

ANALISIS SEBARAN EMISI CO DARI KENDARAAN BERMOTOR DI PERSIMPANGAN JALAN CIBADUYUT-LEUWIPANJANG KOTA BANDUNG TERHADAP AREA PERMUKIMAN MENGGUNAKAN MODEL CALINE4

EDWIN NUGRAHA SATRIA¹, DIDIN AGUSTIAN PERMADI²

1. Program Studi Teknik LIngkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Program Studi Teknik LIngkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email : edwinnugraha7@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran emisi karbon monoksida (CO) dari kendaraan bermotor di persimpangan Jalan Cibaduyut-Leuwipanjang, Kota Bandung, serta dampaknya terhadap area permukiman sekitarnya. Analisis dilakukan menggunakan Model CALINE4, sebuah alat dispersion model yang memprediksi sebaran polutan udara di sekitar jalan raya. Metodologi penelitian mencakup pengumpulan data lalu lintas, pengukuran konsentrasi CO, serta parameter meteorologi seperti kecepatan dan arah angin. Data yang diperoleh digunakan untuk menjalankan simulasi sebaran CO dengan Model CALINE4, yang kemudian dibandingkan dengan data lapangan guna mengukur akurasi model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO di area permukiman RW 8 yang berada 50 hingga 100 meter dari Jalan Leuwipanjang tidak melebihi baku mutu 1,37 ppm ($1.712 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Ini sesuai dengan pernyataan Snoun (2023) yang menyatakan bahwa konsentrasi polutan udara menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun emisi CO signifikan di persimpangan, dampaknya pada permukiman dapat diminimalisir dengan jarak yang cukup antara sumber emisi dan area permukiman. Rekomendasi meliputi peningkatan pengawasan lalu lintas, strategi mitigasi, dan penanaman vegetasi untuk mengurangi dampak polusi udara.

Kata kunci: karbon monoksida, kendaraan bermotor, kualitas udara, permukiman, CALINE4

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan kebutuhan utama masyarakat dalam menjalani kegiatan sehari-hari. Di Kota Bandung, jumlah kendaraan bermotor telah mencapai 2,2 juta unit, yang terdiri dari 1,7 juta sepeda motor dan 500 ribu mobil (Dinas Perhubungan, 2023). Namun, dengan tingkat pertumbuhan kendaraan mencapai 9,9% dan pertumbuhan jalan hanya sebesar 1% (BPS, 2023), kota ini menghadapi masalah transportasi dan lingkungan yang serius, termasuk polusi udara dan kebisingan. Menurut Kusumawati dan Navastara (2017), sektor transportasi menyumbang 60% polusi udara, di mana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor terdiri dari karbon monoksida (CO). CO, yang dikenal sebagai "silent killer", adalah gas berbahaya yang tidak berwarna dan tidak berbau, yang dapat menyebabkan

gangguan kesehatan serius hingga kematian jika terhirup. Dalam tugas akhir ini, dilakukan perhitungan beban emisi gas karbon monoksida (CO) menggunakan Model CALINE4, yang mampu memprediksi sebaran gas buang kendaraan bermotor hingga 500 meter dari jalan raya. Penelitian ini dilakukan di persimpangan Jalan Cibaduyut-Jalan Leuwipanjang, yang merupakan salah satu persimpangan tersibuk di Kota Bandung, terletak di antara Kawasan Sentra Sepatu Cibaduyut dan Terminal Leuwipanjang, dengan mobilitas tinggi dari pinggiran kota ke pusat kota. Dengan memprediksi sebaran emisi CO di kawasan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan bermotor di area tersebut.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan emisi karbon monoksida yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan prediksi sebaran karbon monoksida menggunakan pemodelan CALINE4 di kawasan persimpangan Jalan Cibaduyut – Jalan Leuwipanjang.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini mengumpulkan data primer dan sekunder untuk menganalisis sebaran emisi karbon monoksida (CO) dari kendaraan bermotor di persimpangan Jalan Cibaduyut-Leuwipanjang, Kota Bandung. Data primer meliputi *traffic counting* pada *weekday* dan *weekend* di beberapa titik pada dua waktu puncak, serta pengukuran lebar jalan menggunakan meteran. Traffic counting dilakukan secara manual dengan aplikasi *Traffic Counter* untuk menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenisnya sesuai klasifikasi PermenLH No. 12 Tahun 2010. Selain itu, data sekunder berupa data meteorologi diperoleh dari BMKG dan BPS, meliputi kecepatan angin, arah angin, suhu, koordinat lokasi, dan profil Kelurahan Kebonlega, yang digunakan untuk menjalankan model CALINE4 dalam memprediksi sebaran emisi CO serta untuk menentukan dampaknya terhadap area permukiman di sekitar lokasi penelitian.

Menurut Soedomo (2003), keberadaan data meteorologi memiliki peran yang sangat penting dalam menilai dan memperkirakan dampak paparan CO terhadap kualitas udara dan iklim. Kondisi ini didukung oleh Nevers (2000), yang menyatakan bahwa faktor meteorologi dapat mempengaruhi tingkat pencemaran udara yaitu ketika kecepatan angin dan suhu di suatu daerah berada pada tingkat rendah, atmosfer cenderung stabil, sehingga proses pencampuran atau pengenceran polutan dengan udara menjadi sangat terbatas. Akibatnya, konsentrasi polutan di area tersebut akan menjadi lebih tinggi.

2.2 Metode Analisis Data

Data yang sudah dikumpulkan selanjutnya dilakukan analisis dan perhitungan emisi CO dan prediksi sebaran emisi CO menggunakan model CALINE4.

a. Perhitungan Nilai Beban Emisi Berdasarkan Faktor Kendaraan

Perhitungan beban emisi dilakukan dengan cara mengalikan jumlah kendaraan sesuai jenis dengan faktor emisi masing-masing jenis pencemar untuk tiap jenis kendaraan berbeda. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, beban emisi dihitung menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$q = (EF_i \times V_i)/T$$

Keterangan:

- q = Beban Emisi (gram/km)
- EF = Faktor emisi kendaraan (gram/km)
- V = Volume kendaraan (kendaraan/jam)
- i = Tipe/Jenis Kendaraan
- T = Total kendaraan

Tabel 1. Faktor Emisi dan Ekonomi Bahan Bakar

No	Kategori	CO (g/km)	Ekonomi Bahan Bakar (km/L)
1	Sepeda Motor	14	28
2	Mobil Penumpang (Bensin)	40	4
3	Bus	11	8
4	Truk	8,4	8

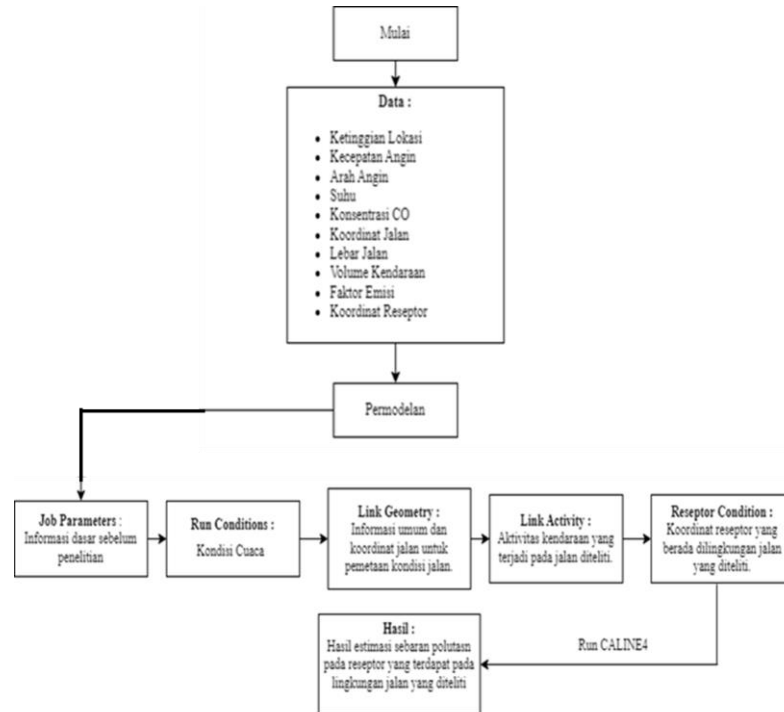
Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010

b. Pemodelan CALINE4

CALINE4 menggunakan konsep difusi gaussian untuk memperoleh prediksi sebaran gas buang kendaraan bermotor di titik reseptor yang berlokasi hingga 500-meter dari jalan raya. Konsentrasi polutan yang dapat diprediksi CALINE4 adalah konsentrasi polutan yang bersifat inert seperti karbon monoksida (CO), model ini juga dapat memprediksikan nitrogen dioksida (NO₂) dan konsentrasi partikel tersuspensi. Terdapat bagian *File input* yang berguna membantu dalam proses data. Data berupa alfanumerik, tombol radio dan daftar masukan berisi pilihan diantara alternatif - alternatif, sedangkan tabel data dapat mengubah tampilan antara 5 (lima) layar data input. File input model CALINE4 memiliki 5 tipe input yaitu *Job Parameter*, *Run Conditions*, *Link Geometry*, *Link Activity*, *Receptor Conditions* dan terakhir terdapat *output* yaitu *Result* (Benson, 1989).

Proses pemodelan menggunakan CALINE4 dimulai dengan mengatur **Job Parameters** seperti judul pekerjaan, tipe polutan (CO), dan satuan pengukuran, serta memilih *Central Business District* untuk koefisien kekasaran aerodinamis karena lokasi penelitian di pusat bisnis. **Run Conditions** mencakup input parameter meteorologi, seperti kecepatan dan arah angin, stabilitas atmosfer, *mixing height*, serta konsentrasi CO latar belakang. Pada **Link Geometry**, data geometrik jalan dimasukkan, termasuk koordinat jalan, jenis jalan (*At Grade*), lebar jalan, dan mengatur zona pencampuran. **Link Activity** melibatkan input jumlah kendaraan per jam dan faktor emisi CO untuk setiap ruas jalan. **Receptor Position** digunakan untuk memasukkan data koordinat dan nama reseptor, yang memungkinkan pemetaan jalan oleh CALINE4.

Akhirnya, bagian **Result** menyajikan rekapitulasi data yang diinput dan menunjukkan prediksi polutan CO yang diterima oleh setiap reseptor.



Gambar 1. Diagram Alir CALINE4 (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum

Penelitian ini dilakukan pada persimpangan jalan, yang terdiri dari 4 ruas jalan yaitu Jalan Cibaduyut, Jalan Soekarno Hatta Timur, Jalan Leuwipanjang, dan Jalan Soekarno Hatta Barat Kota Bandung. Secara geografis Jalan Cibaduyut menjadi pembatas antara RW 06 dan RW 10 Kelurahan Kebonlega, Jalan Soekarno Hatta timur menjadi pembatas RW 10 dan RW 08, Jalan Leuwipanjang terletak di RW 08 dan Jalan Soekarno Hatta Barat terletak di RW 06. Pada ruang lingkup wilayah studi, terdapat beberapa kategori bangunan dan atau kelompok bangunan yang meliputi wilayah permukiman yang terdiri dari beberapa rukun warga (RW), kantor dan atau perkantoran, ruang terbuka yang terdiri dari ruang terbuka hijau dan non-hijau, dan fasilitas umum yang dihubungkan oleh jaringan jalan. Kelurahan Kebonlega memiliki jumlah penduduk 24.202 jiwa pada tahun 2021. Jumlah kepala keluarga di Kelurahan Kebonlega saat ini mencapai sekitar 7450 KK.

Kemudian diperlukan juga data meteorologi sebagai variabel perhitungan prediksi sebaran emisi CO dengan menggunakan metode CALINE4.

Tabel 2. Data Meteorologi saat *Weekday*

Waktu	Stasiun Pemantau	Parameter Meteorologi				
		Suhu	Tekanan	Kelembaban (%)	Arah Angin	Kecepatan angin (m/s)
		Celcius	mbar	mmHg		
07.00 - 08.00	Jalan Cemara	18	924,4	84	NE	1.4
17.00 - 18.00	Jalan Cemara	26	924,4	58	E	2.2

Sumber: BMKG Kota Bandung, 2024

Tabel 3. Data Meteorologi saat *Weekend*

Waktu	Stasiun Pemantau	Parameter Meteorologi				
		Suhu	Tekanan	Kelembaban (%)	Arah Angin	Kecepatan angin (m/s)
		Celcius	mbar	mmHg		
07.00 - 08.00	Jalan Cemara	18	924,4	80	NE	1.94
17.00 - 18.00	Jalan Cemara	28	924,4	39	E	2.2

Sumber: BMKG Kota Bandung, 2024

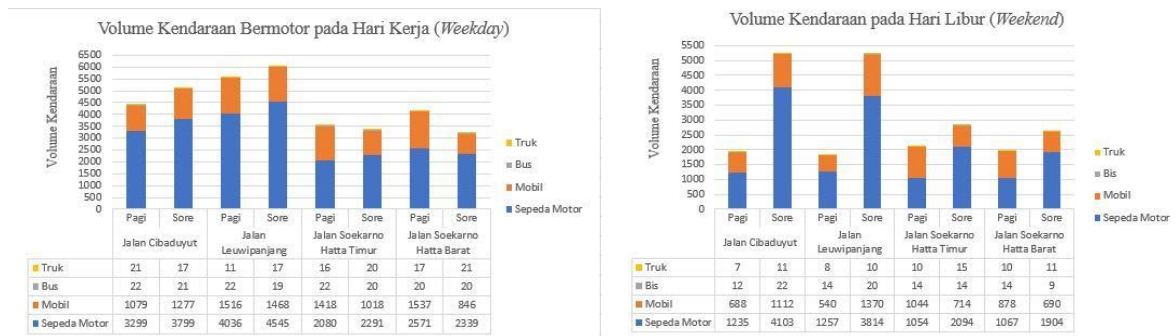
Kemudian titik-titik reseptor ini dibagi kembali menjadi beberapa zona yang meliputi Zona 1 hingga Zona 7 yang mencakup beberapa wilayah RW di Kecamatan Bojongloa Kidul.



Gambar 2. Zonasi Reseptor (Sumber: Hasil Analisis, 2024)

3.2 Perhitungan Jumlah Kendaraan

Perhitungan jumlah kendaraan saat *traffic counting* dilakukan akumulasi perhitungan setiap 10 menit. Sebagai contoh pada saat perhitungan jam 07.00, pada 07.00 - 07.10 hingga pada pukul 08.00 WIB. Menurut Nabila (2018), ditetapkan akumulasi perhitungan setiap 10 menit agar meminimalisir terjadinya kesalahan *counting* pada surveyor. Setelah dilakukan perhitungan pada pukul 07.00 – 08.00 WIB dan pukul 17.00 – 18.00 WIB, detail jumlah kendaraan diimplementasikan ke dalam grafik. Berikut ini merupakan grafik jumlah kendaraan dari hari weekday dan weekend pada pukul 07.00 – 08.00 dan jam 17.00 -18.00.



(a)

(b)

Gambar 3. (a) Volume Total Kendaraan Bermotor saat Hari Kerja

(b) Volume Total Kendaraan Bermotor saat Hari Libur

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Jumlah kendaraan bermotor di pagi hari pada *weekday* di persimpangan Jalan Cibaduyut – Leuwipanjang sebanyak 16.269 kendaraan bermotor dan jumlah kendaraan di sore hari tercatat sebanyak 17.738 kendaraan bermotor yang didominasi oleh kendaraan bermotor berjenis sepeda motor. Selanjutnya, jumlah kendaraan bermotor pada hari libur (*Weekend*) pagi yaitu sebanyak 7.852 kendaraan bermotor, sedangkan pada sore hari naik dua kali lipat yaitu sebanyak 15.913, dikarenakan pada saat hari libur di pagi hari lebih sedikit terjadinya aktivitas kendaraan bermotor karena dimana hari dibebaskan dari aktivitas harian seperti mengantar ke sekolah, kerja, dan lain lain. Sedangkan pada saat sore hari aktivitas kendaraan bermotor sangat tinggi dikarenakan adanya pusat penjualan sepatu di Jalan Cibaduyut dan tingginya volume kendaraan ke arah Jalan Leuwipanjang dikarenakan berdasarkan kartografi Jalan Leuwipanjang menuju pusat Kota Bandung.

3.3 Hasil Perhitungan Beban Emisi Karbon Monoksida (CO)

Nilai emisi terbesar dihasilkan oleh kendaraan bermotor berjenis sepeda motor di Jalan Leuwipanjang pada sore hari. Hal ini menunjukkan semakin banyak/tinggi jumlah volume kendaraan maka semakin banyak emisi yang dihasilkan. Hal ini selaras dengan pernyataan dari Aly dkk (2015) yang mengatakan volume kendaraan memberikan pengaruh terhadap emisi yang dihasilkan, semakin tinggi jumlah kendaraan maka semakin tinggi emisi yang dihasilkan.

Tabel 4. Nilai Beban Emisi CO dari Kendaraan Bermotor saat *Weekday*

No	Nama Jalan	Waktu	Nilai Emisi CO/Jenis Kendaraan Bermotor (gram/km)			
			Sepeda Motor	Mobil	Bus	Truk
1	Cibaduyut	Pagi	48.186	43.160	242	176,4
		Sore	53.186	51.080	231	142,8
2	Leuwipanjang	Pagi	56.504	60.640	242	117,6
		Sore	63.630	58.720	209	142,8
3	Soekarno Hatta Timur	Pagi	29.120	56.760	242	134,4
		Sore	32.074	34.920	220	168
4	Soekarno Hatta Barat	Pagi	35.994	61.480	220	142,8
		Sore	32.746	33.840	220	176,4

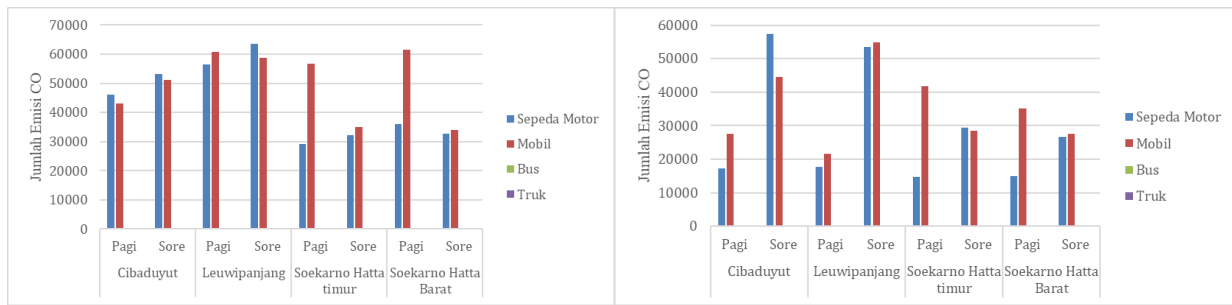
Sumber: Hasil Analisis, 2024

Total nilai emisi CO dari kendaraan bermotor pada hari libur, CO terbanyak berjenis mobil dengan nilai emisi sebesar 281.440 gram/km. Jumlah beban emisi CO kendaraan bermotor berjenis mobil melebihi dari beban emisi CO sepeda motor dengan volume kendaraan terbanyak. hal ini menunjukkan bahwa faktor emisi CO mobil menurut Permen LH No.12 tahun 2010 sebesar 40 g/km, oleh karena itu besarnya faktor emisi mobil mempengaruhi beban emisi yang dihasilkan. Menurut Dewapandhu dan pribadi (2023), menyatakan bahwa selain volume lalu lintas, kapasitas mesin kendaraan juga akan berpengaruh terhadap polusi udara, semakin besar kapasitas mesin bahan bakar yang dibutuhkan semakin banyak sehingga emisi gas buang dikeluarkan juga besar.

Tabel 5. Nilai Beban Emisi CO dari Kendaraan Bermotor saat *Weekend*

No	Nama Jalan	Waktu	Nilai Emisi CO/Jenis Kendaraan Bermotor (gram/km)			
			Sepeda Motor	Mobil	Bus	Truk
1	Cibaduyut	Pagi	17.290	27.520	132	117,6
		Sore	57.442	44.480	242	92,4
2	Leuwipanjang	Pagi	17.598	21.600	154	134,4
		Sore	53.396	54.800	176	84
3	Soekarno Hatta Timur	Pagi	14.756	41.760	154	134,4
		Sore	29.316	28.560	187	126
4	Soekarno Hatta Barat	Pagi	14.938	35.120	154	109,2
		Sore	26.656	27.600	99	92,4

Sumber: Hasil Analisis, 2024



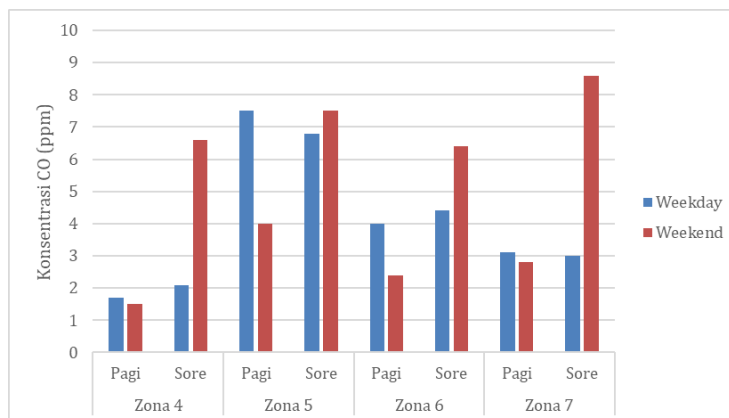
(a)

(b)

**Gambar 4. (a) Total Beban Emisi CO dari Kendaraan Bermotor saat *Weekday*
(b) Total Beban Emisi CO dari Kendaraan Bermotor saat *Weekend*
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)**

3.4 Pemodelan CALINE4

Berdasarkan hasil prediksi pemodelan CALINE4 di persimpangan Jalan Cibaduyut-Leuwipanjang, permukiman penduduk di zona 5 menjadi nilai konsentrasi CO tertinggi dari kendaraan bermotor pada hari libur di sore hari dengan nilai konsentrasi 7,5 ppm atau $8.571 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan zona 4 dengan nilai konsentrasi CO terendah yaitu sebesar 1,5 ppm atau $1.714 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ yang berada pada zona 4. Untuk zona 1 sampai dengan zona 3 nilai konsentrasi CO sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh pemodelan CALINE4. Hal ini dikarenakan adanya jarak antara permukiman zona 5 dengan persimpangan jalan sangat dekat sedangkan zona 4 terletak jauh dari persimpangan dan arah angin yang cenderung menjauhi zona 1 sampai zona 3, analisis ini didukung oleh pernyataan dari Snoun (2023) yang mengatakan bahwa konsentrasi polutan udara cenderung meningkat seiring bertambahnya jarak ke sumber pencemaran.



Gambar 5. Total Konsentrasi CO Terhadap Reseptor

Selain itu, menurut akhadi (2014), faktor meteorologi seperti arah angin dan kecepatan angin membawa polutan dari sumbernya ke lingkungan, yang menyebabkan pencemaran udara. Jika dibandingkan dengan baku mutu konsentrasi CO Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 baku mutu udara ambien selama 1 jam pengukuran sebesar $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk zona 5 tidak melebihi baku mutu hal ini dikarenakan perhitungan konsentrasi sebaran emisi CO hanya

berfokus pada kendaraan bermotor saja tidak melakukan perhitungan dari sumber CO lainnya. Menurut Haynes (2015) sumber karbon Monoksida (CO) tidak hanya bersumber dari kendaraan bermotor, sumber lainnya yaitu aktivitas warga sekitar, pembangkit listrik, dan aktivitas pabrik industri.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis tugas akhir tentang sebaran emisi CO dari kendaraan bermotor di persimpangan Jalan Cibaduyut-Leuwipanjang Kota Bandung menggunakan Model CALINE4, disimpulkan bahwa sepeda motor menghasilkan beban emisi CO terbesar sebesar 63.630 gram/km/jam, sedangkan truk memiliki beban emisi terendah sebesar 84 gram/km/jam. Konsentrasi CO tertinggi tercatat di Zona 5 dengan 7,5 ppm ($8.571 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), sementara konsentrasi terendah ada di Zona 4 dengan 1,5 ppm ($1.714 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Pola sebaran emisi CO dipengaruhi oleh arah angin dominan ke timur dan timur laut, menyebabkan konsentrasi lebih tinggi di Zona 4 hingga 7, sementara Zona 1 hingga 3 memiliki konsentrasi yang sangat rendah. Untuk mengurangi konsentrasi CO, direkomendasikan penerapan aturan jalan satu arah, pembuatan jalur alternatif, serta peningkatan sarana transportasi umum di lokasi tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustine, Intan. 2015. Application of Open-Air Model (R Package) to Analyze Air Pollution Data. Jakarta, Teknik Lingkungan Universitas Trisakti.
- Akhadi, Mukhlis. 2014. Isu Lingkungan Hidup. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Aly, S. H. (2015). Emisi Transportasi. Penebar PLUS+.
- Ambarsari, N., Komala, N., & Budiyo, A. (2010). Pengaruh karbon monoksida terhadap ozon permukaan. Widyaiset, 13(3), 59-64.
- Benson, P. E. (1984). CALINE4-a Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations Near Roadways. Final Report (No. FHWA/CA/TL-84/15).
- Damara, D. Y., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). Analisis dampak kualitas udara karbon monoksida (CO) di sekitar Jl. Pemuda akibat kegiatan car free day menggunakan program CALINE4 dan surfer (studi kasus: Kota Semarang). Jurnal Teknik Lingkungan, 6(1), 1-14.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Bandung
- Fakhrizal Muchtar. 2018. Analisis Emisi Kendaraan Berbasis Model CALINE4 Di Jalan Nasional Pada Kawasan Mamminasata. Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin. Makassar
- Giang, N. T. H., & Oanh, N. T. K. (2014). Roadside levels and traffic emission rates of PM_{2.5} and BTEX in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Atmospheric Environment*, 94, 806-816.
- Hadihardaja, J. 1997. Rekayasa Lingkungan. Gunadarma : Jakarta.
- Handayani, A. S., Soim, S., Husni, N. L., Rumiasih, R., & Permatasari, R. (2020). Application ADeV Aplikasi Air Detection Environment System (ADeV) Dalam Mendeteksi Kadar Kualitas

Udara Di Area Parkiran Berbasis Android. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 7(3), 379-394.

Haynes, B. S. (2001). A turnover model for carbon reactivity I. development. *Combustion and flame*, 126(1-2), 1421-1432.

Hidayat, A. (2023). Dampak Polusi Udara pada Kesehatan.

Hurt, R. H., & Haynes, B. S. (2005). On the origin of power-law kinetics in carbon oxidation. *Proceedings of the Combustion Institute*, 30(2), 2161-2168.

Indrasworo, B. T. (2019). Analisis Sebaran Polutan Karbon Monoksida (Co) di Udara Ambien Dengan Model CALINE4. Universitas Trisakti, Jakarta.

Kartasapoetra (2012) 'Iklim', *Iklim*, 53(9), pp. 1689–1699

Khusna, N. F., Aulia, S., Amaria, S., Rahmah, A., Sanmas, S. A., & Fauzi, F. (2023, November). Peramalan Kualitas Udara di Semarang Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 6).

MN, N. T. Z., & AGUSTINA, R. (2023). Kondisi Volume Lalu Lintas Persimpangan Jalan Cibaduyut–Jalan Leuwipanjang Di Kota Bandung. *Prosiding FTSP Series*, 1765-1770.

Muziansyah, D. (2015). Model emisi gas buangan kendaraan bermotor akibat aktivitas transportasi (Studi kasus: Terminal Pasar bawah ramayana kota Bandar Lampung). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 3(1), 57-70.

Pangerapan, S. B., Sumampouw, O. J., & Joseph, W. B. S. (2018). Analisis kadar karbon monoksida (CO) udara di terminal Beriman kota Tomohon tahun 2018. *KESMAS*, 7(3).

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Prabowo, K., & Muslim, B. (2018). Modul Penyehatan Udara.

Romansyah, M. U. Q. O. R. R. O. B. I. N. (2019). Analisis korelasi karbon monoksida (CO) dan particulate matter (PM10) dengan kendaraan bermotor dan faktor yang berhubungan (studi kasus pasar induk tradisional Bojonegoro. UIN Sunan Ampel. Disertasi, UIN Sunan Ampel, 5.

Saidal Siburian, M. M., & Mar, M. (2020). Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca. Kreasi Cendekia Pustaka.

Saputra, E. H., Siregar, Y. I., & Hafidawati, H. (2020). Mitigasi dampak kebisingan bandara terhadap kehidupan pemukiman sekitar bandara SSK II Pekanbaru. *Jurnal Zona*, 4(2), 91-106.

Sarudji, D. 2010. Kesehatan Lingkungan. CV. Karya Putra Darwati, Bandung

Soedomo, Moestikahadi. 2003. Kumpulan Karya Ilmiah Pencemaran Udara. ITB Press : Bandung.

Stoker, H.S., & Seager S.L. 1972. Environmental Chemistry: Air and Water Pollution. Scott, Foresman and Co. : London.

Subkhan, A., Setyowati, D. L., & Setyaningsih, W. (2017). Kajian Emisi CO₂ dari Pemanfaatan Energi Rumah Tangga di Kelurahan Candi Kota Semarang. *Geo-Image Journal*, 6(2), 147-157.

Suryani, Anih Sri. 2011. Studi Beban Emisi Pencemaran Udara Karbon Monoksida Dari Kendaraan Bermotor Di DKI Jakarta. Jakarta.

Utami, T. K., & Puriningsih, F. S. (2014). Penghitungan Kadar Emisi Gas Buang Di Pelabuhan Belawan. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(5), 285-292.

Wardhana, Wisnu Arya, 1995. Dampak pencemaran Lingkungan. Yogyakarta: Andi Offset

Xiao, J., Li, H., Wang, X., & Yuan, S. (2018). Traffic peak period detection from an image processing view. *Journal of Advanced Transportation*, 2018(1), 2097932.

Yulianti, dkk. 2013. Analisis Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak. Universitas Tanjungpura : Pontianak.

Zhan, D., Kwan, M. P., Zhang, W., Yu, X., Meng, B., & Liu, Q. (2018). The driving factors of air quality index in China. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1342-1351.

Snoun, H., Krichen, M., & Chérif, H. (2023). A comprehensive review of Gaussian atmospheric dispersion models: current usage and future perspectives. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 8(1), 219-242.