E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pemetaan Emisi Gas Karbon Dioksida (CO_2) Akibat Peningkatan Volume Kendaraan Di Pusat Kabupaten Tuban, Jawa Timur

Wisnu Romadhon Setiawan[1], Hendrata Wibisana[2]Fithri Estikhamah[3]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, setiawanwisnu2001@gmail.com
[2]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, hendrata.ts@upnjatim.ac.id
[3]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, fithri.ts@upnjatim.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan sektor transportasi di Kabupaten Tuban yang didorong aktivitas industri dan posisinya sebagai jalur lintas provinsi berpotensi meningkatkan emisi CO_2. Penelitian ini bertujuan menghitung beban emisi CO_2 dari aktivitas kendaraan bermotor dan memetakan sebarannya secara spasial pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda, mengacu pada pedoman IPCC *Tier 1*. Data volume kendaraan dikumpulkan melalui *traffic counting* pada 17 titik di lima segmen jalan pada jam sibuk pagi dan sore, sedangkan kadar CO_2 diukur menggunakan CO_2 *detector*, lalu dipetakan menggunakan ArcGIS 10.8. Hasil penelitian menunjukkan volume tertinggi pada Segmen II (Jl. Basuki Rahmat) sebesar 2.712,2 smp/jam, dengan rata-rata kadar CO_2 berkisar 1.453,7–1.680,6 ppm, masih di bawah ambang batas aman 2.000 ppm. Model regresi eksponensial Y = 1.348,7e^0,0004X menghasilkan R^2 sebesar 0,1519 (R = 0,390), yang berarti volume kendaraan hanya berkontribusi 15,19% terhadap variasi emisi CO_2. Peta tematik menunjukkan sebaran emisi tertinggi terkonsentrasi pada segmen dengan volume lalu lintas dan guna lahan campuran tertinggi.

Kata Kunci: *Emisi CO_2, Volume Kendaraan, Regresi, Sistem Informasi Geografis, Kabupaten Tuban.*

Abstract

Transportation growth in Tuban Regency, driven by industrial activity and its role as an interprovincial route, may increase CO_2 emissions. This study quantifies CO_2 emission loads from motor-vehicle activity and maps their spatial distribution along the Pahlawan–Pemuda corridor, following IPCC Tier 1 guidelines. Traffic-volume data were collected via traffic counting at 17 points across five segments during morning and afternoon peak hours, while CO_2 levels were measured with a CO_2 detector and mapped using ArcGIS 10.8. Results show the highest volume on Segment II (Jl. Basuki Rahmat) at 2,712.2 pcu/hour, with average CO_2 ranging from 1,453.7–1,680.6 ppm, still below the 2,000 ppm safety threshold. An exponential regression model, Y = 1,348.7e^0.0004X, gave R^2 = 0.1519 (R = 0.390), meaning traffic volume explains only 15.19% of CO_2 variation. Thematic maps show the highest emissions concentrated in segments with the greatest traffic volume and mixed land use.

Keywords: *CO_2 Emission, Traffic Volume, Regression, Geographic Information System, Tuban Regency.*

Corresponding Author:
Wisnu Romadhon Setiawan

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur; hendrata.ts@upnjatim.ac.id

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

PENDAHULUAN

Kabupaten Tuban, yang terletak di ujung barat Provinsi Jawa Timur, merupakan wilayah dengan posisi strategis dan kekayaan historis yang signifikan. Dikenal luas sebagai "Kota Wali", Kabupaten Tuban juga merupakan salah satu daerah padat aktivitas industri di Indonesia karena menjadi penghasil semen, minyak, dan gas. Dengan luas wilayah sekitar 1.839,94 km² dan populasi lebih dari 1,2 juta jiwa pada tahun 2022, Kabupaten Tuban bukan hanya pusat administrasi dan wisata religi, tetapi juga pusat mobilitas manusia dan barang yang tinggi (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tuban, 2024).

Dinamika tersebut menciptakan tantangan transportasi yang spesifik. Kendaraan pribadi, truk, dan bus pariwisata dari berbagai daerah datang menuju kawasan wisata dan industri setiap harinya, sehingga meningkatkan volume lalu lintas secara signifikan, terutama pada musim liburan, bulan suci, dan akhir pekan. Peningkatan volume kendaraan tidak hanya didominasi oleh kendaraan wisatawan, tetapi juga diperparah oleh lalu lintas kendaraan niaga dan industri yang melintasi pusat Kabupaten Tuban sebagai jalur alternatif. Penumpukan volume kendaraan ini menciptakan kondisi lalu lintas padat dengan fenomena stop and go, yang menurunkan efisiensi bahan bakar dan meningkatkan emisi karbon dioksida (CO_2).

Emisi CO_2 dari sektor transportasi darat merupakan kontributor signifikan terhadap total emisi gas rumah kaca di Indonesia, dan emisi nasional terus meningkat seiring pertumbuhan aktivitas energi, termasuk penggunaan kendaraan pribadi (Badan Pusat Statistik, 2023). Sejumlah penelitian di berbagai kota di Indonesia menunjukkan bahwa ruas jalan utama dengan volume kendaraan tertinggi memiliki konsentrasi emisi CO_2 yang signifikan, dengan sebagian besar emisi dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang melintas (Haris, Tabbu, Umar, & Abidin, 2023; Sudarti, Yushardi, & Kasanah, 2022). Studi pada ruas jalan perkotaan lain juga menunjukkan bahwa total emisi CO_2 sangat dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang melintas di jalan utama kota (Intari, Bethary, & Annisa, 2026).

Berdasarkan uraian tersebut, ruas Jalan Pahlawan hingga Jalan Pemuda di pusat Kabupaten Tuban diduga menjadi salah satu titik dengan beban emisi CO_2 yang dipengaruhi oleh aktivitas wisata religi dan logistik industri. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis hubungan antara volume kendaraan dan kadar emisi CO_2 untuk menghasilkan peta sebaran emisi yang akurat sebagai dasar ilmiah bagi Pemerintah Kabupaten Tuban dalam merumuskan kebijakan mitigasi, misalnya melalui manajemen lalu lintas atau penambahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berfungsi sebagai penyerap CO_2 di kawasan strategis (Abidin, Umar, Tabbu, & Haris, 2023). Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis besarnya volume lalu lintas pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda, (2) mengestimasi beban emisi CO_2 yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi di ruas tersebut, (3) menganalisis tingkat korelasi antara volume kendaraan dan emisi CO_2, serta (4) memetakan sebaran spasial emisi CO_2 terhadap volume kendaraan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada satu aspek kajian, seperti pemodelan dispersi emisi di kawasan industri (Sidqi, Sutikno, & Sari, 2020), analisis ambang batas emisi pada satu ruas jalan tunggal (Agustina, 2022), atau potensi emisi berdasarkan jenis kendaraan tanpa pemetaan spasial (Sudarti, Yushardi, & Kasanah, 2022), penelitian ini menawarkan kebaruan berupa integrasi pengukuran volume lalu lintas, kadar CO_2 lapangan, analisis regresi multi-model, dan pemetaan spasial berbasis SIG secara bersamaan pada satu koridor jalan yang berfungsi ganda sebagai jalur wisata religi dan jalur logistik industri, karakteristik

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

lokasi yang belum banyak diangkat pada penelitian emisi transportasi perkotaan di Indonesia. Penelitian ini juga menyajikan sebaran emisi pada tingkat titik pengamatan yang lebih rinci (17 titik pada lima segmen), sehingga memberikan gambaran spasial yang lebih presisi dibandingkan pendekatan agregat pada penelitian sejenis di kota lain, seperti Kota Tegal (Hendratmoko & Dewantoro, 2018) dan ruas arteri Kota Surabaya (Wibisana & Utomo, 2016).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei lapangan untuk memperoleh data primer, serta studi dokumentasi pada instansi terkait untuk memperoleh data sekunder. Lokasi penelitian berada pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda di pusat Kabupaten Tuban, yang dibagi menjadi lima segmen pengamatan, yaitu Jl. Pahlawan (1,58 km), Jl. Basuki Rahmat (2,5 km), Jl. Wr. Supratman (0,66 km), Jl. Veteran (0,64 km), dan Jl. Pemuda (0,72 km), dengan total 17 titik pengamatan yang dipilih berdasarkan kepadatan aktivitas dan keberadaan fasilitas umum di sekitarnya.

Data volume lalu lintas dikumpulkan melalui metode traffic counting mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia/MKJI (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997), dengan pencatatan jumlah dan jenis kendaraan (sepeda motor/MC, kendaraan ringan/LV, dan kendaraan berat/HV) setiap interval 15 menit selama 4 jam pengamatan pada jam sibuk pagi (06.30–08.30 WIB) dan sore (16.00–18.00 WIB). Volume kendaraan dalam satuan kendaraan/jam dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp/jam) menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) MKJI, sebagaimana persamaan (1):

$$Q = (MC \times emp^{MC}) + (LV \times emp^{LV}) + (HV \times emp^{HV}) \quad (1)$$

dengan Q adalah volume lalu lintas (smp/jam), serta emp MC, LV, dan HV masing-masing sebesar 0,2; 1,0; dan 1,2 sesuai MKJI (1997). Kadar CO_2 di setiap titik pengamatan diukur langsung menggunakan CO_2 detector pada waktu yang bersamaan dengan pencacahan lalu lintas, sedangkan data konsumsi bahan bakar diperoleh melalui wawancara singkat terhadap pengemudi. Estimasi beban emisi CO_2 dihitung mengikuti pendekatan Tier 1 Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), sebagaimana persamaan (2):

$$E = n \times EF \times K \quad (2)$$

dengan E adalah jumlah emisi (g/jam.km), n adalah jumlah kendaraan (kend/jam), EF adalah faktor emisi (g/liter), dan K adalah konsumsi bahan bakar (liter/km).

CO_2 detector yang digunakan merupakan alat pengukur konsentrasi karbon dioksida di udara ambien berbasis sensor non-dispersive infrared (NDIR) [sebutkan merek/tipe alat serta rentang deteksi dan tingkat akurasi sesuai spesifikasi pabrikan]. Sebelum digunakan, alat dikalibrasi mengikuti prosedur kalibrasi standar pabrikan, yaitu penyetelan titik nol (zero-point calibration) pada udara terbuka bebas sumber emisi sesaat sebelum setiap sesi pengukuran, guna menjaga akurasi bacaan di lapangan. Pengukuran dilaksanakan pada kondisi cuaca cerah hingga berawan tanpa hujan, sehingga faktor presipitasi yang dapat mempercepat pengenceran konsentrasi CO_2 di udara relatif terkendali selama survei berlangsung. Pemilihan waktu pengamatan pada pukul 06.30–08.30 WIB dan 16.00–18.00 WIB didasarkan pada jam puncak (peak hour) lalu lintas perkotaan yang lazim digunakan dalam studi transportasi mengacu MKJI (1997), sehingga data yang diperoleh merepresentasikan kondisi volume kendaraan dan emisi tertinggi dalam satu hari. Data konsumsi bahan bakar diperoleh melalui wawancara langsung terhadap pengemudi/pemilik kendaraan pada masing-masing segmen, dengan pertanyaan mengenai jenis bahan bakar yang

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

digunakan dan estimasi konsumsi rata-rata dalam satuan liter per 100 km, yang selanjutnya dirata-ratakan per jenis kendaraan sebagai nilai konsumsi bahan bakar (K) pada persamaan (2).

Hubungan antara volume kendaraan (variabel X) dan kadar emisi CO_2 (variabel Y) diuji menggunakan analisis regresi (model linear, eksponensial, logaritmik, dan power) serta koefisien korelasi (R) untuk menilai kekuatan hubungan, dan koefisien determinasi (KD) untuk menilai besar kontribusi X terhadap Y, sebagaimana persamaan (3):

$$KD = R^2 \times 100\% \quad (3)$$

Kekuatan hubungan antarvariabel diinterpretasikan berdasarkan nilai koefisien korelasi (R): 0,00–0,199 (sangat rendah), 0,200–0,399 (rendah), 0,400–0,599 (sedang), 0,600–0,799 (kuat), dan 0,800–1,000 (sangat kuat). Data spasial diperoleh dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang diunduh dari portal Indonesia Geospatial, kemudian diolah melalui proses georeferensi dan digitasi menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8. Tiga jenis data atribut digunakan dalam penyusunan peta tematik, yaitu titik (point) untuk lokasi pengamatan, garis (polyline) untuk representasi ruas jalan, dan poligon (polygon) untuk batas wilayah kecamatan. Keluaran akhir berupa peta tematik sebaran volume kendaraan dan peta tematik sebaran emisi CO_2 pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Ruas Jalan

Hasil survei lapangan menunjukkan variasi karakteristik pada kelima ruas jalan yang menjadi objek penelitian (Tabel 1). Ruas terpanjang adalah Jl. Basuki Rahmat (2.500 m), sedangkan ruas terpendek adalah Jl. Veteran (640 m). Seluruh ruas memiliki tipe 2 lajur 2 arah (2/2), dengan empat ruas berklasifikasi jalan lokal sekunder dan satu ruas berklasifikasi jalan kolektor sekunder, seluruhnya berperkerasan lentur.

Tabel 1. Data karakteristik Jl. Pahlawan–Jl. Pemuda pusat Kabupaten Tuban

No	Nama Jalan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tipe Jalan	Perkerasan
1	Jl. Pahlawan	1.580	6,5	2/2 Kolektor Sekunder	Lentur
2	Jl. Basuki Rahmat	2.500	6,8	2/2 Lokal Sekunder	Lentur
3	Jl. Wr. Supratman	660	4,0	2/2 Lokal Sekunder	Lentur
4	Jl. Veteran	640	5,5	2/2 Lokal Sekunder	Lentur
5	Jl. Pemuda	720	5,2	2/2 Lokal Sekunder	Lentur

Sumber: Google Earth

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas dihitung melalui metode traffic counting pada 17 titik di lima segmen, kemudian dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp/jam) mengikuti persamaan (1). Rekapitulasi rata-rata volume kendaraan tiap segmen pada jam sibuk pagi dan sore disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi rata-rata volume kendaraan persegmen pada Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

No	Periode	Nilai Q Total Volume Lalu lintas (Smp/jam)				
		Segment I Jl.Pahlawan	Segment II Jl.Basukirahmat	Segment III Jl.Wr.Supratman	Segment IV Jl.Veteran	Segment V Jl.Pemuda
1	Segmen Pagi	1941.1	2121.45	528.7	953.2	851.5
2	Segmen Sore	2138.6	2417.2	629	1138.2	1054.6

Sumber: Survei lapangan dan perhitungan Ms. Excel

Volume lalu lintas tertinggi tercatat pada Segmen II, Jl. Basuki Rahmat, sebesar 2.712,2 smp/jam pada pukul 17.15–17.30 WIB, dengan rata-rata volume pada jam sibuk sore sebesar 2.417,2 smp/jam (Tabel 2). Kondisi ini dipengaruhi oleh fungsi ganda ruas tersebut sebagai akses utama menuju pusat Kabupaten Tuban sekaligus jalur pulang kerja pegawai kantor Bea Cukai dan BPJS Kesehatan, jam pulang mengaji siswa sekolah dasar dan TPQ, serta aktivitas masyarakat di Balai Pemuda pada sore hari, sehingga terjadi akumulasi arus kendaraan pada rentang waktu yang bersamaan. Sebaliknya, volume terendah ditemukan pada Segmen III, Jl. Wr. Supratman, dengan rata-rata volume jam sibuk pagi sebesar 528,7 smp/jam, karena ruas ini berfungsi sebagai jalan penghubung dengan aktivitas dominan pada jam masuk sekolah di pagi hari, namun kepadatannya kembali meningkat pada sore hari.

Kadar Emisi Gas CO_2

Pengukuran kadar CO_2 dilakukan bersamaan dengan pencacahan volume lalu lintas menggunakan CO_2 detector pada 17 titik pengamatan selama jam sibuk pagi dan sore. Rekapitulasi rata-rata kadar CO_2 tiap segmen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata kadar CO_2 persegmen (ppm) pada Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda

No	Periode	Rata - Rata CO2 Persegmen (ppm)				
		Segment I Jl.Pahlawan	Segment II Jl.Basukirahmat	Segment III Jl.Wr.Supratman	Segment IV Jl.Veteran	Segment V Jl.Pemuda
1	Segmen Pagi	1582.1	1576.1875	1453.744167	1526.8	1473.7
2	Segmen Sore	1577.1	1680.631429	1496.057143	1552.1	1549.4

Sumber: Survei lapangan dan perhitungan Ms. Excel (2025)

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata kadar CO_2 pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda berkisar antara 1.453,7 ppm (Segmen III, jam sibuk pagi) hingga 1.680,6 ppm (Segmen II, jam sibuk sore), dengan nilai tertinggi umumnya terjadi pada segmen dan waktu dengan volume lalu lintas tertinggi. Kondisi ini konsisten dengan temuan bahwa kepadatan lalu lintas dan pola berkendara stop and go menurunkan efisiensi pembakaran bahan bakar sehingga meningkatkan konsentrasi CO_2 di udara sekitar ruas jalan (Sudarti, Yushardi, & Kasanah, 2022).

Hubungan Volume Kendaraan dan Emisi CO_2

Analisis regresi antara volume kendaraan (variabel X) dan kadar emisi CO_2 (variabel Y) dilakukan menggunakan empat model, yaitu linear, eksponensial, logaritmik, dan power. Rekapitulasi algoritma dan nilai R^2 masing-masing model disajikan pada Tabel 4.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Tabel 4. Rekapitulasi algoritma grafik emisi CO_2 dengan volume kendaraan

No	Algoritma	Model	R^2
1	Linear	$0.6617x + 1339.9$	0.1482
2	Eksponsial	$1348.7e^{0.0004x}$	0.1519
3	Logaritmik	$172.98\ln(x) + 557.32$	0.1192
4	Power	$814.12x^{0.1117}$	0.1224

Sumber: Survei lapangan dan perhitungan Ms. Excel

Hasil analisis menunjukkan bahwa model eksponensial memberikan nilai R^2 tertinggi, sehingga dipilih sebagai model terbaik untuk menggambarkan hubungan volume kendaraan dan kadar emisi CO_2 pada ruas jalan ini. Rekapitulasi nilai regresi terpilih ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi nilai regresi hasil penelitian

Regresi	Volume Kendaraan Dengan Emisi CO2
Jalan	Jalan Pahlawan - Jalan Pemuda
Model Matematika	$y = 1348.7e^{0.0004x}$
R^2	0,1519
Interpretasi Koef.Korelasi (R)	0,390 (0,200 - 0,399,Sedang)
Koefisien Determinasi	15,19%

Sumber: Survei lapangan dan perhitungan Ms. Excel (2025)

Berdasarkan Tabel 5, model eksponensial Y = 1.348,7e^0,0004X memberikan nilai R^2 sebesar 0,1519 dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0,390. Nilai koefisien determinasi (KD) dihitung menggunakan persamaan (3), yaitu KD = 0,1519 × 100% = 15,19%. Nilai ini menunjukkan bahwa volume kendaraan berkontribusi sebesar 15,19% terhadap variasi kadar emisi CO_2 pada ruas jalan yang diteliti, sedangkan sisanya (84,81%) dipengaruhi oleh faktor lain di luar model, seperti jenis dan usia kendaraan, kondisi geometrik dan hambatan samping jalan, kecepatan arus bebas, serta sumber emisi non-kendaraan di sekitar lokasi pengamatan (misalnya aktivitas perdagangan dan permukiman). Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat kecenderungan peningkatan kadar CO_2 seiring bertambahnya volume kendaraan, hubungan keduanya pada ruas jalan ini tergolong tidak terlalu kuat, sehingga volume lalu lintas tidak dapat dijadikan satu-satunya prediktor utama kadar emisi CO_2; temuan ini tetap sejalan dengan penelitian pada ruas jalan perkotaan lain yang menunjukkan bahwa emisi CO_2 juga dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang melintas (Intari, Bethary, & Annisa, 2026).

Rendahnya nilai koefisien determinasi tersebut secara ilmiah dapat dijelaskan oleh sejumlah faktor yang belum terakomodasi dalam model regresi sederhana berbasis volume kendaraan ini. Kondisi meteorologi, terutama arah dan kecepatan angin, suhu udara, serta kelembapan, berperan penting dalam proses dispersi gas CO_2 di udara ambien; angin yang relatif kencang cenderung mempercepat penyebaran dan pengenceran konsentrasi CO_2 sehingga nilai yang terukur menjadi lebih rendah meskipun volume kendaraan tinggi, sedangkan kondisi angin tenang disertai kelembapan tinggi berpotensi menyebabkan akumulasi emisi di dekat permukaan jalan. Selain itu, karakteristik kendaraan seperti usia kendaraan, kondisi mesin, dan jenis bahan bakar yang digunakan turut memengaruhi besarnya emisi yang dihasilkan per kendaraan, sehingga volume kendaraan yang sama pada ruas jalan berbeda belum tentu menghasilkan kadar emisi yang identik.

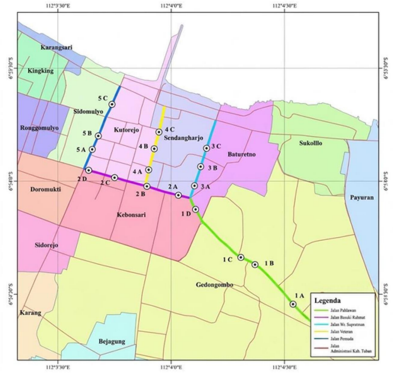
Aktivitas non-transportasi di sekitar lokasi penelitian, seperti kegiatan perdagangan, perkantoran, dan permukiman padat pada beberapa segmen, juga

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

berpotensi menjadi sumber emisi tambahan yang turut terekam oleh CO_2 detector meskipun tidak berasal dari kendaraan bermotor. Kombinasi berbagai faktor tersebut menjelaskan mengapa volume kendaraan, meskipun secara teoritis berkontribusi terhadap peningkatan emisi, hanya mampu menjelaskan sebagian kecil (15,19%) variasi kadar CO_2 yang teramati di lapangan, sehingga interpretasi hasil tidak dapat berhenti pada angka statistik semata, melainkan perlu mempertimbangkan interaksi kompleks antara faktor lalu lintas, meteorologi, dan aktivitas non-transportasi di kawasan penelitian.

Pemetaan Sebaran Spasial

Visualisasi spasial disusun menggunakan ArcGIS 10.8 melalui proses georeferensi dan digitasi Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), dengan tiga jenis data atribut, yaitu titik (point) untuk lokasi pengamatan, garis (polyline) untuk ruas jalan, dan poligon (polygon) untuk batas wilayah kecamatan. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta tematik lokasi penelitian
Sumber: Peta RBI dan ArcGIS

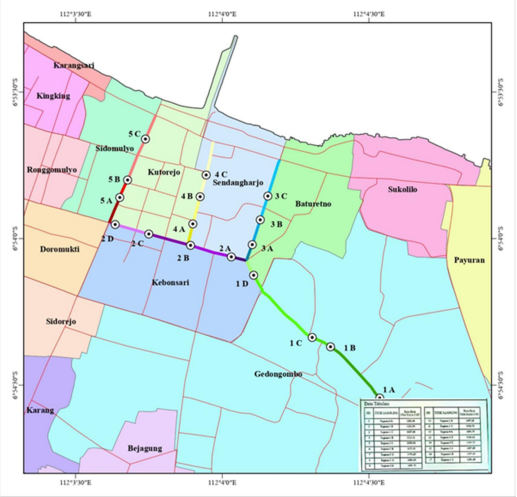
Peta tematik volume kendaraan (Gambar 2) memperlihatkan bahwa segmen dengan intensitas warna tertinggi — menandakan volume lalu lintas terbesar — terkonsentrasi pada Segmen II (Jl. Basuki Rahmat), sedangkan segmen dengan intensitas terendah terlihat pada Segmen III (Jl. Wr. Supratman).

Gambar 2. Peta tematik sebaran volume kendaraan
Sumber: Peta RBI dan ArcGIS



E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pola serupa terlihat pada peta tematik emisi CO_2 (Gambar 3), di mana sebaran konsentrasi emisi tertinggi terjadi pada segmen dengan volume kendaraan dan aktivitas guna lahan campuran (perkantoran, sekolah, dan fasilitas umum) tertinggi. Meskipun kontribusi statistik volume kendaraan terhadap variasi kadar emisi CO_2 tergolong rendah (15,19%), kadar emisi yang terukur pada beberapa titik pengamatan berada pada rentang 1.453,7–1.680,6 ppm, sehingga tetap perlu diwaspadai meskipun belum melewati ambang batas keamanan 2.000 ppm.



Gambar 3. Peta tematik sebaran emisi gas CO_2
Sumber: Peta RBI dan ArcGIS

Temuan ini memperkuat pentingnya integrasi data volume lalu lintas dan pengukuran kualitas udara dalam perencanaan transportasi perkotaan, terutama pada ruas jalan yang berfungsi ganda sebagai jalur wisata religi dan jalur logistik industri seperti pada kasus Kabupaten Tuban. Penambahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada segmen dengan intensitas emisi tinggi dapat menjadi salah satu opsi mitigasi, mengingat vegetasi berperan dalam menyerap CO_2 di kawasan perkotaan (Abidin, Umar, Tabbu, & Haris, 2023). Dibandingkan dengan hasil penelitian serupa di kota lain, rata-rata kadar CO_2 pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda (1.453,7–1.680,6 ppm) tergolong lebih rendah dibandingkan beban emisi harian yang dilaporkan pada ruas jalan arteri utama Kota Surabaya yang mencapai puluhan ribu kilogram CO_2 per hari pada jam sibuk (Wibisana & Utomo, 2016), maupun total beban emisi di ruas Jalan MT Haryono Medan yang tercatat ribuan kilogram CO_2 per hari (Agustina, 2022). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa meskipun ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda memiliki fungsi ganda sebagai jalur wisata religi dan logistik industri, beban emisinya masih relatif terkendali dibandingkan ruas jalan arteri utama di kota besar, sehingga posisi penelitian ini melengkapi basis data emisi transportasi pada skala kabupaten yang masih terbatas jumlahnya di Indonesia.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian dalam menginterpretasikan hasil maupun dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, jumlah lokasi pengamatan yang terbatas pada 17 titik di lima segmen jalan belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh variasi kondisi lalu lintas dan kualitas udara di pusat Kabupaten Tuban secara menyeluruh. Kedua, durasi survei yang hanya mencakup jam sibuk pagi dan sore pada hari-hari kerja biasa belum menggambarkan variasi emisi CO_2 secara musiman, terutama pada musim liburan dan bulan suci yang

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

berpotensi meningkatkan volume kendaraan secara signifikan sebagaimana disinggung pada bagian pendahuluan. Ketiga, rendahnya kemampuan model regresi eksponensial dalam menjelaskan variasi emisi CO_2 (R^2 = 0,1519) menunjukkan bahwa model sederhana berbasis volume kendaraan saja belum cukup untuk menggambarkan seluruh dinamika emisi di lapangan, sehingga penelitian mendatang disarankan menggunakan model regresi berganda yang turut memasukkan variabel meteorologi dan karakteristik kendaraan agar diperoleh daya jelas model yang lebih tinggi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada ruas Jalan Pahlawan–Jalan Pemuda, pusat Kabupaten Tuban, dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, volume lalu lintas tertinggi terjadi pada Segmen II (Jl. Basuki Rahmat) sebesar 2.712,2 smp/jam pada pukul 17.15–17.30 WIB, dengan rata-rata volume kendaraan di seluruh titik pengamatan berkisar antara 528,7 hingga 2.417,2 smp/jam, sedangkan volume terendah tercatat pada Segmen III (Jl. Wr. Supratman) sebesar 465,4 smp/jam pada pukul 08.00–08.15 WIB. Kedua, rata-rata kadar emisi CO_2 yang terukur berkisar antara 1.453,7 hingga 1.680,6 ppm, dengan nilai tertinggi pada segmen dan waktu dengan volume kendaraan terbesar. Ketiga, analisis regresi menunjukkan model eksponensial Y = 1.348,7e^0,0004X sebagai model terbaik dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1519 dan koefisien korelasi (R) sebesar 0,390 (kategori rendah), yang berarti volume kendaraan hanya berkontribusi sebesar 15,19% terhadap variasi emisi CO_2, sedangkan sisanya (84,81%) dipengaruhi faktor lain di luar model. Keempat, pemetaan spasial menggunakan ArcGIS 10.8 berhasil menghasilkan peta tematik volume kendaraan dan emisi CO_2 yang menunjukkan pola sebaran emisi tertinggi terkonsentrasi pada segmen dengan volume lalu lintas dan aktivitas guna lahan campuran tertinggi.

Beberapa saran dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini. Penambahan vegetasi atau Ruang Terbuka Hijau (RTH) perlu dipertimbangkan pada segmen dengan intensitas emisi tinggi dan minim vegetasi. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan metode pengukuran emisi yang lebih rinci dan mempertimbangkan sumber emisi non-kendaraan di sekitar lokasi pengamatan, seperti aktivitas perdagangan, agar diperoleh model estimasi yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, serta semua pihak yang telah membantu proses survei lapangan dan pengolahan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M. R., Umar, R., Tabbu, M. A. S., & Haris. (2023). Penyerapan emisi gas karbon dioksida (CO_2) dalam menganalisis kecukupan ruang terbuka hijau (RTH) pada kawasan Center Point of Indonesia (CPI) Kota Makassar. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Geography, 1(1), 18–25. https://doi.org/10.61220/ijfag.v1i1.202303

Agustina, I. D. (2022). Analisa ambang batas emisi CO_2 dari aktifitas lalu lintas di ruas Jalan MT Haryono Medan. JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation), 6(1), 61–73.

Badan Pusat Statistik. (2023). Neraca arus energi dan neraca emisi gas rumah kaca Indonesia 2018–2022. Badan Pusat Statistik.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tuban. (2024). Kabupaten Tuban dalam angka 2024. BPS Kabupaten Tuban.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI). Direktorat Jenderal Bina Marga.

Haris, A., Tabbu, M. A. S., Umar, R., & Abidin, M. R. (2023). Analisis tingkat pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor di Kota Makassar. Jurnal Teknik Lingkungan, 9(1), 1–10.

Hendratmoko, P., & Dewantoro, Y. E. R. U. (2018). Pemetaan emisi CO_2 hasil kontribusi kegiatan transportasi di Kota Tegal Jawa Tengah. Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan, 19–28.

Intari, D. E., Bethary, R. T., & Annisa, D. (2026). Emisi kendaraan pada jalan perkotaan. Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia), 12(1), 47–58.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Cambridge University Press.

Nasution, L. M. (2021). Dasar statistika. Al-Fikru: Jurnal Ilmiah, 13(2), 141–145. https://doi.org/10.51672/alfikru.v13i2.18

Prahasta, E. (2009). Sistem informasi geografis: Konsep-konsep dasar. Jurnal Spasial, 6(2).

Rizky, M., dkk. (2021). Analisis pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat pelayanan jalan dan kapasitas jalan. IJCEE, 7(1), 40–47.

Sidqi, F., Sutikno, F. R., & Sari, K. E. (2020). Pemodelan dispersi emisi CO_2 dari kegiatan transportasi di kawasan SIER Surabaya.

Sudarti, Yushardi, & Kasanah, N. (2022). Analisis potensi emisi CO_2 oleh berbagai jenis kendaraan bermotor di Jalan Raya Kemantren Kabupaten Sidoarjo. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 9(2), 70–75. https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2022.009.02.4

Sutama, I. W., Mustika, K. J., & Suriana, I. W. (2022). Analisis konsumsi bahan bakar dan emisi karbon dioksida (CO_2) pada PLTDG. Jurnal Telsinas. https://doi.org/10.38043/telsinas.v5i2.4112

Wibisana, H., & Utomo, N. (2016). Pemetaan kecepatan dan kerapatan lalu lintas di ruas jalan arteri Kota Surabaya. Jurnal Teknik Sipil, 12(2), 121–145.

Pratama, V. O. P. (2020). *Analisis beban emisi CO dan CO_2 dari aktivitas transportasi umum di Terminal Arjosari Kota Malang*. Skripsi, UPN Veteran Jawa Timur.

Raffinet, Z. (2022). *Analisis emisi karbondioksida ditinjau dari penggunaan kendaraan berbasis aplikasi di Kecamatan Sukolilo Surabaya*. Skripsi, UPN Veteran Jawa Timur.