendaraan yang mengalami perlambatan atau antrean pada kecepatan rendah akan menghasilkan konsentrasi CO lebih tinggi karena waktu paparan yang lebih lama dan proses pembakaran yang tidak efisien.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Terminal Jombor pada titik 1 di hari ke-tiga 10.883 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pengukuran melebihi standar kualitas udara ambien yang ditetapkan, yaitu sebesar 10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Titik 3 tercatat memiliki konsentrasi CO tertinggi dibandingkan titik lainnya. Lokasi ini berada di area dekat pintu keluar terminal, di mana kendaraan cenderung berhenti dalam antrean dan kemudian melakukan akselerasi saat melewati gerbang keluar. Kombinasi antara kondisi idle yang berkepanjangan dan peningkatan beban mesin saat akselerasi diduga menjadi faktor utama meningkatnya emisi CO pada titik tersebut. Selain itu, konsentrasi CO pada hari kerja (*weekday*) secara umum lebih tinggi dibandingkan akhir pekan (*weekend*), yang mengindikasikan adanya pengaruh signifikan dari volume lalu lintas harian. Hasil pemetaan spasial menunjukkan bahwa area di sekitar Titik 2 dan Titik 3 berada dalam kategori konsentrasi sedang hingga tinggi, menegaskan perlunya pengelolaan emisi yang lebih baik pada zona dengan aktivitas kendaraan yang intensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jakarta. 2013. Zat-zat Pencemar Udara. BPLHD Jakarta.
- Bugdayci, I., Ugurlu, O., & Kunt, F. (2023). Spatial analysis of SO₂, PM₁₀, CO, NO₂, and O₃ pollutants: the case of Konya province, Turkey. *Atmosphere*, 14(3), 462.

- Damara, D. Y., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). Analisis dampak kualitas udara karbon monoksida (CO) di sekitar Jl. Pemuda akibat kegiatan car free day menggunakan program caline4 dan surfer (studi kasus: Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1-14.
- Fitriana, D., & Oginawati, K. (2012). Studi paparan gas karbon monoksida dan dampaknya terhadap pekerja di Terminal Cicaheum Bandung. *jurnal teknik lingkungan*, 18(1), 21-29.
- Gunawan, H., Ruslinda, Y., & Anggela, Y. (2015). Hubungan Konsentrasi Karbon Monoksida (Co) Di Udara Ambien Roadside Dengan Karakteristik Lalu Lintas Di Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang. In *International Symposium, Unila, Bandar Lampung, August* (Vol. 28).
- Habibi, R., Alesheikh, A. A., Mohammadinia, A., & Sharif, M. (2017). An assessment of spatial pattern characterization of air pollution: A case study of CO and PM_{2.5} in Tehran, Iran. *ISPRS international journal of Geo-information*, 6(9), 270.
- Handriyono, R. E., Ariyani, N., & Pramestyawati, T. N. (2020). Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Dari Kendaraan Bus Pada Saat Kondisi Diam (Idle) Di Terminal Purabaya. *SPECTA Journal of Technology*, 4(3), 81-88.
- Indrayani, I., & Asfiati, S. (2018). Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu-Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan. *Jurnal Permukiman*, 13(1), 13-20.
- Leko, L. L., Manulangga, O. G. L., Solo, A. A. M., Si, S., & Da Costa, M. (2023). *Pengendalian Pencemaran Udara Emisi dan Ambien*. Penerbit Adab.
- Purwanto, C. P. (2015). Inventarisasi emisi sumber bergerak di jalan (on road) Kota Denpasar. *Ecotrophic*, 9(1), 385508.
- Rachmawati, S., Suryadi, I., Safitri, F. A., & Firmansyah, F. (2022). Working Period and CO Exposure Relationship with Changes Levels COHb of Bus Station Officer. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 18(2), 283-288.
- Rose, J. J., Wang, L., Xu, Q., McTiernan, C. F., Shiva, S., Tejero, J., & Gladwin, M. T. (2017). Carbon monoxide poisoning: pathogenesis, management, and future directions of therapy. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 195(5), 596-606.
- Sajjadi, S. A., Zolfaghari, G., Adab, H., Allahabadi, A., & Delsouz, M. (2017). Measurement and modeling of particulate matter concentrations: Applying spatial analysis and regression techniques to assess air quality. *MethodsX*, 4, 372-390.

- Sihayuardhi, E. R., Brontowiyono, W., Maziya, F. B., & Hakim, L. (2021). The Effect of the COVID-19 Pandemic on Ambient Air Quality in Yogyakarta Urban Area Parameters SO_2 , CO and, NO_2 with Inverse Distance Weighting (IDW). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 933, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- Sumampouw, O. J., & Mantow, T. (2024). Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (CO) di Terminal Paal Dua Kota Manado. *Sam Ratulangi Journal of Public Health*, 5(1), 22-29.
- Utama, D. A. (2019). Indeks Standar Pencemar Udara Polutan Karbon Monoksida Di Terminal Malengkeri Kota Makassar. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 2(1), 9-20.
- Wang, Z., Lu, Q. C., He, H. D., Wang, D., Gao, Y., & Peng, Z. R. (2017). Investigation of the spatiotemporal variation and influencing factors on fine particulate matter and carbon monoxide concentrations near a road intersection. *Frontiers of Earth Science*, 11(1), 63-75.
- Wirosoedarmo, R., Suharto, B., & Proborini, D. E. (2020). Analisis pengaruh jumlah kendaraan bermotor dan kecepatan angin terhadap karbon monoksida di terminal arjosari. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(2), 57-64.
- Zheng, B., Chevallier, F., Yin, Y., Ciais, P., Fortems-Cheiney, A., Deeter, M.N., Parker, R.J., Wang, Y., Worden, H.M. and Zhao, Y. (2019). Global atmospheric carbon monoxide budget 2000–2017 inferred from multi-species atmospheric inversions. *Earth System Science Data*, 11(3), 1411-1436.