

Analisa Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida di Sekitar Pembangunan Jalan Tol Solo-Jogja

Sapta Suhardono¹, Adhistie Fadila Setyaputri¹, Danila Desti Ramadhani¹, Vania Maharani Rizky Pratiwi¹, dan I Wayan Koko Suryawan^{2*}

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

²Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Perencanaan Infrastruktur Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia, email: i.suryawan@Universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas pembangunan infrastruktur seperti jalan tol sering kali diiringi oleh peningkatan polusi udara, khususnya karbon monoksida (CO), yang memiliki dampak signifikan terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi CO dan memahami pengaruh faktor lingkungan di sekitar pembangunan jalan tol Solo-Jogja. Penelitian kuantitatif ini dilaksanakan pada Mei 2023, melibatkan pengukuran konsentrasi CO serta variabel suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan di tiga stasiun pengukuran. Data dianalisis menggunakan metode ANOVA satu arah untuk menentukan perbedaan yang signifikan antar variabel. Analisis tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan terhadap konsentrasi CO pada stasiun yang berbeda, hari, dan jam pengukuran. Namun, terdapat variasi signifikan dalam konsentrasi CO yang dipengaruhi oleh lokasi stasiun, hari, dan waktu pengukuran. Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kondisi meteorologis dan jumlah kendaraan dengan konsentrasi CO, namun lokasi dan waktu spesifik memiliki pengaruh yang kuat. Hasil ini menunjukkan perlunya strategi pengelolaan dan mitigasi polusi udara yang ditargetkan untuk mengurangi dampak pembangunan infrastruktur terhadap kualitas udara.

Kata kunci: Karbon Monoksida, Kualitas Udara, Pembangunan Jalan Tol

ABSTRACT

The expansion of infrastructure activities such as toll roads is often accompanied by increased air pollution, especially carbon monoxide (CO), which significantly impacts environmental quality and public health. This study aimed to analyze the concentration of CO and understand the influence of environmental factors around the Solo-Jogja toll road construction. This quantitative research was conducted in May 2023, involving the measurement of CO concentration and variables such as temperature, humidity, wind speed, and the number of vehicles across three measurement stations. Data were analyzed using a one-way ANOVA method to determine significant differences between variables. The analysis did not show significant differences in temperature, humidity, wind speed, and the number of vehicles concerning CO concentration at different stations, days, and measurement times. However, there was a significant variation in CO concentration influenced by the station location, day, and time of measurement. There is no significant relationship between meteorological conditions and the number of vehicles with CO concentration, but specific locations and times have a strong influence. These results indicate the need for targeted air pollution management and mitigation strategies to reduce the impact of infrastructure development on air quality.

Keywords: Carbon Monoxide, Air Quality, Toll Road Construction

Citation: Suhardono, S., Setyaputri, A. F., Ramadhani, D. D., Pratiwi, V. M. R., dan Suryawan, I. W. K. (2025). Analisa Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida di Sekitar Pembangunan Jalan Tol Solo-Jogja. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(2), 427-434, doi:10.14710/jil.23.2.427-434

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur adalah bagian kunci dari pertumbuhan dan perkembangan ekonomi di setiap negara. Dalam konteks ini, proyek pembangunan jalan tol Solo-Jogja di Indonesia

merupakan inisiatif strategis yang bertujuan untuk meningkatkan konektivitas, memperpendek waktu tempuh, dan mendukung pertumbuhan ekonomi regional. Namun, proyek pembangunan infrastruktur skala besar seperti ini seringkali diiringi dengan

konsekuensi lingkungan (Fakhurozi, Ningrum, and Amanda 2020; Rani and Azlan 2020), terutama peningkatan polusi udara akibat emisi dari aktivitas konstruksi dan peningkatan lalu lintas kendaraan. Transportasi merupakan aspek penting dalam kehidupan modern, memainkan peran krusial dalam sistem ekonomi dan sosial (Abdel Wahed Ahmed and Abd El Monem 2020; Suryawan et al. 2024). Namun, sisi lain dari manfaat ini adalah kontribusi signifikan transportasi terhadap polusi udara, terutama di kota-kota besar dan daerah perkotaan (Rahmawati and Pratama 2023). Kendaraan bermotor yang mengandalkan bahan bakar fosil, seperti bensin dan diesel, menjadi sumber utama emisi berbagai polutan. Penelitian juga menekankan bahwa gas buang dari kendaraan bermotor mencakup polutan seperti nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan sulfur dioksida (SO₂), yang semuanya memiliki efek negatif pada kualitas udara dan kesehatan manusia (Primasanti and Aryani 2022; Indewek 2022). Karbon monoksida (CO) adalah salah satu komponen utama dari polusi udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (Dewangan et al. 2020; Agrawal et al. 2020). CO merupakan gas tak berwarna dan tak berbau yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia, terutama pada konsentrasi tinggi (Yadava and Bhatt 2021). Dalam kerangka pengembangan berkelanjutan, penting untuk memahami dan mengelola dampak lingkungan dari proyek pembangunan, termasuk emisi CO yang dihasilkan.

Studi ini dirancang untuk memetakan dan menganalisis konsentrasi CO di sekitar area pembangunan jalan tol Solo-Jogja, dengan tujuan untuk mengidentifikasi sumber polusi utama dan menyarankan strategi mitigasi. Penelitian ini mengambil sampel dari tiga lokasi strategis di sepanjang pembangunan tol, yaitu di STA 1, STA 6, dan STA 12. Lokasi-lokasi ini dipilih berdasarkan keberadaan berbagai tahapan pekerjaan konstruksi dan aktivitas lalu lintas, memberikan gambaran yang komprehensif tentang pengaruh pembangunan jalan tol terhadap kualitas udara. Pada STA 1, yang terletak di Kecamatan Banyudono, Kabupaten Boyolali, kegiatan konstruksi sudah mencapai tahap akhir, dan lokasi ini berfungsi sebagai pintu masuk utama untuk kendaraan proyek. Kondisi ini menyediakan kesempatan untuk menilai bagaimana kegiatan konstruksi yang telah selesai mempengaruhi konsentrasi CO, dibandingkan dengan lokasi di mana pekerjaan konstruksi masih berlangsung. STA 6, yang berada di Kecamatan Sawit, Kabupaten Boyolali, masih dalam fase penimbunan tanah. Kegiatan ini melibatkan penggunaan alat berat dan kendaraan pengangkut, yang keduanya merupakan sumber emisi CO. Lokasi ini memberikan wawasan tentang dampak pekerjaan konstruksi aktif terhadap kualitas udara. STA 12 di Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten, merupakan lokasi di mana pekerjaan struktur atas sedang berlangsung. Di lokasi ini, konsentrasi CO

dipengaruhi oleh aktivitas konstruksi yang intensif, termasuk pengelasan, penggunaan mesin, dan lalu lintas kendaraan proyek.

Proyek pembangunan jalan tol Solo-Jogja, yang merupakan bagian dari jaringan Tol Solo-Yogyakarta-Nya Kulonprogo, diharapkan dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan fasilitas pelayanan public (A. Wicaksono, Hardiyatmo, and Satyarno 2023; R. A. B. Wicaksono, Suwarno, and Lastiasih 2022; Prasetyo, Prayitno, and Amhudo 2023). Namun, berbagai kegiatan konstruksi, mulai dari land clearing hingga penimbunan dan pemasangan lapisan, tidak hanya menggunakan alat berat tetapi juga menghasilkan peningkatan lalu lintas kendaraan yang signifikan (Kudapa 2023), yang berpotensi meningkatkan kadar CO di wilayah tersebut. Faktanya, karena pembangunan ini berbatasan langsung dengan pemukiman penduduk, dampaknya terasa langsung oleh masyarakat setempat. Dengan mempertimbangkan semua aspek ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi pengaruh jumlah kendaraan dan faktor meteorologis terhadap peningkatan konsentrasi CO. Penelitian ini penting untuk menginformasikan kebijakan dan strategi yang dapat mengurangi dampak negatif ke lingkungan dan kesehatan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif, yang berarti fokus pada pengumpulan dan analisis data dalam bentuk numerik. Hasil pengukuran yang dihasilkan dari penelitian ini akan disajikan dalam format yang dapat dengan mudah dipahami, seperti tabel dan grafik, dan akan dijelaskan secara deskriptif untuk memberikan konteks dan pemahaman yang lebih baik tentang data tersebut.

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

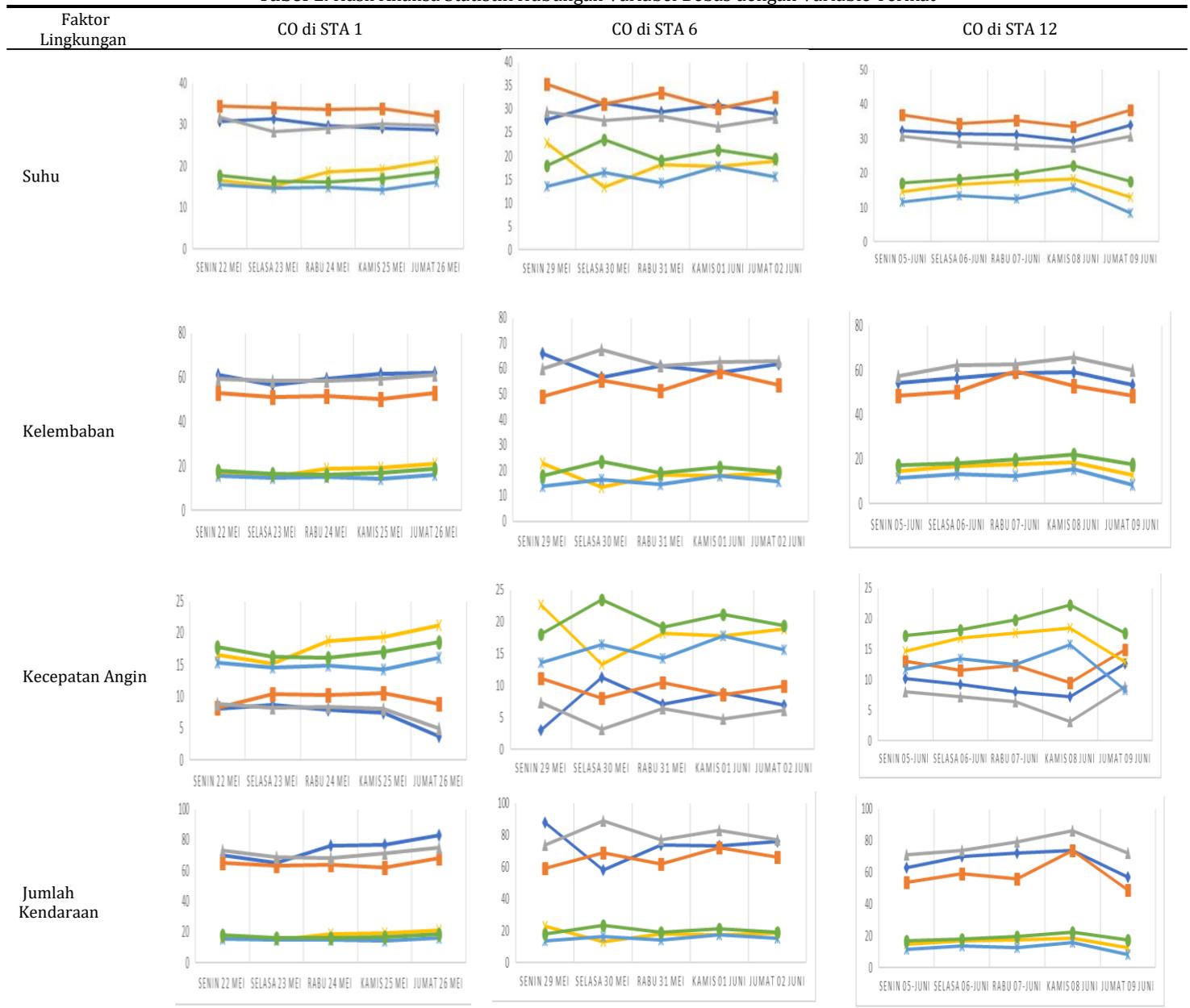
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2023, fokus pada tiga titik spesifik di sepanjang jalur pembangunan jalan tol Solo-Jogja. Pemilihan titik-titik ini sangat strategis karena masing-masing merepresentasikan fase pekerjaan yang unik dalam proyek konstruksi. Pada STA 1, yang terletak di Kecamatan Banyudono, Kabupaten Boyolali, koordinat geografisnya diukur pada 7°32'28.5"S 110°43'18.4"E. Titik ini menarik karena, meskipun tidak ada lagi aktivitas konstruksi berlangsung, sebagai hasil dari penyelesaian pekerjaan rigid pada titik ini tetap merupakan arteri utama bagi kendaraan proyek yang akan menuju ke titik-titik lainnya dalam zona pembangunan.

Lokasi kedua adalah STA 6, yang terletak di Kecamatan Sawit, Kabupaten Boyolali, dengan koordinat 7°59'16.1.2"S 110°69'42.3"E. Di lokasi ini, penelitian menjadi sangat penting karena terdapat pekerjaan timbunan tanah yang aktif, memberikan data yang krusial terkait dampak konstruksi pada lingkungan sekitar.

konsentrasi CO cenderung menurun, yang menunjukkan bahwa penyebaran CO lebih efektif dengan adanya angin yang lebih kuat. Pola ini kurang jelas di STA 6 dan STA 12, menunjukkan bahwa ada faktor lain atau kondisi geografis yang mungkin mempengaruhi dispersi CO di area tersebut. Grafik keempat mengeksplorasi hubungan antara jumlah kendaraan yang melintas (per jam) dan konsentrasi CO. Ini adalah variabel penting karena kendaraan adalah sumber utama emisi CO di area perkotaan dan konstruksi. Di STA 1, terlihat ada tren positif antara jumlah kendaraan dan konsentrasi CO, yang masuk akal mengingat peningkatan kendaraan akan menghasilkan lebih banyak emisi CO. Di STA 6 dan STA 12, hubungan ini juga ada tetapi mungkin dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas atau pekerjaan konstruksi di lokasi tersebut.

Data yang dihimpun dari tiga titik pengukuran yaitu STA 1, STA 6, dan STA 12 memberikan pengetahuan mengenai cara-cara di mana suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan volume lalu lintas berkontribusi pada tingkat polusi CO di masing-masing lokasi. Dari analisis ini, kita bisa memahami bahwa faktor-faktor lingkungan tidak bekerja secara isolasi. Mereka saling berinteraksi dalam cara yang kompleks dan dinamis, yang kesemuanya berpengaruh pada tingkat polusi CO. Misalnya, kenaikan suhu bisa meningkatkan kemampuan atmosfer untuk menyebarkan polutan, tapi jika disertai penurunan kecepatan angin, efek sebarannya bisa berkurang. Demikian pula, jumlah kendaraan yang meningkat tentu akan menaikkan konsentrasi CO, tetapi tingkat peningkatan ini bisa dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembaban saat itu.

Tabel 1. Hasil Analisa Statistik Hubungan Variabel Bebas dengan Variable Terikat



Keterangan: — Suhu Pagi — Suhu Siang — Suhu sore — CO Pagi — CO Siang — CO sore

Pemahaman berperan dalam perencanaan kota dan pengembangan infrastruktur, seperti pembangunan jalan tol yang sedang dibahas. Hal ini sangat penting untuk dilakukan untuk memberikan rekomendasi yang tepat untuk manajemen proyek konstruksi atau kebijakan lalu lintas yang akan menghasilkan penurunan dalam emisi CO. Hal ini bisa termasuk penjadwalan ulang waktu konstruksi untuk menghindari jam-jam sibuk, penggunaan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan, atau pembatasan akses kendaraan berat pada jam tertentu.

Tabel 2 menampilkan hasil analisis variasi yang diukur dari suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan di berbagai stasiun pengukuran, pada hari yang berbeda, dan pada jam yang berbeda. Hasil ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam variabel yang dipertimbangkan antara grup yang berbeda, dengan nilai p yang lebih besar dari 0.05 untuk stasiun pengukuran, hari pengukuran, dan jam pengukuran. Ini menandakan bahwa, berdasarkan sampel yang diambil, tidak ada bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa faktor-faktor seperti lokasi stasiun pengukuran, hari spesifik, atau waktu dalam sehari memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variasi suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan.

Sebaliknya, Tabel 3 menunjukkan hasil yang sangat berbeda untuk konsentrasi CO. Dari data yang dihasilkan, terdapat bukti statistik kuat yang menunjukkan perbedaan signifikan dalam konsentrasi CO antara stasiun pengukuran, hari, dan pada jam yang berbeda, dengan semua nilai p kurang dari 0.05. Perbedaan yang signifikan ini menandakan bahwa variabilitas lokasi pengukuran, waktu dalam sehari, dan hari pengukuran berdampak pada tingkat konsentrasi CO yang diukur dalam studi ini. Ini menandakan faktor - faktor tersebut harus dipertimbangkan pada konteks pengelolaan kualitas udara dan strategi mitigasi polusi.

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa variasi yang diukur dari suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan di berbagai stasiun pengukuran, pada hari yang berbeda, dan pada jam yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ketidakberhasilan hipotesis ini mengindikasikan bahwa variabilitas dalam suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan mungkin tidak memiliki hubungan langsung yang kuat dengan perubahan konsentrasi CO di lokasi penelitian. Beberapa penjelasan potensial untuk hasil ini dapat mencakup konsistensi kondisi lingkungan yang mungkin relatif stabil selama periode pengukuran, sehingga tidak memberikan variasi yang cukup untuk menunjukkan perbedaan signifikan (Concas et al. 2021; Sokhi et al. 2021; Xiang et al. 2020; Demanega et al. 2021). Selain itu, ada kemungkinan bahwa faktor-faktor lain, seperti jenis aktivitas konstruksi atau penggunaan bahan bakar tertentu oleh kendaraan proyek, memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap konsentrasi CO dibandingkan dengan variabel lingkungan yang diukur (Jain et al. 2022). Metodologi dan alat yang digunakan dalam pengukuran mungkin juga mempengaruhi hasil, misalnya frekuensi dan lokasi pengambilan sampel harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan benar-benar representatif dari kondisi di lapangan.

Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut yang mempertimbangkan variabel tambahan dan metode pengukuran yang mungkin lebih sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pendekatan yang lebih komprehensif dan integratif dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi CO di sekitar pembangunan jalan tol Solo-Jogja.

Tabel 2. Analisa ANOVA Satu Arah untuk Efek Stasiun Pengamatan, Hari, dan Jam Pengukuran terhadap Variabel Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Jumlah Kendaraan

Variabel		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Stasiun	Antar Grup	90.3	121	0.746	1.08	0.395
	Dalam Grup	29.7	43	0.691		
	Total	120	164			
Hari pengukuran	Antar Grup	255.7	121	2.113	1.223	0.228
	Dalam Grup	74.3	43	1.728		
	Total	330	164			
Jam pengukuran	Antar Grup	74.667	121	0.617	0.751	0.885
	Dalam Grup	35.333	43	0.822		
	Total	110	164			

Tabel 3. Analisa ANOVA Satu Arah pada Efek Stasiun Pengamatan, Hari, dan Jam Pengukuran pada Konsentrasi CO

Variabel		Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Stasiun	Antar Grup	114.171	38	3.005	64.95	0.000
	Dalam Grup	5.829	126	0.046		
	Total	120	164			
Hari pengukuran	Antar Grup	288.971	38	7.605	23.354	0.000
	Dalam Grup	41.029	126	0.326		
	Total	330	164			
Jam pengukuran	Antar Grup	79.386	38	2.089	8.598	0.000
	Dalam Grup	30.614	126	0.243		
	Total	110	164			

Hasil yang diperoleh dari Tabel 1 dan Tabel 2 memberikan wawasan yang berharga dalam konteks studi kualitas udara di sekitar proyek pembangunan jalan tol Solo-Jogja. Tabel 1, yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara stasiun pengukuran, hari pengukuran, dan jam pengukuran untuk variabel suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan, mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan dan aktivitas transportasi di area studi relatif homogen selama periode pengukuran. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa faktor-faktor ini, dalam konteks dan skala penelitian yang dilakukan, tidak berfluktuasi secara signifikan dan konsekuensi dari satu stasiun pengukuran ke stasiun lain, atau dari waktu ke waktu selama hari-hari yang diukur.

Sebaliknya, hasil yang ditemukan dalam Tabel 2 sangat berbeda. Perbedaan signifikan dalam konsentrasi CO di berbagai stasiun pengukuran menandakan bahwa ada faktor-faktor spesifik lokasi yang berpengaruh terhadap emisi CO. Misalnya, stasiun yang lebih dekat dengan aktivitas konstruksi berat atau area dengan trafik kendaraan yang lebih tinggi mungkin mengalami konsentrasi CO yang lebih besar. Konsentrasi CO juga bervariasi secara signifikan tergantung pada hari pengukuran, yang mungkin mencerminkan variasi dalam aktivitas konstruksi atau pola lalu lintas harian. Variabilitas menurut jam pengukuran mencerminkan dinamika harian, seperti jam sibuk yang menghasilkan emisi lebih tinggi karena volume kendaraan yang meningkat. Harus dipertimbangkan bahwa konsentrasi CO yang lebih tinggi dapat berdampak serius pada kesehatan manusia. Mengingat bahwa CO adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, kemungkinan risiko kesehatan yang disebabkan oleh paparan jangka panjang dapat menjadi masalah serius (Cope 2020; Piccardo et al. 2022; Ahmed and Kumar 2020), terutama bagi komunitas di sekitar area konstruksi. Hasil ini menegaskan pentingnya pemantauan kontinu dan intervensi untuk mengendalikan kualitas udara (Marques et al. 2020; Jephcote et al. 2021; Saini, Dutta, and Marques 2020; Burns et al. 2020), termasuk penggunaan teknologi konstruksi yang lebih bersih, pembatasan waktu operasi untuk mengurangi dampak pada jam sibuk, dan mungkin penggunaan rute alternatif untuk mengalihkan lalu lintas dari area konstruksi.

Penting juga untuk mengeksplorasi lebih lanjut mengapa suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan tidak menunjukkan variasi yang signifikan dalam studi ini. Ini mungkin menunjukkan bahwa praktik mitigasi yang sudah ada efektif dalam mengelola emisi dari sumber-sumber ini, atau bahwa faktor-faktor tersebut secara intrinsik stabil dalam kondisi geografis dan iklim di area studi. Sebagai alternatif, mungkin terdapat batasan dalam metodologi pengumpulan data atau sampel yang tidak mencakup event ekstrem yang mungkin mempengaruhi hasil (Wimbadi and Djalante 2020; Zhang, Niu, and Yu 2021). Hasil yang signifikan dari

Tabel 2 juga membuka pintu untuk investigasi lebih lanjut terkait sumber-sumber emisi CO yang paling dominan dan bagaimana manajemen konstruksi dan pola lalu lintas dapat diubah untuk mengurangi dampak ini. Ini dapat mencakup analisis data yang lebih mendetail pada waktu-waktu tertentu dalam sehari atau selama tahapan konstruksi tertentu untuk mengidentifikasi dan menanggapi puncak emisi CO.

Keseluruhan temuan ini harus digunakan untuk menginformasikan praktik terbaik dan rekomendasi kebijakan. Strategi mitigasi yang diinformasikan oleh data dapat termasuk perubahan dalam jadwal kerja konstruksi untuk menghindari periode puncak emisi, peningkatan infrastruktur pendukung untuk mengurangi kepadatan lalu lintas, serta kampanye kesadaran publik tentang pentingnya pengurangan penggunaan kendaraan pribadi, terutama di dekat zona konstruksi. Pentingnya analisis ini juga terletak pada dampaknya terhadap kesehatan publik dan kualitas lingkungan hidup. CO adalah gas beracun yang bisa membawa konsekuensi serius jika terakumulasi dalam konsentrasi tinggi, seperti penurunan kualitas udara yang bisa mempengaruhi kesehatan pernapasan masyarakat (Stucki and Stahl 2020; Mahajan and Jagtap 2020; Suhardono et al. 2023). Oleh karena itu, mengambil langkah-langkah untuk mengurangi polusi ini tidak hanya memperbaiki kualitas udara tetapi juga mencegah potensi masalah kesehatan yang bisa timbul dari eksposur jangka panjang terhadap polusi udara. Akhirnya, hal ini menunjukkan nilai dari penggunaan analisis data yang cermat dan metodologi ilmiah dalam pengambilan keputusan yang berbasis bukti. Dengan menggabungkan data empiris dengan analisis statistik yang kuat, pembuat kebijakan dan pengelola proyek bisa membuat pilihan yang lebih informed dan bertanggung jawab (Suryawan and Lee 2023b, 2023a; Phan et al. 2023), yang pada gilirannya, akan menghasilkan manfaat yang berkelanjutan untuk masyarakat dan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengungkap bahwa variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan jumlah kendaraan tidak memberikan dampak signifikan terhadap fluktuasi konsentrasi karbon monoksida (CO) di berbagai lokasi dan waktu pengukuran. Meskipun demikian, adanya variasi yang signifikan dalam konsentrasi CO yang tercatat mengindikasikan bahwa ada faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap peningkatan tingkat polusi CO yang tidak tercakup oleh variabel yang diteliti. Fenomena ini menandakan bahwa kondisi lokal spesifik stasiun pengukuran, seperti posisi geografis yang mungkin lebih dekat dengan sumber emisi, dinamika lalu lintas lokal, dan karakteristik urban lainnya, serta faktor waktu termasuk jam dalam sehari dan hari dalam seminggu berperan penting dalam menentukan tingkat konsentrasi CO. Dari temuan ini, dapat disimpulkan

Suhardono, S., Setyaputri, A. F., Ramadhani, D. D., Pratiwi, V. M. R., dan Suryawan, I. W. K. (2025). Analisa Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida di Sekitar Pembangunan Jalan Tol Solo-Jogja. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(2), 427-434. doi:10.14710/jil.23.2.427-434

bahwa upaya mitigasi harus disesuaikan dengan karakteristik unik dari setiap lokasi pengukuran dan pola temporal emisi untuk mencapai efektivitas maksimal

Rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan hasil ini adalah pengembangan strategi mitigasi yang lebih granular dan lokasi-spesifik. Misalnya, peningkatan kualitas dan kapasitas sistem transportasi umum di jam-jam sibuk, penanaman vegetasi di area yang terbukti memiliki konsentrasi CO tinggi, atau pembatasan lalu lintas di lokasi-lokasi dengan tingkat polusi yang lebih parah pada waktu-waktu tertentu. Penelitian ini juga menyarankan perlunya penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi faktor-faktor spesifik yang tidak tercakup dalam studi ini, yang mungkin berkontribusi terhadap konsentrasi CO, untuk memperluas pemahaman dan meningkatkan efektivitas intervensi yang dirancang untuk mengurangi polusi CO di lingkungan urban.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel Wahed Ahmed, Mona Mahrous, and Nanis Abd El Monem. 2020. "Sustainable and Green Transportation for Better Quality of Life Case Study Greater Cairo-Egypt." *HBRC Journal* 16 (1): 17-37.
- Agrawal, Tanmaya, Raghvendra Gautam, Sudeekcha Agrawal, Vishal Singh, Manish Kumar, and Saket Kumar. 2020. "Optimization of Engine Performance Parameters and Exhaust Emissions in Compression Ignition Engine Fueled with Biodiesel-Alcohol Blends Using Taguchi Method, Multiple Regression and Artificial Neural Network." *Sustainable Futures* 2: 100039. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100039>.
- Ahmed, Shah Nawaz, and Susheel Kumar. 2020. "Carbon Monoxide Toxicity and Its Management: A Review." *International Journal of Advanced Research in Medicinal Chemistry* 2 (1): 11-19.
- Angatha, Rama Kanth, and Arpan Mehar. 2020. "Impact of Traffic on Carbon Monoxide Concentrations near Urban Road Mid-Blocks." *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A* 101: 713-22.
- Burns, J, H Boogaard, S Polus, L M Pfadenhauer, A C Rohwer, A M van Erp, R Turley, and E A Rehfuss. 2020. "Interventions to Reduce Ambient Air Pollution and Their Effects on Health: An Abridged Cochrane Systematic Review." *Environment International* 135: 105400. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105400>.
- Concas, Francesco, Julien Mineraud, Eemil Lagerspetz, Samu Varjonen, Xiaoli Liu, Kai Puolamäki, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. 2021. "Low-Cost Outdoor Air Quality Monitoring and Sensor Calibration: A Survey and Critical Analysis." *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)* 17 (2): 1-44.
- Cope, Rhian B. 2020. "Carbon Monoxide: Can't See, Can't Smell, Body Looks Red but They Are Dead." In *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*, 353-71. Elsevier.
- Demanega, Ingrid, Igor Mujan, Brett C Singer, Aleksandar S Anđelković, Francesco Babich, and Dusan Licina. 2021. "Performance Assessment of Low-Cost Environmental Monitors and Single Sensors under Variable Indoor Air Quality and Thermal Conditions." *Building and Environment* 187: 107415.
- Dewangan, Ashish, Ashis Mallick, Ashok Kumar Yadav, and Rajeev Kumar. 2020. "Combustion-Generated Pollutions and Strategy for Its Control in CI Engines: A Review." *Materials Today: Proceedings* 21: 1728-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.155>.
- Fadli, Muhamad, Peppy Herawati, Endi Adriansyah, Rifqi Sufrana, and Muhammad Syaiful. 2022. "Analysis of Carbon Monoxide (CO) Quality Due to the Construction of the Miftahun Najah Islamic Boarding School." *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)* 2 (2): 36-40.
- Fakhurozi, Ahmad, Agustina Dewi Ningrum, and Rizki Amanda. 2020. "Kajian Studi Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera (Jtts) Terhadap Infrastruktur Dan Lingkungan." *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa* 4 (1): 14-29.
- Google Map. 2023. "Google Map." 2023. <https://www.google.com/maps/place/>.
- Indewek, Deini. 2022. "Pengaruh Lama Kerja terhadap Kadar Hemoglobin pada Pekerja yang Terpapar Asap Kendaraan Bermotor." *Media Husada Journal Of Nursing Science* 3 (2): 112-22.
- Jain, Vaishali, Sachchida N Tripathi, Nidhi Tripathi, Lokesh K Sahu, Sreenivas Gaddamidi, Ashutosh K Shukla, Deepika Bhattu, and Dilip Ganguly. 2022. "Seasonal Variability and Source Apportionment of Non-Methane VOCs Using PTR-TOF-MS Measurements in Delhi, India." *Atmospheric Environment* 283: 119163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119163>.
- Jephcote, Calvin, Anna L Hansell, Kathryn Adams, and John Gulliver. 2021. "Changes in Air Quality during COVID-19 'Lockdown' in the United Kingdom." *Environmental Pollution* 272: 116011. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116011>.
- Kudapa, Vamsi Krishna. 2023. "Carbon-Dioxide Capture, Storage and Conversion Techniques in Different Sectors—a Case Study." *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 43 (9): 1638-63.
- Mahajan, Sunil, and Shweta Jagtap. 2020. "Metal-Oxide Semiconductors for Carbon Monoxide (CO) Gas Sensing: A Review." *Applied Materials Today* 18: 100483. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apmt.2019.100483>.
- Marques, Gonçalo, Nuno Miranda, Akash Kumar Bhoi, Begonya Garcia-Zapirain, Sofiane Hamrioui, and Isabel de la Torre Díez. 2020. "Internet of Things and Enhanced Living Environments: Measuring and Mapping Air Quality Using Cyber-Physical Systems and Mobile Computing Technologies." *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s20030720>.
- Ojima, Jun. 2021. "Prevention against Carbon Monoxide Poisoning Emanating from Burning Coal Briquettes—Generation Rate of Carbon Monoxide and Ventilation Requirement—." *Industrial Health* 60 (3): 236-41.
- Phan, Thi Thanh Thuy, Van Viet Nguyen, Hong Thi Thu Nguyen, and Chun-Hung Lee. 2023. "Estimating Citizen's Adaptive Behavior for Sustainable Plastic Waste Management Based on a Choice Experiment."

- Journal of Cleaner Production* 422: 138617. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138617>.
- Piccardo, M T, M Geretto, A Pulliero, and A Izzotti. 2022. "Odor Emissions: A Public Health Concern for Health Risk Perception." *Environmental Research* 204: 112121.
- Prasetyo, Eko, Kusdiman Joko Prayitno, and Rasyiid Lathiif Amhudo. 2023. "Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku pada Jalan Tol Solo-Yogyakarta-Nyia Kulon Progo dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 (STA 02+ 00–STA 07+ 500)." *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology* 2 (1): 28–36.
- Primasanti, Yunita, and Atik Aryani. 2022. "Analisis Asap dan Emisi Gas Buang Bus bagi Kesehatan Petugas Ticketing Halte." *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia (JIKI)* 15 (2): 61–69.
- Rahmawati, Siti, and Inka Nusamuda Pratama. 2023. "Pengaruh Penggunaan Transportasi Berkelanjutan terhadap Kualitas Udara dan Kesejahteraan Masyarakat." *Journal of Environmental Policy and Technology* 1 (2): 90–99.
- Rani, Hafnidar A, and Muammar Azlan. 2020. "Dampak Pembangunan Jalan Tol Banda Aceh-Sigli Terhadap Lingkungan." *Tameh: Journal of Civil Engineering* 9 (1): 11–21.
- Saini, Jagriti, Maitreyee Dutta, and Gonçalo Marques. 2020. "A Comprehensive Review on Indoor Air Quality Monitoring Systems for Enhanced Public Health." *Sustainable Environment Research* 30 (1): 6. <https://doi.org/10.1186/s42834-020-0047-y>.
- Sokhi, Ranjeet S, Vikas Singh, Xavier Querol, Sandro Finardi, Admir Créso Targino, Maria de Fatima Andrade, Radenko Pavlovic, Rebecca M Garland, Jordi Massagué, and Shaofei Kong. 2021. "A Global Observational Analysis to Understand Changes in Air Quality during Exceptionally Low Anthropogenic Emission Conditions." *Environment International* 157: 106818.
- Stucki, D, and W Stahl. 2020. "Carbon Monoxide – beyond Toxicity?" *Toxicology Letters* 333: 251–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.08.010>.
- Suhardono, Saptá, Iva Yenis Septiariva, Siti Rachmawati, Hashfi Hawali Abdul Matin, Niswatul Qona'ah, Bayu Nirwana, I Wayan Koko Suryawan, Mega Mutiara Sari, and Wisnu Prayogo. 2023. "Changes in the Distribution of Air Pollutants (Carbon Monoxide) during the Control of the COVID-19 Pandemic in Jakarta, Surabaya, and Yogyakarta, Indonesia." *Journal of Ecological Engineering* 24 (4): 151–62. <https://doi.org/10.12911/22998993/159508>.
- Suryawan, I Wayan Koko, and Chun-Hung Lee. 2023a. "Citizens' Willingness to Pay for Adaptive Municipal Solid Waste Management Services in Jakarta, Indonesia." *Sustainable Cities and Society* 97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104765>.
- . 2023b. "Community Preferences in Carbon Reduction: Unveiling the Importance of Adaptive Capacity for Solid Waste Management." *Ecological Indicators* 157: 111226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111226>.
- Suryawan, I Wayan Koko, Rachmat Mulyana, Iva Yenis Septiariva, Wisnu Prayogo, Saptá Suhardono, Mega Mutiara Sari, and Nova Ulhasanah. 2024. "Smart Urbanism, Citizen-Centric Approaches and Integrated Environmental Services in Transit-Oriented Development in Jakarta, Indonesia." *Research in Globalization* 8: 100181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100181>.
- Wicaksono, Aryo, Hary Christady Hardiyatmo, and Iman Satyarno. 2023. "Analysis of Liquefaction Potential in Opak Fault Nearby Area (Case Study: Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Toll Road Construction Section I. 2)." In *E3S Web of Conferences*, 429:4008. EDP Sciences.
- Wicaksono, Rewin Alif Bagus, Suwarno Suwarno, and Yudhi Lastiasih. 2022. "Perencanaan Pondasi Abutment Jembatan Dan Perkuatan Timbunan Tanah Untuk Oprit Jembatan Di Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 STA 0+ 550 s/d STA 1+ 150." *Jurnal Teknik ITS* 11 (3): E146–53.
- Wimbadi, Ramanditya Wimbardana, and Riyanti Djalante. 2020. "From Decarbonization to Low Carbon Development and Transition: A Systematic Literature Review of the Conceptualization of Moving toward Net-Zero Carbon Dioxide Emission (1995–2019)." *Journal of Cleaner Production* 256: 120307. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120307>.
- Xiang, Jianbang, Elena Austin, Timothy Gould, Timothy Larson, Jeffrey Shirai, Yisi Liu, Julian Marshall, and Edmund Seto. 2020. "Impacts of the COVID-19 Responses on Traffic-Related Air Pollution in a Northwestern US City." *Science of the Total Environment* 747: 141325.
- Yadava, Raj Nath, and Vipul Bhatt. 2021. "Chapter 8 - Carbon Monoxide: Risk Assessment, Environmental, and Health Hazard." In , edited by Jaspal Singh, R D Kaushik, and Malvika B T - Hazardous Gases Chawla, 83–96. Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89857-7.00030-X>.
- Zhang, Yajie, Haishan Niu, and Qiang Yu. 2021. "Impacts of Climate Change and Increasing Carbon Dioxide Levels on Yield Changes of Major Crops in Suitable Planting Areas in China by the 2050s." *Ecological Indicators* 125: 107588. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107588>.