

**PREDIKSI TINGKAT EMISI KARBON MONOKSIDA (CO) DARI AKTIVITAS
KENDARAAN BERMOTOR DI KAMPUS UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

*PREDICTION OF CARBON MONOXIDE EMISSIONS LEVEL FROM TRAFFIC ACTIVITY AT
LAMBUNG MANGKURAT UNIVERSITY BANJARBARU*

Rony Riduan¹, Nova Annisa¹ dan Rima Sari Arisnawati²

¹Tenaga Pendidik Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM

²Alumni Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM

JL. A. Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia

E-mail: ronyrdn@unlam.ac.id

ABSTRAK

Sektor transportasi Indonesia saat ini merupakan konsumen terbesar produk minyak bumi. Salah satu emisi yang dikeluarkan dari sisa pembakaran bahan bakar alat transportasi adalah gas karbon monoksida (CO). CO merupakan gas buangan yang sangat beracun. Konsentrasi rendah dapat menyebabkan pusing-pusing dan keletihan, konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi distribusi konsentrasi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan oleh jumlah kendaraan bermotor di Kampus Universitas Lambung Mangkurat ULM Banjarbaru. Model penyebaran konsentrasi karbon monoksida (CO) ditentukan berdasarkan Gaussian Dispersion Model Type Line Source dengan program Caline4. Kemudian dilakukan perhitungan distribusi CO dengan menentukan kekuatan emisi kendaraan bermotor berdasarkan faktor emisi untuk konsumsi energi dan jenis bahan bakar. Hasil pemodelan konsentrasi karbon monoksida (CO) diperoleh konsentrasi CO maksimum pada jam 16.00-17.00 berada di gerbang 1 dan Jl. Unlam III, yaitu sebesar 2,2 ppm. Hasil uji validasi menggunakan metode RMSE adalah 0,0695443, sehingga model dianggap memiliki performa yang baik dengan nilai sesuai asumsi yang layak dipertimbangkan dalam penggunaan model sebagai alat untuk mengevaluasi kebijakan pemantauan kualitas udara.

Kata kunci: kendaraan bermotor, karbon monoksida, faktor emisi, Caline4

ABSTRACT

Indonesia's transport sector is currently the largest consumer of petroleum fuel. Combustion of fuel from traffic activity generates carbon monoxide (CO) which is a highly poisonous exhaust gas. The purpose of this study is to predict the distribution of CO concentration generated by traffic activity at the the Lambung Mangkurat University in Banjarbaru. Dispersion concentration of CO model is compiled based on the Gaussian Dispersion Model (line source) using Caline4 software. The distribution of CO dispersion is calculated based on emission factors for energy consumption and fuel type. The results of CO concentration distribution model shows maximum CO concentration at 04.00 to 05.00 p.m. near gates 1 with the value of 2.2 ppm. Model validation test using RMSE is considered to have a good performance compared to measurement data. This model can be utilized as a tool to evaluate the air quality monitoring policy.

Keywords: vehicles, carbon monoxide, emission factors, Caline4

1. PENDAHULUAN

Sektor transportasi Indonesia saat ini merupakan konsumen terbesar produk minyak bumi. Sektor transportasi berperan penting dalam pembangunan negara khususnya untuk mengakomodasi aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Pembangunan permukiman berskala besar adalah salah satu faktor yang memberikan dampak berupa peningkatan arus transportasi. Emisi dari sektor transportasi di Indonesia diperkirakan meningkat dua kali lipat dalam waktu 10 tahun kedepan. (DNPI, 2010).

Banjarbaru merupakan salah satu kota yang sedang berkembang pesat. Jumlah penduduk di Kota Banjarbaru terus berkembang dengan adanya perpindahan penduduk dari luar Kota Banjarbaru, baik dari Kalimantan sendiri maupun dari luar Kalimantan. Saat ini, secara bertahap Banjarbaru menjadi pusat pemerintahan Provinsi Kalimantan Selatan. Banjarbaru juga merupakan Kota Pelajar dan Pusat Pendidikan, karena terdapat prasarana dan sarana penunjang pendidikan, salah satunya adalah Universitas Lambung Mangkurat (UNLAM) yang terletak di Jl. A. Yani Km 36. Posisi geografis kampus UNLAM Banjarbaru sangat strategis berada pada simpang empat kota Banjarbaru yang melayani arus lalu lintas dari berbagai kota penting seperti Banjarmasin, Pelaihari dan Martapura. Seiring dengan bertumbuhan kota Banjarbaru, volume kendaraan yang lewat semakin meningkat.

Emisi yang dihasilkan sektor transportasi adalah partikulat (debu), dan untuk sebagian besar timbel (Pb), SO₂, CO₂, CO, HC dan NO_x. Menurut Faradiaz (1992), polusi yang dihasilkan transportasi terdiri dari 60% CO dan 15% hidrokarbon. CO merupakan gas buangan yang sangat beracun. Konsentrasi rendah dapat menyebabkan pusing-pusing dan keletihan, konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian. CO dapat terikat dengan hemoglobin darah lebih kuat dibandingkan dari oksigen membentuk karboksihemoglobin (COHb), sehingga menyebabkan terhambatnya pasokan oksigen ke jaringan tubuh. Paparan CO diketahui dapat mempengaruhi kerja jantung (sistem kardiovaskuler), sistem syaraf pusat, juga janin, dan semua organ tubuh yang peka terhadap kekurangan oksigen (Tugaswati, 2012). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan memodelkan karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas di lingkungan kampus UNLAM Banjarbaru.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi titik pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

1. Gerbang Unlam 1
2. Gerbang Unlam 2, depan gedung Fakultas Teknik.
3. Pintu masuk Timur, depan gedung PPLH.
4. Pintu masuk Barat, jalan masuk menuju Fakultas Teknik.
5. Pintu masuk Selatan Jl. Unlam III, depan gedung Fakultas MIPA.
6. Ruas jalan samping Masjid Al-Baythar.
7. Jl. A. Yani Km.36
8. Jl. Mistar Cokrokusumo

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* Caline4, *hand tally counter*, alat tulis, alat ukur panjang (meteran) dan GPS. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta kawasan

Kampus Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, data volume lalu lintas, data karakteristik atmosfer di lokasi penelitian, data meteorologi berupa data arah dan kecepatan angin, tabel stabilitas atmosfer dan tabel faktor emisi.

2.3 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan dalam tabel dan grafik serta dianalisis secara kuantitatif. Tahap analisis data dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan jumlah kendaraan bermotor di delapan ruas jalan untuk menentukan jam puncak kendaraan.
2. Melakukan perhitungan jumlah kendaraan bermotor di delapan ruas jalan pada jam puncak yang telah ditentukan.
3. Merekapitulasi jumlah dan jenis kendaraan yang melewati ruas-ruas jalan yang telah ditentukan pada saat jam puncak masuk dan keluar.
4. Mengkonversi jenis kendaraan menjadi satuan mobil penumpang (smp) berdasarkan tabel 2.4.
5. Melakukan perhitungan debit emisi (gram/detik) di tiap ruas jalan yang telah ditentukan berdasarkan persamaan

$$Q = n \times FE \times K \times L \dots \dots \dots (1)$$

6. Melakukan perhitungan dari data primer dan data sekunder dengan menggunakan persamaan model Gauss

$$C(x, z) = \left[\frac{2Q}{\sin \theta \sqrt{2\pi} \cdot xz \cdot u} \right] \times \left[e^{-\frac{1}{2}x \left(\frac{H}{xz} \right)^2} \right] \dots \dots \dots (2)$$

7. Memodelkan pola sebaran menggunakan program Caline4.
8. Memvalidasi model dengan hasil pengukuran di lapangan menggunakan kesalahan akar kuadrat terkecil (*root mean square error*).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{Mi} - C_{Oi})^2} \dots \dots \dots (5)$$

Dengan

RMSE = *Root Mean Square Error*

C_{Mi} = konsentrasi hasil perhitungan ke-i

C_{Oi} = konsentrasi dari data sekunder ke-i

n = banyak data

i = 1, 2, ..., n

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Jam Padat Pagi, Siang dan Sore

Pada penelitian pendahuluan dilakukan perhitungan jumlah kendaraan bermotor yang melintas di lokasi pengamatan untuk menentukan jam padat kendaraan. Perhitungan volume lalu lintas dilaksanakan pada hari Rabu mulai dari jam 06.00 sampai jam 18.00 WITA. Survei pencacahan lalu lintas ditetapkan pada hari kerja, yaitu Rabu karena diharapkan diperoleh volume lalu lintas dalam keadaan normal mengacu pada penelitian Sihotang (2010). Dari hasil survei diperoleh jumlah kendaraan terbanyak waktu pagi adalah 1885 kendaraan pada jam 07.00 - 08.00 WITA, waktu siang sebanyak 2384 kendaraan pada jam 13.00 - 14.00 WITA dan waktu sore sebanyak 2352 kendaraan pada jam 16.00-17.00 WITA. Berdasarkan data volume terbanyak, ditentukan jam padat pagi adalah jam 07.00-08.00 WITA, jam padat siang adalah jam 13.00-14.00 WITA dan jam padat sore adalah jam 16.00-17.00 WITA.

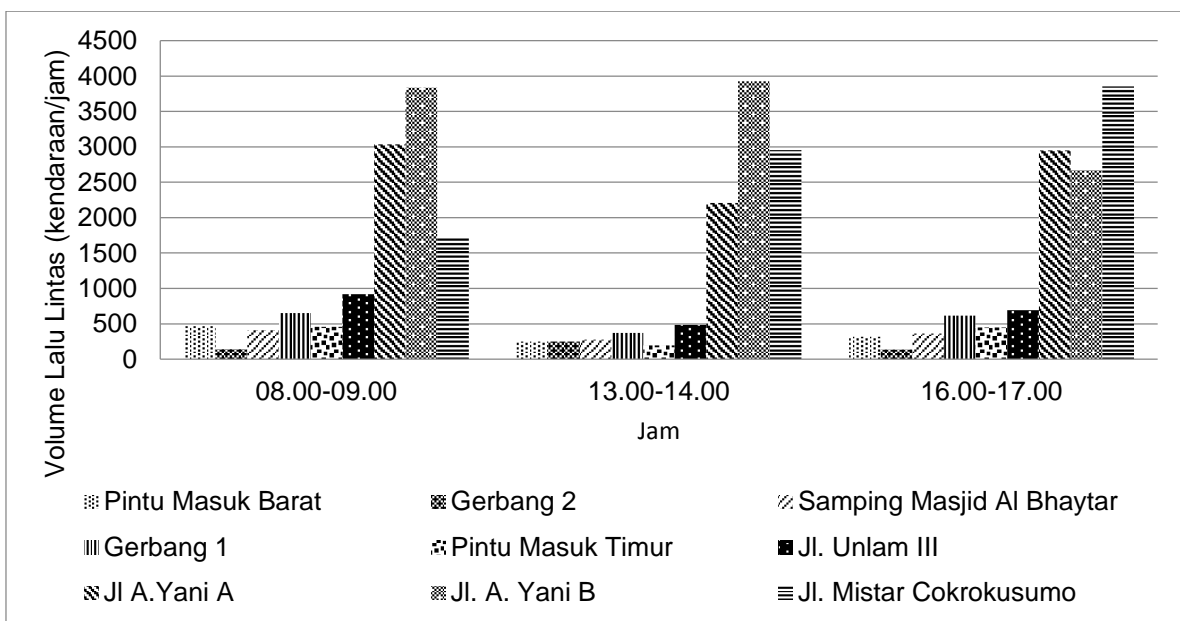
3.2 Volume Lalu Lintas

Perhitungan jumlah dan jenis kendaraan yang masuk ke kampus ULM Banjarbaru dilakukan pada saat jam padat pagi, jam padat siang dan jam padat sore. Penentuan jam padat diperoleh dari penelitian pendahuluan. Perhitungan dilakukan selama satu jam pada saat jam padat pagi, jam padat siang dan jam padat sore. Perhitungan dilakukan pada hari Kamis. Penghitungan dilakukan di delapan titik pengamatan yaitu melalui dua jalur utama yang telah ditetapkan. Perhitungan jumlah masing-masing jenis kendaraan di tiap titik pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat *handy counter* yaitu alat penghitung mekanik. Dilakukan pendekatan matematis untuk meminimalisir perbedaan dari masing-masing jenis kendaraan ada sehingga lebih mudah dalam perhitungan faktor emisi. Pada penelitian ini digunakan pendekatan matematis berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997.

Tabel 3.1 Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang (smp)

No.	Jenis Kendaraan	Smp
1	Kendaraan Ringan	1,00
2	Kendaraan Berat	1,20
3	Sepeda Motor	0,25

(Sumber: MKJI, 1997).



Gambar 3.1 Konversi Jenis Kendaraan pada Hari Kamis, 19 Mei 2015.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat hasil konversi lalu lintas menunjukkan diagram yang berbeda dengan diagram volume lalu lintas sebelum dikonversi. Hal tersebut terjadi karena komposisi volume kendaraan di kampus ULM didominasi oleh jenis sepeda motor yang memiliki nilai faktor konversi 0,25. Pada jam puncak pagi, gerbang 1 ULM memiliki volume lalu lintas yang paling tinggi yaitu sebesar 417,5 smp/jam. Pada ruas jalan di luar kampus, volume lalu lintas di Jl. A. Yani menuju ke arah Banjarmasin adalah yang paling tinggi volume lalu lintasnya pada jam padat pagi dan siang. Terhitung sebesar sebesar 1650 smp/jam pada jam padat pagi dan 2479,25 smp /jam pada jam padat

siang. Ruas Jl. Mistar Cokrokusumo adalah ruas yang paling tinggi volume lalu lintasnya pada jam padat sore, yaitu sebesar 2454,5 smp/jam.

3.3 Parameter Meteorologi

Data meteorologi diambil pada hari penelitian untuk memperoleh model yang mendekati kenyataan di lokasi penelitian. Data yang digunakan adalah sekunder dari data stasiun klimatologi BMG Banjarbaru. Data meteorologi yang diambil antara lain data angin meliputi arah dan kecepatannya, data suhu udara, data penyinaran matahari, dan tutupan awan. Untuk melakukan perhitungan dispersi Gaussian, diambil arah dan kecepatan angin dominan yang terjadi dalam satu hari. Sedangkan data penyinaran matahari dan tutupan awan merupakan acuan dalam menentukan kelas stabilitas atmosfer dengan metode Bowen yang didasarkan pada stabilitas Turner dan Pasquill (Colls, 2002).

Tabel 3.2 Data Meteorologi dan hasil perhitungan dispersi di lokasi pengamatan.

Hari	Jam	Parameter				Stabilitas Atmosfir	σ_z
		Suhu (°C)	Kelembaba n (%)	Kecepatan angin, (m/s)	Arah angin		
Kamis	Pagi	28.3	80.5	2.31	Selatan	A	27.19
	Siang	24.4	93	2.31	Utara	B	10.60
	Sore	24.4	97	2.31	Utara	B	10.60

(Sumber: Data Stasiun Klimatologi BMG Banjarbaru, 2016).

Pengamatan lama penyinaran matahari dan tutupan awan dilakukan berdasarkan waktu perhitungan volume lalu lintas. Hal ini bertujuan untuk mengetahui dan dapat menganalisis perbedaan antara hari yang satu dengan hari yang lainnya. Data meteorologi meteorologi ini kemudian dihitung agar dapat memperoleh nilai standar deviasi. Dalam penentuan penyebaran kepulan emisi (*plume*) kearah horizontal; σ_y , dan ke arah vertikal; σ_z , digunakan suatu metode persamaan standar deviasi yang berbasis pada arah angin.

3.4 Hasil Simulasi Model Caline4

Caline4 akan memprediksi konsentrasi CO ambien dari *input* yang terdiri dari variabel daerah lokasi studi (*site variable*) meliputi parameter meteorologi, parameter faktor emisi, variabel ruas jalan (*link variable*), parameter volume kendaraan dan lokasi penerima (*receptor location*). Ketiga variabel diatas adalah parameter meteorologi, parameter faktor emisi, parameter volume kendaraan yang merupakan data primer selama pengambilan data jumlah kendaraan dan data sekunder dari BMG Banjarbaru.

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Model dan Hasil Pengukuran di Lapangan

Koordinat		Konsentrasi CO (ppm)		Selisih	
X	Y	Hasil Model	Hasil Pemantauan	ppm	%
260545.2	9619099	2.2	2.2	0	0
260481.1	9618807	0.7	0.78	0.08	0.102564

(Sumber: Hasil perhitungan, 2016).

Dalam penyusunan model dispersi CO dengan menggunakan program Caline4, dilakukan tahap kalibrasi. Kalibrasi adalah mencocokkan model dengan kondisi yang nyata. Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi terhadap parameter *desposition velocity* dan nilai CO di udara ambien.

Berdasarkan studi literatur, nilai *desposition velocity* dari emisi CO pada ruang lingkup lokal adalah sebesar 0 cm/sec pada tumbuhan dan 0,1 cm/sec pada permukaan tanah. Pada kalibrasi model, diperoleh nilai *desposition velocity* tidak memberikan pengaruh terhadap nilai konsentrasi CO pada model. Sehingga *input desposition velocity* pada program Caline4 adalah 0.

Pada tahap kalibrasi terhadap nilai konsentasi CO di udara ambien dengan nilai 0-1 ppm. Pada kalibrasi model, diketahui konsentrasi *background* atau konsentrasi CO di udara ambien sebelum terpapar emisi berpengaruh terhadap nilai konsentrasi CO yang dihasilkan pada model. Pada tahap ini diperoleh nilai konsentrasi CO sebesar 0,5 ppm yang paling mendekati hasil pengukuran di lapangan. Dari kalibrasi model ini diperoleh nilai RMSE adalah 0.056569. Setelah diperoleh hasil kalibrasi, selanjutnya dapat dibuat model simulasi berdasarkan data yang telah diperoleh.

3.4.1 Pemodelan pola sebaran konsentrasi karbon monoksida (CO)

Pemodelan ini menunjukkan konsentrasi karbon monoksida (CO) di tiap-tiap titik yang telah ditentukan. Faktor emisi yang akan digunakan dalam penelitian ini mengacu pada faktor emisi nasional (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah). Sebelum menjabarkan hasil simulasi model Caline4 yang didasarkan pada data meteorologi dan pemantauan *road-side*, maka diperlukan persepsi-persepsi yang sama, yakni:

1. Sumber emisi dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan solar yang dikonversi menjadi emisi mobil penumpang berbahan bakar bensin.
2. Arah angin dan kecepatan angin yang digunakan adalah arah angin dominan pada waktu penelitian. Arah dan kecepatan angin antara daerah sumber dan penerima tidak bervariasi.
3. Stabilitas atmosfer berdasarkan kecepatan angin pada saat pengambilan sampel ialah pada kondisi netral (D).
4. Tidak ada pencemar yang hilang dari kepulan, perubahan karena reaksi kimia diabaikan. Sifat kimia senyawa yang dikeluarkan stabil dan tidak berubah di udara dan dianggap tidak ada emisi pencemar dari sektor lain.

Tabel 3.4 Hasil Simulasi Model Caline4.

Wilayah Studi	Koordinat Reseptor		Konsentrasi CO (ppm)		
	x	Y	08.00-09.00	13.00-14.00	16.00-17.00
Gerbang 1	260500	9618700	0,5	1,7	1,5
	260600	9618700	0,5	1,9	1,8
	260700	9618700	0,5	1,6	1,4
	260800	9618700	0,5	1,3	1,3
	260500	9618800	0,6	1,7	1,4
	260600	9618800	1,3	2,1	2,2
	260700	9618800	0,5	1,6	1,5
	260800	9618800	0,5	1,4	1,4
	260500	9618850	0,7	1,6	1,4
	260600	9618900	1,8	2	2,1
	260700	9618900	0,6	1,6	1,4
	260800	9618900	0,6	1,4	1,4
	260500	9619000	0,6	1,6	1,4
	260600	9619000	1,8	2	2
	260700	9619000	0,5	1,6	1,4
	260800	9619000	0,9	1,5	1,4

Wilayah Studi	Koordinat Reseptor		Konsentrasi CO (ppm)		
	x	Y	08.00-09.00	13.00-14.00	16.00-17.00
Gerbang 2	260500	9619100	0,6	1,7	1,4
	260600	9619100	2	2	2
	260700	9619100	0,6	1,7	1,5
	260800	9619100	0,7	1,6	1,4
	260000	9618700	0,5	1,6	1,4
	260100	9618700	0,5	1,7	1,5
	260200	9618700	0,5	1,6	1,4
	260300	9618700	0,5	1,6	1,4
	260000	9618800	0,7	1,6	1,4
	260100	9618800	0,7	1,8	1,5
	260200	9618800	0,7	1,6	1,4
	260300	9618800	0,7	1,6	1,4
	260000	9618900	0,7	1,6	1,4
	260100	9618900	0,7	1,8	1,5
	260200	9618900	0,7	1,6	1,4
	260300	9618900	0,7	1,6	1,4
	260000	9619000	0,7	1,6	1,4
	260100	9619000	0,8	1,8	1,5
	260200	9619000	0,6	1,6	1,4
	260300	9619000	0,6	1,6	1,4
260000	9619100	0,6	1,6	1,4	
260100	9619100	0,7	1,7	1,5	
260200	9619100	0,6	1,7	1,4	
260300	9619100	0,6	1,7	1,4	

Sumber: Hasil analisis (2016).

Pada Tabel 3.2 menunjukkan model distribusi konsentrasi CO pada hari Kamis jam 08.00-09.00. Arah angin dari selatan dengan kecepatan 2,31 m/s. Konsentrasi CO tertinggi berada di sekitar Jalan A. Yani, pintu masuk gerbang 1, dan gerbang 2, karena kepadatan lalu lintas di Jl. A. Yani paling tinggi sehingga kendaraan mengurangi kecepatannya. Arah angin yang bertiup dari selatan menyebabkan konsentrasi CO meningkat di ruas jalan tersebut. Konsentrasi CO terendah berada disekitar pintu masuk timur dan gedung PPLH. Dari tabel konsentrasi maksimum adalah 2 ppm dan konsentrasi minimum adalah 0,5 ppm. Semakin jauh dari pintu masuk dan searah arah angin, konsentrasi CO makin berkurang.

Pada jam 13.00-14.00, arah angin bertiup dari utara dengan kecepatan 2,31 m/s. Konsentrasi CO tertinggi berada di gerbang 1, volume lalu lintas gerbang 1 paling tinggi karena di ruas jalan tersebut terdapat areal kantin mahasiswa, perpustakaan dan masjid Albaythar. Sehingga aktivitas civitas kampus terpusat di ruas jalan tersebut pada jam padat siang. Arah angin yang bertiup dari utara menyebabkan konsentrasi CO dari ruas Jl. A. Yani terdispersi di sekitar ruas jalan gerbang 1 dan gerbang 2. Konsentrasi CO terendah berada disekitar pintu masuk timur dan gedung PPLH. Dari tabel konsentrasi maksimum adalah 2,1 ppm dan konsentrasi minimum adalah 1,3 ppm.

Pada jam 16.00-17.00, arah angin bertiup dari utara dengan kecepatan 2,31 m/s. Konsentrasi CO tertinggi berada di gerbang 1 dan Jl. Unlam III, volume lalu lintas dikedua ruas tersebut paling tinggi karena di ruas jalan tersebut karena merupakan jam pulang kerja dan jam pulang kuliah yang menimbulkan tarikan kendaraan yang cukup besar. Sehingga jalan ini tidak hanya dilalui civitas kampus ULM saja, tetapi juga dilewati masyarakat umum. Arah angin yang bertiup dari utara menyebabkan konsentrasi CO dari ruas Jl. A. Yani terdispersi di sekitar ruas jalan gerbang 1 dan gerbang 2. Konsentrasi CO terendah berada disekitar pintu masuk timur dan gedung PPLH. Dari tabel konsentrasi maksimum adalah 2,2 ppm dan konsentrasi minimum adalah 1,4 ppm.

Berdasarkan hasil simulasi model dan pengukuran di lapangan, konsentrasi CO di Kampus UNLAM Banjarbaru masih memenuhi baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 053 Tahun 2007, yaitu sebesar 20.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 17,5 ppm. Menurut Watkins (1991) dalam Anggraini (2009), paparan CO <50 ppm selama 8 jam tidak menyebabkan gejala terhadap kesehatan. Sehingga keberadaan CO di lingkungan kampus tidak membahayakan kesehatan masyarakat.

3.4.2 Validasi Model

Menurut Wainwright & Mulligan (2004), suatu validasi atau evaluasi diperlukan untuk memperoleh kepercayaan pada hasil model. Sebuah simulasi model pada kondisi dan lingkungan tertentu memiliki konsekuensi kesalahan atau ketidakpastian hasil berupa nilai konsentrasi. Berdasarkan hasil perhitungan volume kendaraan, data parameter emisi dan parameter meteorologi yang telah dikumpulkan, dilakukan perhitungan manual Model Dispersi Gaussian

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Model Caline4 dan Data Hasil Perhitungan Manual

Wilayah Studi	Reseptor	Koordinat		Konsentrasi CO (ppm)		Selisih	
		X	Y	Hasil Model	Hasil Hitung	ppm	%
Gerbang 2	1	259900	9618800	0.7	0.721879	0.021879	3.03088
	2	260000	9618800	0.7	0.667096	-0.0329	4.93249
	3	260100	9618800	0.7	0.657667	-0.04233	6.4369
	4	260200	9618800	0.7	0.657667	-0.04233	6.4369
	5	259900	9618900	0.7	0.631898	-0.0681	10.7774
	6	260000	9618900	0.7	0.604134	-0.09587	15.8683
	7	260100	9618900	0.7	0.657667	-0.04233	6.4369
	8	260200	9618900	0.7	0.657667	-0.04233	6.4369
	9	259900	9619000	0.7	0.662326	-0.03767	5.68807
	10	260000	9619000	0.8	0.611497	-0.1885	30.8264
	11	260100	9619000	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
	12	260200	9619000	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
	13	259900	9619100	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
	14	260000	9619100	0.7	0.637615	-0.06238	9.78406
	15	260100	9619100	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
	Gerbang 1	16	260200	9619100	0.6	0.580553	-0.01945
17		260300	9618800	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
18		260400	9618800	1.3	1.264500	-0.0355	2.80741
19		260300	9618850	0.7	0.892468	0.192468	21.56585
20		260400	9618900	1.8	1.744240	-0.05576	3.19681
21		260500	9618900	0.6	0.558033	-0.04197	7.52052
22		260600	9618900	0.6	0.558033	-0.04197	7.52052

Wilayah Studi	Reseptor	Koordinat		Konsentrasi CO (ppm)		Selisih	
		X	Y	Hasil Model	Hasil Hitung	ppm	%
	23	260300	9619000	0.6	0.580553	-0.01945	3.34974
	24	260400	9619000	1.8	1.985067	0.185067	9.32296
	25	260600	9619000	0.9	0.979079	0.079079	8.076865
	26	260300	9619100	0.6	0.580553	-0.01945	3.34977
	27	260405	9619135	2	2.159971	0.159971	7.406162
	28	260600	9619100	0.7	0.679079	-0.02092	3.08081
	Rata-rata					-0.013	3.755
	<i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>						0.069544317

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2016).

Dari hasil rata-rata selisih hasil model Caline4 dengan hasil perhitungan manual adalah -0,013 atau -3,75%. Dari hasil perhitungan selisih terdapat selisih minus dimana hasil perhitungan manual lebih kecil dibanding hasil prediksi model. Hal ini dapat disebabkan oleh penentuan stabilitas atmosfer pada perhitungan manual kurang tepat seperti pada saat pendataan kondisi awan. Dari uji validasi model ini diperoleh nilai RMSE 0.0695443. Nilai hasil uji validasi model dengan perhitungan RMSE kurang dari satu dianggap memiliki performa yang baik sehingga model dengan nilai sesuai asumsi tersebut yang dapat diterima. Didukung dengan hasil validasinya yang cukup baik, maka nilai-nilai konsentrasi CO dapat dikategorikan baik secara kualitatif dan masih layak dipertimbangkan dalam penggunaan model sebagai alat untuk mengevaluasi kebijakan pemantauan kualitas udara dan strategi pengendalian pencemar pada tahap selanjutnya.

Ketidakkuratan yang terjadi mungkin dapat diakibatkan oleh banyaknya faktor estimasi yang digunakan saat permodelan. Sehingga menimbulkan kerancuan dan kesalahan pada hasil model, misal: estimasi penentuan titik koordinat baik koordinat *link* maupun reseptor yang tidak dilakukan di lapangan namun dilakukan secara manual pada peta sehingga kemungkinan kesalahan yang dilakukan sangatlah besar. Begitupun dengan asumsi data faktor emisi kendaraan yang merupakan hasil adopsi dari berbagai referensi penelitian faktor emisi kendaraan bermotor

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai pemetaan pola distribusi konsentrasi karbon monoksida (CO) dari aktifitas kendaraan bermotor di dalam Kampus ULM Banjarbaru dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pemodelan konsentrasi karbon monoksida (CO) diperoleh konsentrasi CO maksimum pada jam 08.00-09.00 berada di sekitar Jalan A. Yani dan pintu masuk gerbang 1 sebesar 2 ppm, pada jam 13.00-14.00 berada di gerbang 1 sebesar 2,1 ppm dan pada jam jam 16.00-17.00 berada di gerbang 1 dan Jl. Unlam III, sebesar 2,2 ppm
2. Konsentrasi CO di Kampus UNLAM Banjarbaru berada di bawah baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 053 Tahun 2007, yaitu sebesar 20.000 µg/m³ atau 17,5 ppm.
3. Hasil uji validasi rata-rata selisih hasil model Caline4 dengan hasil perhitungan manual adalah -0,013 atau -3,75% serta nilai RMSE 0.0695443, sehingga model dianggap memiliki performa yang baik dengan nilai sesuai asumsi yang layak dipertimbangkan dalam penggunaan model sebagai alat untuk mengevaluasi kebijakan pemantauan kualitas udara.

DAFTAR RUJUKAN

- Anggraeni, N. I. S. 2009. Pengaruh Paparan Asap Knalpot dengan Kadar CO 1800 PPM Terhadap Gambaran Histopatologi Jantung Pada Tikus Wistar. *Laporan Akhir Penelitian Karya Tulis Ilmiah Fakultas Kedokteran*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Colls. J. 2002. *Air Pollution*. Second Edition. Spon Press. London.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. 2010. *Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi*. Laporan Teknis. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 053 Tahun 2007. *Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Tingkat Kebisingan*. Banjarmasin.
- Sihotang, R.S. 2010. Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Tugaswati, A. T. 2012. Emisi gas buang kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal E-paper*. Jakarta.
- Wainright, J. dan Mulligan, M. 2004. *Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity*. Environmental Monitoring and Modelling Research Group, Department of Geography. King's College London. John Wiley & Sons Ltd. England