



ANALISIS PENGARUH VOLUME KENDARAAN TERHADAP EMISI KARBON MONOKSIDA DENGAN METODE *TRAFFIC COUNTING* PADA PERLINTASAN KERETA API JALAN BONDOWOSO KABUPATEN JEMBER

Wulan Guritno¹, Latifa Mirzatika Al-Rosyid¹, Nanang Saiful Rizal¹, Musarofa¹, Rusdiana Setyaningtyas¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

E-mail: wguritno112@gmail.com, latifa@unmuhjember.ac.id, nanangsr@unmuhjerber.ac.id, musarofah@unmuhjember.ac.id, rusdiana@unmuhjember.ac.id

Informasi Naskah :

Diterima Redaksi:
8 Mei 2026

Revisi Akhir:
22 Juni 2026

Diterbitkan Online:
30 Juni 2026

ABSTRAK: Peningkatan volume kendaraan bermotor di kawasan perkotaan menyebabkan terjadinya kemacetan lalu lintas yang berdampak pada peningkatan emisi gas buang, khususnya karbon monoksida (CO). Salah satu titik yang berpotensi menimbulkan kemacetan adalah perlintasan kereta api sebidang akibat penutupan palang pintu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besaran emisi karbon monoksida (CO) serta hubungan antara volume kendaraan dengan emisi CO di perlintasan kereta api Jalan Bondowoso, Kabupaten Jember. Metode yang digunakan adalah *traffic counting* untuk memperoleh data jumlah kendaraan, dilanjutkan dengan perhitungan emisi menggunakan faktor emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010. Analisis hubungan dilakukan menggunakan regresi linier sederhana dan uji ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO tertinggi terjadi pada hari Jumat sebesar 864.656,5 gram/jam. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8368 menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara jumlah kendaraan dan emisi CO. Kendaraan mobil memberikan kontribusi emisi terbesar sebesar 57%, diikuti sepeda motor 31% dan truk 12%. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi 0,00389 ($<0,05$), sehingga jumlah kendaraan berpengaruh signifikan terhadap emisi CO.

Kata Kunci: *emisi CO, volume kendaraan, kemacetan*

ABSTRACT: The increase in motor vehicle volume in urban areas leads to traffic congestion, which contributes to higher exhaust emissions, particularly carbon monoxide (CO). One of the critical congestion points is railway crossings due to gate closures. This study aims to analyze CO emission levels and the relationship between vehicle volume and CO emissions at the railway crossing on Bondowoso Street, Jember Regency. The method used was traffic counting to obtain vehicle data, followed by emission calculations using emission factors based on the Regulation of the Minister of Environment No. 12 of 2010. The relationship was analyzed using simple linear regression and ANOVA test. The results showed that the highest CO emissions occurred on Friday at 864,656.5 grams/hour. The coefficient of determination (R^2) of 0.8368 indicates a very strong relationship between vehicle volume and CO emissions. Passenger cars contributed the largest emissions (57%), followed by motorcycles (31%) and trucks (12%). ANOVA results showed a significance value of 0.00389 (<0.05), indicating that vehicle volume significantly affects CO emissions.

Keywords: *CO emissions, vehicle volume, congestion*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi telah memicu berbagai permasalahan transportasi, salah satunya kemacetan lalu lintas. Kondisi kemacetan menyebabkan pola pergerakan kendaraan menjadi tidak stabil, seperti berhenti dan berjalan (stop-and-go), yang berdampak pada peningkatan emisi gas buang akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Sektor transportasi diketahui sebagai salah satu kontributor utama pencemaran udara

perkotaan, terutama dalam menghasilkan karbon monoksida (CO) (Sari & Prasetyo, 2021).

Karbon monoksida (CO) merupakan gas beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil. Emisi CO cenderung meningkat pada kondisi kendaraan berhenti (*idle*) dan kecepatan rendah, yang umum terjadi pada titik kemacetan lalu lintas (Pradana, 2022). Oleh karena itu, lokasi dengan hambatan lalu lintas tinggi berpotensi menjadi titik konsentrasi emisi CO yang signifikan.

Perlindungan kereta api sebidang merupakan salah satu titik kemacetan yang bersifat periodik akibat penutupan palang pintu saat kereta melintas. Kondisi ini menyebabkan kendaraan berhenti secara bersamaan dan membentuk antrean panjang, sehingga meningkatkan durasi idle kendaraan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan volume kendaraan dan lamanya waktu berhenti berbanding lurus dengan peningkatan emisi karbon monoksida (Apriyana et al., 2023).

Namun demikian, penelitian yang secara khusus menganalisis hubungan kuantitatif antara volume kendaraan dan estimasi emisi CO pada perlintasan kereta api, khususnya di Kabupaten Jember, masih terbatas. Padahal, karakteristik kemacetan pada perlintasan kereta api berbeda dengan kemacetan umum karena melibatkan penghentian total arus kendaraan dalam durasi tertentu.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besaran emisi karbon monoksida (CO), hubungan antara volume kendaraan dengan emisi CO, serta kontribusi masing-masing jenis kendaraan pada perlintasan kereta api Jalan Bondowoso, Kabupaten Jember.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan analitik yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara volume kendaraan dan emisi karbon monoksida (CO). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah kendaraan, sedangkan variabel terikat adalah emisi CO.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di perlintasan kereta api Jalan Bondowoso, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Pengambilan data dilaksanakan selama 7 hari pada bulan Maret 2026 pada tiga periode yang mencerminkan variasi kepadatan lalu lintas berdasarkan konsep *Peak Hour Volume* (PHV), yakni sesi pagi (07.23–09.35 WIB), sesi siang (10.52–13.18 WIB), dan sesi sore (15.30–18.01 WIB).

Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui metode *traffic counting* untuk menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenisnya, yaitu sepeda motor, mobil, dan truk. Data sekunder meliputi faktor emisi kendaraan, konsumsi energi spesifik, serta faktor konversi satuan mobil penumpang (SMP) yang diperoleh dari literatur dan pedoman resmi.

Faktor Konversi dan Konsumsi Energi Spesifik

Seluruh komposisi kendaraan dikonversi ke dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) mengacu pada *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* sebagaimana tersaji pada **Tabel 1**.

Konsumsi energi spesifik tiap jenis kendaraan mengacu pada pedoman KLH RI (2012) sebagaimana tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Konversi Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Faktor Konversi (SMP)
Sepeda motor	0,25
Kendaraan ringan	1,00
Kendaraan berat	1,20

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997*

Tabel 2. Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Energi Spesifik (L/100 km)
Sepeda motor	Bensin	2,66
Mobil	Bensin	11,79
Truk	Solar	15,15

Sumber: *Pedoman Teknis Perhitungan Beban Emisi Kendaraan Bermotor, KLH RI 2012*

Perhitungan Emisi dan Analisis Data

Volume kendaraan dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (SMP) untuk menyeragamkan analisis. Perhitungan emisi karbon monoksida (CO) dilakukan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pedoman Inventarisasi Emisi Pencemar Udara, dengan rumus:

$$Q = N \times Fe \times K \times L$$

di mana:

Q = emisi CO (gram/jam)

N = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)

Fe = faktor emisi (gram/liter)

K = konsumsi energi spesifik (liter/100 km)

L = panjang ruas jalan (km)

Analisis hubungan antara jumlah kendaraan dan emisi CO dilakukan menggunakan regresi linier sederhana untuk mengetahui arah dan besarnya pengaruh. Uji signifikansi dilakukan dengan metode ANOVA pada tingkat signifikansi 0,05 untuk menentukan apakah hipotesis diterima atau ditolak. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2021.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

1. Estimasi Beban Emisi Karbon Monoksida (CO) Harian

Perhitungan emisi karbon monoksida (CO) dilakukan berdasarkan jumlah kendaraan yang melintas yang diperoleh melalui metode *traffic counting*. Perhitungan emisi mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pedoman Inventarisasi Emisi Pencemar Udara.

Contoh Perhitungan (Hari Senin)

a) Sepeda Motor:

$$Q = 1388 \times 69,3 \times 2,65 \times 1 = 255861,144 \text{ gram/jam}$$

b) Mobil:

$$Q = 518 \times 69,3 \times 11,79 \times 1 = 423230,35 \text{ gram/jam}$$

c) Truk:

$$Q = 44 \times 74,1 \times 15,15 \times 1 = 49395,06 \text{ gram/jam}$$

Total emisi hari Senin:

$$Q_{\text{total}} = 728486,6 \text{ gram/jam}$$

Hasil perhitungan selama 7 hari pengamatan secara lengkap disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Total Emisi Harian CO Selama 7 Hari Pengamatan

Hari	Motor	Mobil	Truk	Q Motor (g/jam)	Q Mobil (g/jam)	Q Truk (g/jam)	Q Total (g/jam)
Senin	1388	518	44	255.861,14	423.230,35	49.395,06	728.486,6
Selasa	952	562	103	175.489,78	459.180,41	115.629,35	750.299,5
Rabu	1205	520	169	222.127,29	424.864,44	189.721,94	836.713,7
Kamis	1375	534	51	253.464,75	436.303,10	57.253,37	747.021,2
Jumat	1415	603	99	260.838,27	492.679,34	111.138,89	864.656,5
Sabtu	877	400	49	161.664,43	326.818,80	55.008,14	543.491,4
Minggu	996	291	31	183.600,65	237.760,68	34.801,07	456.162,4
Total				1.513.046,3	2.800.837,1	612.947,79	4.926.831

2. Hubungan Jumlah Kendaraan dengan Emisi CO

Analisis hubungan antara jumlah kendaraan dengan emisi karbon monoksida (CO) dilakukan menggunakan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui arah dan besarnya pengaruh antara kedua variabel.

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh persamaan regresi sebagai berikut $Y = 452,22X - 91.632$, dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,8368$. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8368 menunjukkan bahwa hubungan antara jumlah kendaraan dan emisi karbon monoksida tergolong sangat kuat. Hal ini mengindikasikan bahwa sebesar 83,68% variasi emisi CO dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, sedangkan sisanya sebesar 16,32% dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel penelitian. Koefisien regresi sebesar 452,22 menunjukkan bahwa setiap penambahan satu kendaraan akan meningkatkan emisi karbon monoksida sebesar 452,22 gram/jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap penambahan satu kendaraan

akan meningkatkan emisi karbon monoksida sebesar 452,22 gram/jam. Hal ini menunjukkan adanya hubungan linier positif antara jumlah kendaraan dan emisi CO di lokasi penelitian.

3. Volume Kendaraan

Berdasarkan hasil observasi lalu lintas selama 7 hari, diperoleh data jumlah kendaraan yang melintas di lokasi penelitian yang terdiri dari sepeda motor, mobil, dan truk. Untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas, jumlah kendaraan dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (SMP) guna menyeragamkan analisis. Hasil konversi volume kendaraan ke dalam satuan SMP disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Volume Lalu Lintas dalam Satuan SMP

Hari	Motor	Mobil	Truk	Motor (SMP)	Mobil (SMP)	Truk (SMP)	Total SMP
Senin	1388	518	44	347,00	518,00	52,80	917,80
Selasa	952	562	103	238,00	562,00	123,60	923,60
Rabu	1205	520	169	301,25	520,00	202,80	1024,05
Kamis	1375	534	51	343,75	534,00	61,20	938,95
Jumat	1415	603	99	353,75	603,00	118,80	1075,55
Sabtu	877	400	49	219,25	400,00	58,80	678,05
Minggu	996	291	31	249,00	291,00	37,20	577,20
Total				2.052	3.428	655,20	6.135,20

4. Kontribusi Emisi Berdasarkan Jenis Kendaraan

Kontribusi emisi karbon monoksida dihitung dengan membandingkan total emisi masing-masing jenis kendaraan terhadap total emisi keseluruhan selama periode pengamatan. Hasilnya disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Kontribusi Emisi CO Berdasarkan Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Emisi CO (g/jam)	Persentase (%)
Sepeda Motor	1.513.046,30	31%
Mobil	2.800.837,12	57%
Truk	612.947,79	12%
Total	4.926.831,21	100%

5. Uji Signifikansi ANOVA

Uji ANOVA diterapkan untuk memverifikasi signifikansi statistik model regresi yang terbentuk. Hasil uji disajikan pada **Tabel 6** berikut.

Tabel 6. Hasil Uji ANOVA

Sumber Variasi	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	1,1811E+11	1,1811E+11	25,6462	0,003886
Residual	5	23.026.697.735	4.605.339.547		
Total	6	1,41136E+11			

Nilai *Significance F* = 0,00389 < 0,05 menunjukkan bahwa H_0 ditolak, artinya volume kendaraan berpengaruh nyata dan signifikan secara statistik terhadap besaran emisi CO di lokasi penelitian. Nilai *F* hitung sebesar 25,6462 mengindikasikan bahwa variansi yang dijelaskan oleh model jauh melampaui variansi residual, sehingga model regresi dinilai layak dan representatif.

PEMBAHASAN

1. Emisi Karbon Monoksida (CO)

Berdasarkan hasil perhitungan, emisi karbon monoksida (CO) tertinggi terjadi pada hari Jumat sebesar 864.656,5 gram/jam, sedangkan terendah terjadi pada hari Minggu sebesar 456.162,4 gram/jam. Perbedaan ini menunjukkan bahwa besarnya emisi CO dipengaruhi oleh intensitas aktivitas lalu lintas pada hari tertentu. Peningkatan emisi terutama terjadi pada pagi hari, yang berkaitan dengan aktivitas berangkat kerja, distribusi barang, dan mobilitas harian masyarakat. Pada waktu tersebut, terjadi lonjakan jumlah kendaraan dalam waktu singkat sehingga meningkatkan emisi karbon monoksida secara signifikan. Kondisi ini juga dipengaruhi oleh pola mobilitas selama bulan Ramadhan yang cenderung meningkatkan aktivitas pada waktu tertentu.

Selain itu kondisi operasional di perlintasan kereta api memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan emisi. Penutupan palang menyebabkan kendaraan berhenti dan membentuk antrian panjang dengan mesin tetap

menyala (*idle*), sehingga proses pembakaran tetap berlangsung meskipun kendaraan tidak bergerak. Kondisi ini menyebabkan akumulasi emisi karbon monoksida di lokasi penelitian menjadi lebih tinggi.

Berdasarkan jenis kendaraan, mobil memberikan kontribusi emisi terbesar dibandingkan sepeda motor dan truk. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi pada mobil menghasilkan emisi yang lebih besar per unit kendaraan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan volume kendaraan dan kondisi lalu lintas padat dapat meningkatkan emisi karbon monoksida (Sasmita et al., 2022; Apriyana, 2024). Secara teoritis, emisi CO dari kendaraan bermotor cenderung meningkat pada kondisi lalu lintas tidak lancar, terutama ketika kendaraan sering berhenti dan berjalan kembali (*World Health Organization*, 2010). Selain itu, peningkatan volume lalu lintas juga berbanding lurus dengan peningkatan beban pencemaran udara (Tamin, 2000). Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa volume kendaraan, kondisi kemacetan, dan pola mobilitas masyarakat menjadi faktor utama yang mempengaruhi besarnya emisi karbon monoksida. Oleh karena itu pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif diperlukan untuk mengurangi dampak pencemaran udara di lokasi penelitian.

2. Hubungan Jumlah Kendaraan dengan Emisi CO

Hasil analisis regresi linier menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara jumlah kendaraan dan emisi karbon monoksida (CO), dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8368. Nilai ini menunjukkan bahwa sebesar 83,68% variasi emisi CO dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, sedangkan sisanya sebesar 16,32% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian.

Koefisien regresi sebesar 452,22 menunjukkan bahwa setiap penambahan satu kendaraan akan meningkatkan emisi CO sebesar 452,22 gram/jam. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan berbanding lurus dengan peningkatan emisi karbon monoksida. Selain itu, bertambahnya jumlah kendaraan juga menyebabkan kepadatan lalu lintas yang berdampak pada penurunan kecepatan dan peningkatan waktu tundaan, sehingga emisi yang dihasilkan menjadi lebih besar (Sasmita et al., 2022).

Kondisi lapangan pada perlintasan kereta api memperkuat hubungan tersebut. Penutupan palang menyebabkan kendaraan berhenti dan tetap menyalakan mesin (*idle*), sehingga emisi tetap dihasilkan meskipun kendaraan tidak bergerak. Kondisi ini meningkatkan akumulasi emisi CO di lokasi penelitian, terutama saat terjadi antrian panjang (Apriyana, 2024).

Secara teoritis, volume lalu lintas merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingkat pencemaran udara dari sektor transportasi. Peningkatan jumlah kendaraan akan meningkatkan beban pencemaran udara secara linier, terutama pada ruas jalan dengan tingkat kepadatan tinggi (Tamin, 2000).

Secara keseluruhan, jumlah kendaraan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap besarnya emisi karbon monoksida di lokasi penelitian. Hubungan tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, tetapi juga oleh kondisi lalu lintas seperti kemacetan dan waktu tundaan. Oleh karena itu, pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif diperlukan untuk mengurangi peningkatan emisi karbon monoksida.

3. Volume Kendaraan

Berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (SMP), diketahui bahwa volume tertinggi terjadi pada hari Jumat, sedangkan terendah terjadi pada hari Minggu. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi pola pergerakan lalu lintas yang dipengaruhi oleh aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat pada hari yang berbeda.

Tingginya volume kendaraan pada hari Jumat berkaitan dengan meningkatnya mobilitas masyarakat menjelang akhir pekan, seperti aktivitas perkantoran, perdagangan, dan distribusi barang. Sebaliknya, penurunan volume pada hari Minggu dipengaruhi oleh berkurangnya aktivitas rutin, sehingga pergerakan kendaraan lebih rendah dan tidak terkonsentrasi pada waktu tertentu. Pola ini menunjukkan bahwa aktivitas harian masyarakat berperan penting dalam menentukan fluktuasi volume lalu lintas.

Selain itu, karakteristik kawasan di sekitar lokasi penelitian juga mempengaruhi variasi volume kendaraan. Kawasan dengan fungsi campuran, seperti permukiman, perdagangan, dan jasa, cenderung memiliki perbedaan volume lalu lintas yang signifikan antara hari kerja dan akhir pekan. Di sisi lain, faktor operasional seperti penutupan perlintasan kereta api menyebabkan terjadinya waktu tundaan yang memicu penumpukan kendaraan pada titik tertentu, sehingga meningkatkan kepadatan lalu lintas secara sementara.

Fenomena ini sejalan dengan teori transportasi yang menyatakan bahwa volume lalu lintas dipengaruhi oleh pola aktivitas masyarakat dan karakteristik perjalanan. Puncak volume lalu lintas umumnya terjadi pada periode tertentu yang berkaitan dengan aktivitas kerja dan distribusi barang (Tamin, 2000). Selain itu, volume lalu lintas juga dipengaruhi oleh fungsi jalan serta distribusi kegiatan ekonomi di suatu wilayah (Kementerian Perhubungan, 2015).

Secara keseluruhan, tingginya volume lalu lintas pada waktu tertentu menunjukkan adanya tekanan lalu lintas yang cukup besar pada ruas jalan penelitian. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kemacetan serta meningkatkan dampak lingkungan, seperti emisi gas buang kendaraan, sehingga diperlukan pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif.

4. Kontribusi Emisi Karbon Monoksida Berdasarkan Jenis Kendaraan

Kontribusi emisi karbon monoksida (CO) berdasarkan jenis kendaraan menunjukkan bahwa kendaraan mobil merupakan penyumbang terbesar selama periode pengamatan. Dari total emisi sebesar 4.926.831 gram/jam, kendaraan mobil menyumbang 2.800.837,1 gram/jam (56,84%), diikuti sepeda motor sebesar 1.513.046,3 gram/jam (30,71%) dan kendaraan truk sebesar 612.947,79 gram/jam (12,45%). Dominasi kontribusi emisi dari kendaraan mobil menunjukkan bahwa jenis kendaraan ini menjadi sumber utama emisi CO di lokasi penelitian. Hal ini dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi serta kapasitas mesin yang lebih besar dibandingkan kendaraan lainnya, sehingga menghasilkan emisi yang lebih besar per unit kendaraan.

Meskipun jumlah sepeda motor lebih banyak, kontribusi emisinya masih lebih rendah dibandingkan mobil. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya emisi tidak hanya ditentukan oleh jumlah kendaraan, tetapi juga oleh karakteristik teknis seperti konsumsi bahan bakar dan faktor emisi. Sementara itu, kendaraan truk memiliki kontribusi total paling kecil karena jumlahnya relatif sedikit, meskipun emisi per unit kendaraan cenderung lebih besar akibat penggunaan bahan bakar solar dengan faktor emisi yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kendaraan ringan seperti mobil memberikan kontribusi emisi yang lebih besar dibandingkan jenis kendaraan lainnya karena konsumsi energi yang lebih tinggi (Sasmita et al., 2022). Selain itu, kendaraan dengan kapasitas mesin yang lebih besar cenderung menghasilkan emisi karbon monoksida yang lebih tinggi, terutama pada kondisi lalu lintas padat (Apriyana, 2024).

5. Uji Signifikansi ANOVA

Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (Significance F) sebesar 0,00389 ($< 0,05$) dengan nilai F hitung sebesar 25,6462. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan signifikan secara statistik, sehingga jumlah kendaraan berpengaruh nyata terhadap emisi karbon monoksida (CO) di lokasi penelitian. Selain itu, nilai F hitung yang lebih besar menunjukkan bahwa variasi emisi CO yang dapat dijelaskan oleh model lebih dominan dibandingkan variasi akibat kesalahan, sehingga model layak digunakan dalam analisis.

Kondisi lapangan turut memperkuat hasil tersebut. Pada saat penutupan perlintasan kereta api, kendaraan berhenti dan membentuk antrian panjang dengan mesin tetap menyala (*idle*), sehingga emisi tetap dihasilkan meskipun kendaraan tidak bergerak. Selain itu, peningkatan volume kendaraan pada waktu tertentu, khususnya pada pagi hari, menyebabkan penumpukan kendaraan dalam waktu singkat yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon monoksida.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Apriyana (2024) yang menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas pada perlintasan kereta api berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon monoksida, dengan nilai signifikansi uji statistik yang lebih kecil dari 0,05.

Secara teoritis, uji ANOVA digunakan untuk menilai apakah suatu model regresi mampu menjelaskan hubungan antar variabel secara signifikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model yang digunakan telah memenuhi kriteria tersebut, sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh jumlah kendaraan terhadap emisi karbon monoksida.

Secara keseluruhan, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa jumlah kendaraan memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi CO, terutama pada kondisi lalu lintas yang mengalami hambatan seperti pada perlintasan kereta api.

6. Upaya Pengendalian Emisi

Berdasarkan hasil penelitian berikut upaya pengendalian emisi yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut.

- a. Pengendalian Emisi melalui Uji Emisi Berkala
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kendaraan mobil memberikan kontribusi emisi karbon monoksida (CO) terbesar, yaitu sekitar 57%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kendaraan sangat berpengaruh terhadap besarnya emisi yang dihasilkan. Oleh karena itu, uji emisi kendaraan bermotor secara berkala perlu dilakukan untuk memastikan kendaraan tetap memenuhi baku mutu emisi. Program ini dapat mengacu pada peraturan mengenai baku mutu emisi kendaraan bermotor. Uji emisi yang dilakukan secara rutin dapat menekan emisi dari kendaraan yang tidak layak jalan serta meningkatkan kualitas udara.
- b. Pengendalian Emisi melalui Pengurangan Waktu *Idle*
Kondisi kendaraan berhenti (*idle*) saat penutupan perlintasan kereta api merupakan salah satu faktor utama peningkatan emisi CO. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi waktu *idle*, seperti pemasangan rambu “matikan mesin saat menunggu” serta sosialisasi kepada masyarakat. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa durasi kendaraan dalam kondisi *idle* berbanding lurus dengan

peningkatan emisi karbon monoksida (Pradana, 2022; Apriyana et al., 2023). Upaya ini relatif mudah dilakukan dan efektif sebagai solusi jangka pendek.

- c. Penambahan Vegetasi sebagai Penyerap Polutan
Pengendalian emisi juga dapat dilakukan melalui pendekatan alami dengan menambah vegetasi di sekitar lokasi penelitian. Tanaman seperti pucuk merah (*Syzygium oleina*), teh-tehan (*Acalypha siamensis*), dan glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*) dapat digunakan karena mampu menyerap polutan dan tahan terhadap kondisi lingkungan perkotaan. Vegetasi berperan dalam menurunkan konsentrasi polutan melalui proses adsorpsi dan penyerapan gas (World Health Organization, 2006). Selain itu, vegetasi perkotaan terbukti mampu mengurangi polutan udara seperti CO dan partikulat (Nowak et al., 2006; Beckett et al., 2000).

Secara keseluruhan, pengendalian emisi karbon monoksida memerlukan kombinasi antara kebijakan, pengelolaan lalu lintas, dan pendekatan lingkungan. Upaya tersebut diharapkan dapat menekan emisi CO serta meningkatkan kualitas udara di kawasan perlintasan kereta api.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, emisi karbon monoksida (CO) di perlintasan kereta api Jalan Bondowoso, Kabupaten Jember, menunjukkan variasi yang cukup signifikan, dengan nilai tertinggi terjadi pada hari Jumat sebesar 864.656,5 gram/jam dan terendah pada hari Minggu sebesar 456.162,4 gram/jam. Perbedaan ini dipengaruhi oleh variasi volume kendaraan dan aktivitas lalu lintas harian.

Kondisi kemacetan saat penutupan palang pintu kereta api berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO, karena kendaraan berhenti dalam kondisi mesin tetap menyala (*idle*). Selain itu, jumlah kendaraan terbukti berpengaruh signifikan terhadap besarnya emisi karbon monoksida di lokasi penelitian.

Berdasarkan jenis kendaraan, mobil memberikan kontribusi emisi terbesar, diikuti oleh sepeda motor dan truk. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan dengan konsumsi bahan bakar lebih tinggi cenderung menghasilkan emisi yang lebih besar. Secara keseluruhan, pengendalian emisi karbon monoksida memerlukan upaya terpadu melalui pengelolaan lalu lintas, pengendalian kondisi kendaraan, serta pendekatan lingkungan, seperti pengurangan waktu *idle* dan penambahan vegetasi penyerap polutan, antara lain pucuk merah (*Syzygium oleina*), teh-tehan (*Acalypha siamensis*), dan glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi

dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing, pihak instansi terkait, serta seluruh responden yang telah membantu proses pengambilan data dan penyusunan penelitian sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyana, D., & Putra, R. W. (2023). Kajian Dampak Kemacetan terhadap Peningkatan Emisi Gas Buang di Perlintasan Kereta Api Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Beckett, P. (1995). *EFFECTIVE TREE SPECIES FOR LOCAL AIR-QUALITY MANAGEMENT*. 25(Watkins 1991), 12–19.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Mujib, A. (2018). Analisis Dampak Kemacetan terhadap Emisi Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Perlintasan Kereta Api. *Jember, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan*.
- Mujib, M. A. (2018). *Monitoring Karbon Monoksida dan Parameter Meteorologis di Terminal Tawang Alun Kabupaten Jember*.
- Pradana, A. (2022). Pengaruh kondisi idle terhadap emisi kendaraan bermotor. *Jurnal Transportasi*, 8(1), 23–30.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3), 115–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Nurief Agusta Pradana, R. (2022). Analisis Emisi Karbon Monoksida (CO) Akibat Kondisi Idle Kendaraan Bermotor di Kawasan Perkotaan. *Jurnal Teknik Mesin Dan Transportasi*.
- Purnama, N. L. (2018). Analisis Hubungan Antara Volume Kendaraan dan Emisi Karbon Monoksida di Terminal Tawang Alun Jember. *Skripsi, Universitas Jember*.
- Rahman, F. (2022). Analisis Emisi Karbon Monoksida (CO) pada Kendaraan Bermotor di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. <https://doi.org/10.32672/jrl.v10i1.2217%0A>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2010 tentang *Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Sari, N., & Prasetyo, H. (2021). *Kontribusi Kendaraan Bermotor terhadap Peningkatan Pencemaran Udara di Daerah Perkotaan*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 9(2), 55–63. <https://doi.org/10.31284/j.jtsl.2021.v9i2.1805>
- Sasmita, A. (2022). Analisis pengaruh volume dan kecepatan kendaraan terhadap emisi CO. *Jurnal Teknik Sipil*. Setiyo, F., Prakoso, D., & Yulianto, A. (2020). *Studi Emisi Karbon Monoksida Akibat Kemacetan di Sekitar Jembatan Wirolegi Kabupaten Jember*. *Jurnal Rekayasa Transportasi dan Lingkungan*, 6(2), 87–95.
- Subarianto, R. (2021). *Kajian Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor terhadap Kualitas Udara di Perkotaan*. Jakarta: Lembaga Penerbit Teknik Lingkungan Indonesia.
- Talenta Sipil. (2022). *Pengaruh Paparan Gas Karbon Monoksida terhadap Kesehatan dan Kualitas Udara di Perkotaan*. *Jurnal Talenta Teknik Sipil*, 9(1), 33–41.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: ITB.
- World Health Organization. (2006). *Air quality guidelines: Global update 2005*.
- World Health Organization. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: Selected pollutants*. WHO Press.