

Analisis Perhitungan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Dari Aktivitas Transportasi di Jalan Dr. Ir. Soekarno – Jembatan Semampir Kota Surabaya Menggunakan Model *Caline-4*

Masyithoh Intania Balabagan¹, Ahmad Erlan Afiuddin^{1*}, Ayu Nindyapuspa¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: erlan.ahmad@ppns.ac.id

Abstrak

Kota Surabaya merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang tinggi. Didukung banyaknya sarana dan prasarana mengakibatkan tingginya mobilitas kendaraan bermotor sehingga menyebabkan kemacetan di beberapa titik di Surabaya, salah satunya di Jalan Dr. Ir. Soekarno. Jalan Dr. Ir. Soekarno atau *Middle East Ring Road* (MERR) merupakan jalan lingkar penghubung antara Jalan Kenjeran dengan Jalan Rungkut Madya. Tingginya volume kendaraan bermotor berdampak pada penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh gas buang kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa beban emisi CO₂ dari aktivitas kendaraan bermotor. Metode dalam penelitian ini menggunakan *traffic counting* yang dilakukan pada 2 segmen pada 4 jam puncak yakni pagi pada pukul 08.00 – 09.00 WIB, siang pada pukul 13.00 – 14.00, sore pada pukul 16.00 – 17.00, dan malam pada pukul 18.00 – 19.00 selama 7 hari berturut-turut. Hasil perhitungan beban emisi CO₂ dengan memperhatikan besarnya faktor emisi CO₂ yang tertinggi dihasilkan pada segmen 1 sebesar 11.905.866,3 g/jam dan segmen 2 sebesar 20.534.024,9 g/jam. Menggunakan rumus molekul sebagai bahan masukkan Model *Caline-4*, didapatkan hasil konsentrasi beban emisi CO₂ tertinggi pada segmen 1 sebesar 235,5 ppm dan segmen 2 sebesar 407,5 ppm.

Keywords: Beban emisi, CO₂, Kendaraan bermotor, Model *Caline-4*, *Traffic counting*

1. PENDAHULUAN

Jalan Dr. Ir. H. Soekarno atau MERR (*Middle East Ring Road*), Surabaya merupakan akses jalan yang menghubungkan antara bagian utara, timur, selatan Kota Surabaya serta bagian timur laut Kabupaten Sidoarjo (Negara, 2023). Jalan Dr. Ir. Soekarno merupakan area perumahan dan pusat yang mendorong terjadinya perubahan tata guna lahan di sisi jalan tersebut menjadi rumah makan, pertokoan, perkantoran, apartemen ataupun hotel. Berdasarkan hal tersebut menjadikan lalu lintas sepanjang jalan Dr. Ir. Soekarno mengalami kemacetan dengan didominasi oleh kendaraan pribadi, baik roda 2 maupun roda 4. Salah satu penyebabnya dikarenakan bertambahnya volume kendaraan yang diiringi dengan tidak seimbang kapasitas jalan.

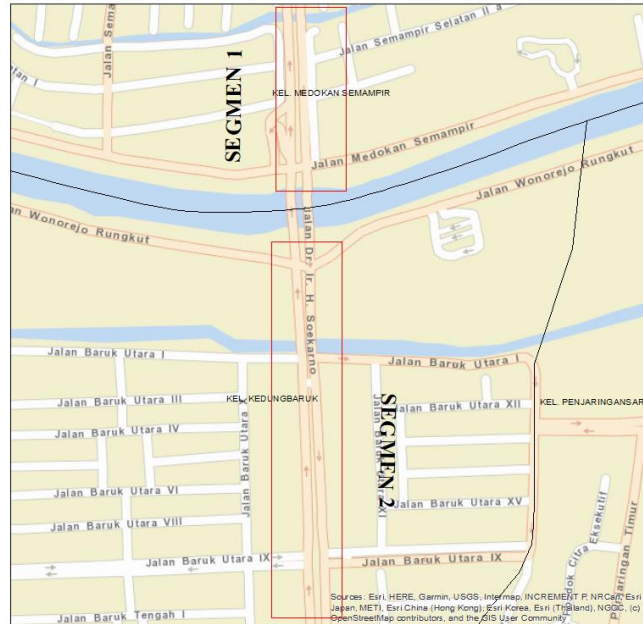
Dengan tingginya volume kendaraan bermotor akan mempengaruhi besarnya emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber energi yakni Bahan Bakar Minyak (BBM). Penggunaan BBM sebagai sumber energi dapat menghasilkan senyawa seperti karbondioksida (Maulana, dkk., 2016). Karbon dioksida dihasilkan ketika kendaraan bermotor bergerak. Karbon dioksida dianggap telah menyumbang besar penyebab terjadinya perubahan iklim daripada gas-gas lainnya (Abeydeera, dkk., 2019).

Emisi tersebut dapat meningkatkan suhu bumi yang berkaitan dengan pencemaran udara berkisar 75% yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar fosil (Kurnia, dkk., 2021). Emisi CO₂ merupakan komponen utama Gas Rumah Kaca (GRK). Dengan meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer dapat menyebabkan gelombang panas yang mengakibatkan meningkatnya suhu permukaan bumi.

Sehubungan dengan permasalahan di atas, maka diperlukan penelitian mengenai analisa beban emisi CO₂ dari gas buang kendaraan bermotor di jalan Dr. Ir. Soekarno tepatnya dari jalan Semolowaru sampai jalan Raya Pandugo. Dalam perhitungan beban emisi CO₂ yang diakibatkan oleh gas buang kendaraan bermotor dilakukan dengan menggunakan pendekatan volume kendaraan bermotor dan faktor emisi. Faktor emisi dapat membantu untuk memprediksi beban emisi yang bersumber dari kendaraan bermotor. Pada penelitian ini menggunakan model *Caline-4* dengan menggunakan rumus konversi molekul CO₂ menjadi CO untuk mengetahui prediksi beban emisi CO₂ yang diterima oleh setiap reseptor di jalan Dr. Ir. Soekarno tepatnya dari jalan Semolowaru sampai jalan Raya Pandugo.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan selama tujuh hari berturut-turut di jalan Dr. Ir. Soekarno tepatnya dari jalan Semolowaru sampai jalan Raya Pandugo. Penelitian dilakukan pada 4 (waktu) masing-masing 1 (satu) jam yakni pada pagi hari pukul 08.00 – 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 – 14.00 WIB, sore hari pukul 17.00 – 18.00 WIB, dan malam hari 18.00 – 19.00 WIB. Lokasi penelitian dibagi menjadi dua segmen, masing-masing segmen terdapat dua titik. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

A. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan menghitung jumlah kendaraan sesuai dengan kategori kendaraan bermotor yang melintas menggunakan metode *traffic counting* yang dilakukan melalui video CCTV yang dikelola *real-time* oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya.

B. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder atau data pendukung seperti faktor emisi tiap bahan bakar yang digunakan oleh tiap kategori kendaraan dan data konsumsi energi spesifik sesuai dengan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010.

2.2 Perhitungan Beban Emisi CO₂

Dari hasil pengumpulan data primer dan data sekunder yang diperoleh, maka dapat menghitung beban emisi CO₂ dengan menggunakan rumus berikut.

$$E = n \times l \times K \times FE \dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- E = besaran pencemar (g/jam)
- n = jumlah kendaraan (kendaraan/jam)
- l = panjang perjalanan yang diamati (km)
- K = konsumsi bahan bakar (L/100km)
- FE = faktor emisi

Beban emisi CO₂ yang didapatkan dapat dikonversikan menjadi beban emisi CO agar dapat dimodelkan pada *software Caline-4* dengan menggunakan rumus berat molekul sebagai berikut.

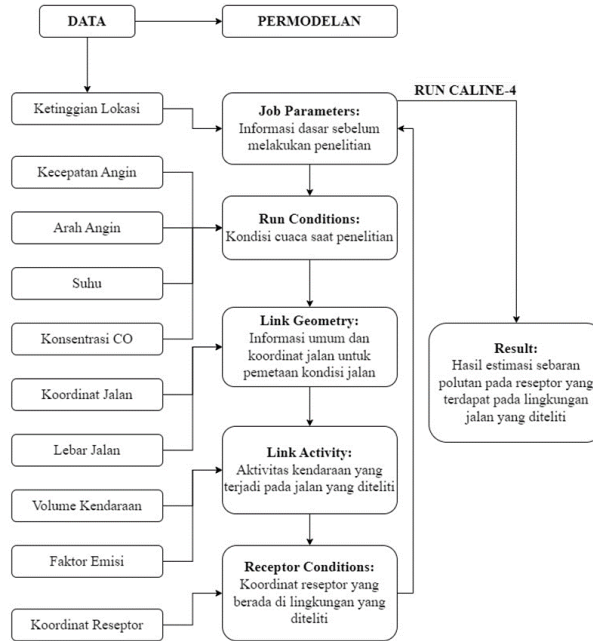
$$E_{CO} = \frac{E_{CO_2}}{Mr_{CO_2}} \times Mr_{CO} \dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- Berat molekul CO₂ = 44 g/mol
- Berat molekul CO = 28,01 g/mol

2.3 Model Caline-4

Dari hasil perhitungan dan konversu, maka dapat dimasukkan ke dalam *software Caline-4*. Beberapa variable *input* yang dibutuhkan dalam memprediksi konsentrasi yang diterima oleh setiap reseptor menggunakan model *Caline-4*, yaitu data kekuatan sumber (volume kendaraan, beban emisi, titik koordinat jalan dan reseptor) dan data meteorologi. Diagram alir model *Caline-4* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Model *Caline-4*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Volume Kendaraan

Pengukuran volume kendaraan dilakukan pada 2 (dua) segmen dengan masing-masing segmen terdapat 2 (dua) titik. Tabel 1. merupakan data volume kendaraan yang dihasilkan selama 7 (tujuh) hari.

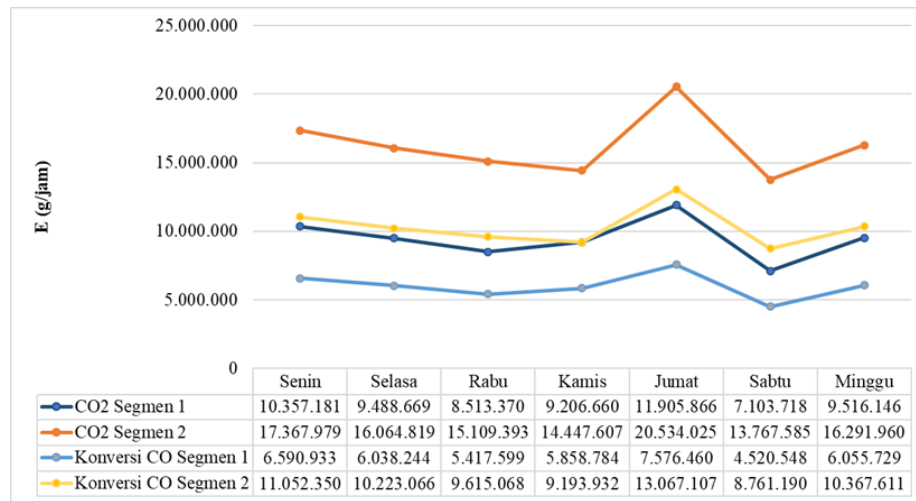
Tabel 1. Volume Kendaraan Tiap Segmen

Hari	Volume Kendaraan (kendaraan/jam)	
	Segmen 1	Segmen 2
Senin	10.743	11.171
Selasa	8.843	9.744
Rabu	9.294	9.144
Kamis	8.807	9.060
Jumat	11.549	12.039
Sabtu	7.002	8.125
Minggu	8.270	8.396

Dari Tabel 1. terlihat bahwa jumlah kendaraan yang berada pada Segmen 2 lebih besar dari Segmen 1. Hal ini dikarenakan pada Segmen 2 panjang jalan penelitian cenderung lebih panjang dan lebar, sehingga arus lalu lintas lebih lenggang daripada Segmen 1 karena kendaraan bermotor lebih mudah berlalu lalang. Secara keseluruhan perincian data, diketahui bahwa volume arus lalu lintas kendaraan bermotor pada tiap waktunya didominasi oleh sepeda motor dan mobil dengan kategori sedan. Dari hasil *traffic counting* selama tujuh hari jika dilihat dari situasi jalan dan lalu lalang kendaraan terlihat bahwa Segmen 1 dan Segmen 2 sama – sama terjadi pengurangan dan penambahan kendaraan, terutama dari arah jalan Kedung Baruk yang memasuki area MERR melalui Jembatan Semampir.

3.2 Beban Emisi CO₂ dari Aktivitas Transportasi

Dari hasil perhitungan jumlah kendaraan, dapat diperoleh total beban emisi CO₂ yang dihasilkan dengan mengalikan jumlah kendaraan dengan faktor emisi dan konsumsi energi spesifik dari tiap kategori kendaraan yang melintas di area penelitian. Hasil beban emisi CO₂ beserta konversi CO dengan menggunakan rumus berat molekul pada setiap segmen dapat dilihat pada Gambar 3.

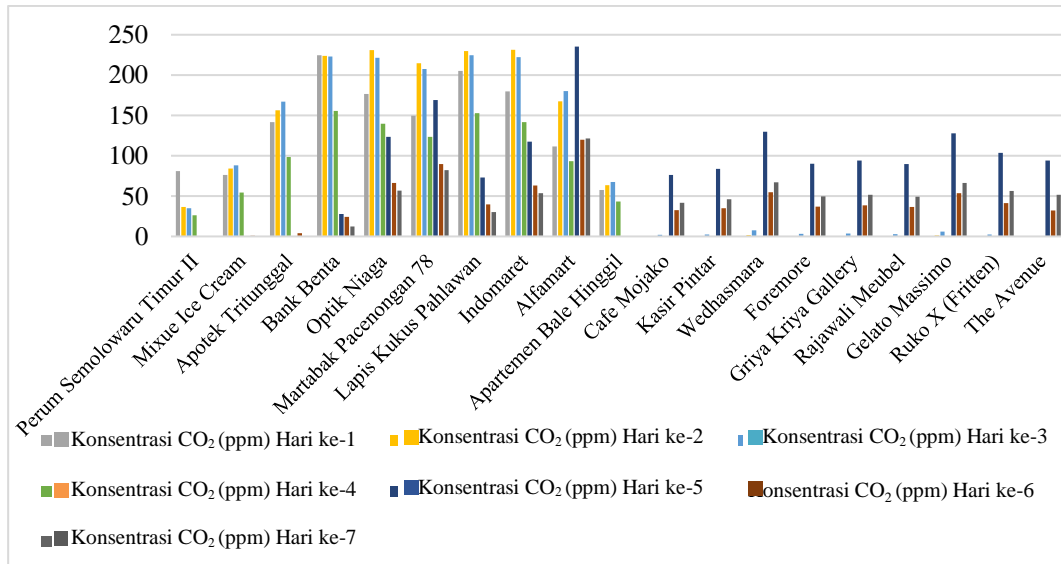


Gambar 3. Beban Emisi CO₂

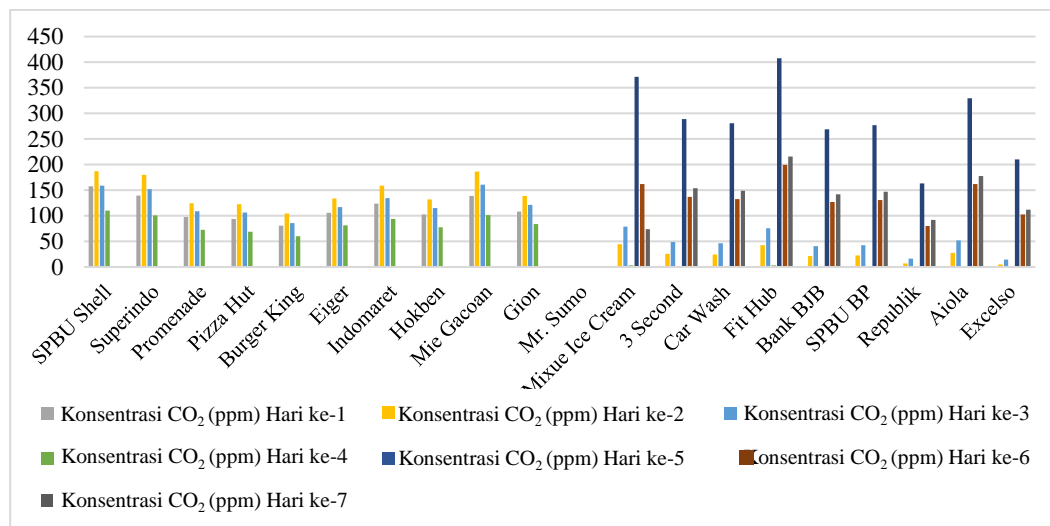
Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa nilai beban emisi CO₂ tertinggi pada hari Jumat, yakni sebesar 11.905.866,3 g/jam pada Segmen 1 dan 20.534.024,9 g/jam pada Segmen 2. Nilai beban emisi tinggi bisa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor dengan bahan bakar yang digunakan, yakni bensin atau solar. Jenis kendaraan bermotor penyumbang terbesar potensi emisi CO₂ di lokasi penelitian adalah sepeda motor dan mobil berbahan bakar bensin dengan kategori sedan. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian Agustina (2022), bahwa jenis kendaraan mobil pribadi menduduk posisi paling tinggi atau besar. Alasannya dikarenakan mobil pribadi dan sepeda motor menjadi kendaraan urban yang paling memungkinkan dalam kawasan pusat kota. Sedangkan jenis kendaraan berupa truk menjadi kendaraan yang sedikit dikarenakan jenis ini dibatasi aksesnya ke dalam kota karena termasuk kendaraan industri.

3.3 Hasil Model Caline-4

Hasil prediksi penyebaran zat pencemar CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang diterima oleh tiap reseptor pada Segmen 1 ditunjukkan oleh Gambar 4 dan Segmen 2 ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Model Caline-4 Pada Segmen 1



Gambar 5. Hasil Model *Caline-4* Pada Segmen 2

Berdasarkan Gambar 4. dan Gambar 5. dapat dilihat bahwa hasil konsentrasi CO₂ pada sebagian reseptor di Segmen 1 dan segmen 2 bernilai 0 ppm, sehingga dapat dikatakan bahwa pada reseptor tersebut tidak menerima dampak CO₂. Pada program *Caline-4* dapat memperlihatkan konsentrasi sampai jarak 500 m (Benson, 1989). Proses mendapatkan nilai konsentrasi dari program *Caline-4* pada tiap reseptor adalah dengan cara memasukkan data kondisi meteorologi masing-masing lokasi pengukuran 2 (dua) ruas jalan, konsentrasi udara ambien, kondisi jalan, volume kendaraan, beban emisi, dan jarak reseptor yang diinginkan. Sebagian data konsentrasi tertinggi terukur saat hari Jumat di Segmen 1 maupun Segmen 2. Hal tersebut bisa dipengaruhi dari total volume kendaraan dan beban emisi CO₂ yang tinggi.

Beberapa reseptor terlihat menerima konsentrasi CO₂ lebih rendah atau bahkan 0 ppm. Hal tersebut dapat juga terjadi karena faktor jauh dekatnya reseptor pada garis jalan yang terlihat pada layar *Receptor Position*. Pada hasil reseptor sebanyak satu ruas jalan dengan konsentrasi 0 ppm terjadi karena pengaruh kecepatan dan juga arah angin. Arah angin dominan selama penelitian mengarah ke arah timur. Titik-titik reseptor yang menerima konsentrasi sebesar 0 ppm berada pada di sebelah barat, sedangkan titik-titik reseptor yang menerima konsentrasi lebih tinggi dalam ppm berada di sebelah timur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, beban emisi CO₂ dari aktivitas transportasi di jalan Dr. Ir. Soekarno tepatnya dari jalan Semolowaru sampai jalan Raya Pandugo tertinggi terjadi pada hari Jumat, yakni sebesar 11.905.866,3 g/jam pada Segmen 1 dan 20.534.024,9 g/jam pada Segmen 2.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abeydeera Udara Willhelm, L. H., Wadu Mesthrige, J., & Samarasinghalage, T. I. (2019). *Global Research on Carbon Emissions: A scientometric review. Sustainability*, 11(14), 3972.
- Agustina, I. D. (2022). Analisa Ambang Batas Emisi CO₂ Dari Aktifitas Lalu Lintas Diruas Jalan Mt Haryono Medan. *Journal Of Civil Engineering Building and Transportation*, 6(1), 61-73
- Benson P. (1989). *CALINE 4-A Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations Near Roadways*. Sacramento: California Department of Transportation, California
- Kurnia, A., & Sudarti, S. (2021). Efek Rumah Kaca Oleh Kendaraan Bermotor. *Gravitasi*, 4(02), 1-9.
- Maulana, F., Sasmita, A., & Elystia, S. (2016). Prediksi Emisi Karbondioksida dari Kegiatan Transportasi di Kecamatan Tampan (Doctoral dissertation, Riau University).
- Negara, Y. S. (2023). Perancangan Sports Mall Di Surabaya. *WASTU: Jurnal Wacana Sains & Teknologi*, 5(1), 1-22.
- Pemerintah Indonesia. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Jakarta.