

PERBANDINGAN TINGKAT PENCEMARAN KARBON MONOKSIDA (CO) DI RUAS JALAN RING ROAD UTARA GEJAYAN YOGYAKARTA MENGGUNAKAN PEMODELAN GAUSS DAN PENGUKURAN LANGSUNG

Jihan Maharani

15513130

ABSTRACT

The major air pollutant is carbon monoxide (CO) that caused by motor vehicles. The increase of motorized vehicles continues to occur but the quality of roads tends to be the same and even decreases so that it often causes congestion. Congestion for a long time resulted in a decrease of air quality on the highway. The purpose of this study was to determine the concentration of carbon monoxide gas pollution on the highway by looking at the level of congestion in solid hours on weekends and weekday using gaussian line source modeling. The method used is through survey and observation in the field. Data analysis was performed using gaussian line source modeling. The results showed that CO concentrations at the weekend amounted to $18285.71 \mu\text{g} / \text{m}^3$ and at the beginning of the week it was $26523.81 \mu\text{g} / \text{m}^3$. When compared with ambient air quality standards, CO concentrations have not exceeded the quality standards that have been late. Modeling validation with NMSE or Normal Mean Square Error is done to determine the magnitude of errors that occur in modeling. The validation results were obtained at 0.452 which indicates that between modeling and measurements in the field there has been conformity.

Keywords: Air Pollution, Carbon Monoxide (CO), Gaussian Modeling

ABSTRAK

Polutan pencemar udara terbesar adalah karbon monoksida (CO) yang disebabkan oleh kendaraan bermotor. Peningkatan kendaraan bermotor terus terjadi namun kualitas jalan cenderung sama bahkan menurun sehingga sering mengakibatkan terjadinya kemacetan. Kemacetan yang terus menerus dan dalam waktu yang lama mengakibatkan penurunan kualitas udara di jalan raya tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi pencemaran gas karbon monoksida di jalan raya dengan melihat tingkat kemacetan di jam padat pada saat akhir pekan (weekend) dan hari kerja (weekday) menggunakan pemodelan gaussian

line source. Metode yang digunakan yaitu melalui survei dan observasi di lapangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan pemodelan gaussian line source. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi CO pada akhir pekan sebesar 18285,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pada hari kerja sebesar 26523,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apabila dibandingkan dengan baku mutu udara ambien, konsentrasi CO belum melewati baku mutu yang telah ditetapkan. Validasi pemodelan dengan NMSE atau Normal Mean Square Error dilakukan untuk mengetahui besarnya error yang terjadi pada pemodelan. Hasil validasi didapat sebesar 0,452 yang menunjukkan bahwa antara pemodelan dengan pengukuran di lapangan telah terjadi kesesuaian.

Kata kunci: Karbon Monoksida (CO), Pemodelan Gauss, Pencemaran Udara

1. PENDAHULUAN

Karbon monoksida merupakan salah satu polutan pencemar terbesar di udara bebas. Sumber pencemar dari polutan CO ini sebagian besar diakibatkan oleh emisi dari kendaraan bermotor. Menurut Wardhana (2001), besarnya persentase pencemaran udara dari sumber transportasi di Indonesia adalah CO sebesar 70,50%, gas tersebut merupakan parameter pencemar yang perlu di perhatikan karena dapat menimbulkan dampak bagi manusia terutama polutan CO yang merupakan polutan pencemar terbesar di Indonesia.

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari tingginya pencemaran CO adalah polusi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien yang dapat berdampak bagi kesehatan. Gas karbon monoksida juga merupakan gas yang mudah terikat dengan pigmen-pigmen darah yaitu hemoglobin sehingga berpotensi bersifat racun bagi tubuh manusia. CO juga diketahui dapat mempengaruhi kerja jantung, sistem syaraf pusat dan mempengaruhi saluran pernafasan serta menimbulkan kejang berlanjut yang dapat menyebabkan kekurangan oksigen yang dapat berujung pada kematian. Data dari WHO pada tahun 2004 melakukan penelitian dan menyatakan bahwa kontribusi pencemaran CO dari industri dan kendaraan bermotor (transportasi) sebesar 98%.

Aktifitas transportasi yang padat menyebabkan semakin tingginya polutan CO di atmosfer. Salah satu kawasan dengan aktifitas transportasi aktif yaitu di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Berdasarkan data BPS Sleman tahun 2018, jumlah transportasi yang ada di Kabupaten Sleman mencapai 929.739 kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor ini akan mengalami peningkatan namun jumlah jalan relatif konstan sehingga lambat laun daya dukung jalan tidak akan mencukupi untuk menampung mobilitas kendaraan akibatnya akan terjadi kemacetan lalu lintas. Tingkat kemacetan setiap hari berbeda tergantung jumlah tarikan kendaraan yang melalui suatu kawasan. Tingkat kemacetan di akhir pekan akan lebih banyak dari pada hari

biasa karena pada hari libur jumlah kendaraan yang berlalu lalang cenderung meningkat. Begitupun perbedaan kualitas udara di masing-masing jam padat. Pada jam sibuk seperti jam pergi sekolah/kerja dan jam pulang sekolah/kerja cenderung akan meningkatkan jumlah kendaraan di jalan raya.

Penelitian ini dilakukan untuk menghitung tingkat pencemaran karbon monoksida akibat kendaraan di jalan raya pada saat akhir pekan dan hari kerja. Pentingnya penelitian ini agar dapat mengetahui nilai CO di udara ambien untuk dapat menilai efek dari polutan terhadap kesehatan dan lingkungan serta dapat memperkirakan pengelolaan dan pemantauan kualitas udara. Salah satu cara untuk mengetahui konsentrasi CO yaitu dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan serta melakukan analisis pemodelan terhadap kualitas udara.

Menurut Bakar (2006), Model Dispersi Gauss atau *gaussian line source* merupakan salah satu model perhitungan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Prinsip model gauss ini mengasumsikan sumber emisi sebagai deretan yang menghasilkan kepulan polutan dan menyatakan bahwa konsentrasi pada setiap titik yang memiliki jarak sama dari garis tengah jalan akan menerima pencemaran dengan konsentrasi yang sama.

Berdasarkan latar belakang yang dipertimbangkan sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi karbon monoksida (CO) oleh lalu lintas di ruas Jalan Ring Road Utara (Gejayan) Yogyakarta dengan tujuan khusus yaitu untuk mengukur dan menganalisa kadar gas karbon monoksida (CO) di Jalan Ring Road Utara (gejayan) Yogyakarta disetiap jam padat pada hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*) serta membandingkan dengan baku mutu udara ambien yaitu Peraturan Gubernur DIY nomor 153 tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah kemudian membandingkan konsentrasi kadar gas karbon monoksida (CO) akibat lalu lintas dari perhitungan pemodelan dengan pengukuran langsung di udara ambien.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat

A. Alat

1. *CO Meter*
2. *Handtally Counter*
3. *Multi Termohygrometer Anemometer*

2.2. Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan di lokasi titik sampling sesuai Gambar 2.1. Penelitian dilakukan pada jam padat lalu lintas di hari Senin (mewakili hari kerja), Sabtu dan Minggu (mewakili hari libur). Jam padat lalu lintas terdiri dari jam padat pagi mulai jam 06.00 – 07.00, jam padat siang mulai jam 13.00-14.00 dan jam padat sore mulai jam 17.00 – 18.00. Pemilihan waktu-waktu tersebut didasari karena pada jam tersebut terjadi tingkat kemacetan yang tinggi di Jalan Ringroad Utara karena merupakan jam sibuk. Jam sibuk pagi adalah jam 06.00 – 07.00 karena merupakan jam berangkat kerja dan sekolah, jam sibuk siang adalah jam 13.00 – 14.00 yang merupakan waktu istirahat sehingga aktifitas yang berjalan meningkat kembali di siang hari, sedangkan jam sibuk sore adalah jam 17.00 – 18.00 karena merupakan jam pulang kerja sehingga aktifitas di jalan raya cenderung meningkat.



Gambar 2.1 Lokasi Titik Sampling

Tahapan pengumpulan data di lapangan terdiri atas:

- 1) Mencari volume lalu lintas berupa menghitung jumlah kendaraan tiap jenisnya yaitu sepeda motor, mobil pribadi, dan mobil solar yang melalui jalan Ringroad Utara Gejayan selama 1 jam setiap jam padat dengan dihitung secara manual menggunakan *handtally counter*.
- 2) Pengukuran karakteristik atmosfer di lokasi yaitu terdiri dari pengukuran suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan kecepatan angin dengan *multi termohyrometer*, *anemometer* selama 1 jam di setiap jam padat dengan

mengambil nilai tertinggi setiap 15 menit sehingga akan didapat 4 nilai yang kemudian dirata-rata.

- 3) Pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien dilakukan dengan *CO Meter*. Lama pengukuran akan dilakukan selama 1 jam di setiap jam padat dengan mengambil nilai tertinggi setiap 15 menit kemudian di rata-rata.

2.3. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode pemodelan beban pencemar dari kendaraan bermotor. Teknik analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif untuk menentukan konsentrasi polutan akibat emisi kendaraan bermotor di udara ambien:

1. Menganalisa komposisi lalu lintas

Tujuan menganalisis komposisi lalu lintas adalah untuk memperoleh data terbaru mengenai situasi lalu lintas di Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta. Perhitungan komposisi lalu lintas kendaraan dilakukan menurut arah, waktu dan jenis kendaraan di sisi jalan.

2. Membandingkan konsentrasi CO di udara ambien dengan baku mutu

Hasil pengujian dilapangan berupa uji kadar CO di Jalan Ringroad Utara Gejayan kemudian dibandingkan dengan baku mutu udara ambien (Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta).

Tabel. 2.1 Baku mutu udara ambien karbon monoksida (CO)

Parameter	Waktu	BMUA Primer	
	Pengukuran	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	1 jam	35	30.000
	8 jam	9	10.000

Sumber: Pergub DIY Nomor 153 tahun 2002

3. Menkonversi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp)

Nilai satuan mobil penumpang dari kendaraan diperlukan untuk menjumlah beberapa jenis kendaraan yang berbeda dan dapat digunakan pada perhitungan. Satuan mobil penumpang merupakan cara lain untuk membilangkan klasifikasi arus lalu lintas dengan menyatakan lalu lintas bukan dalam jumlah kendaraan melainkan dalam satuan mobil penumpang (SMP). Untuk dapat mengkonversi volume kendaraan, digunakan faktor pengali emisi CO berdasarkan jenis kendaraan.

Tabel 2.2 Data Faktor Emisi Indonesia

Kategori Kendaraan	Faktor Emisi CO (gr/km.unit)
Sepeda motor	14
Mobil pribadi	40
Mobil solar	2,8

Sumber: Permen LH, 2012

4. Menghitung laju emisi

Laju emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan oleh satu kendaraan per kilometer jarak tempuh. Laju emisi didapatkan dengan memasukkan variabel kecepatan kendaraan rata-rata pada ruas jalan yang diprediksi dengan persamaan..(2) :

$$qCO = (\sum EFi \times V) \times 1/t \dots (2)$$

dimana :

qCO = Laju emisi CO (gr/km.s)

EFi = Faktor Emisi (g/km.unit)

V = Volume kendaraan (unit)

t = lama waktu pengukuran (detik)

5. Menghitung dispersi

Menghitung dispersi yaitu untuk mengetahui pola sebaran polutan dari sektor transportasi dari zat pencemar terutama gas karbon monoksida (CO) dari gas buang kendaraan bermotor. Dispersi (penyebaran) sangat ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilita atmosfir. Dispersi dihitung dengan mengambil asumsi jarak pada arah angin 0,1 km.

Tabel 3.3 Perkiraan dispersi berdasarkan kelas kestabilan atmosfer

Kestabilan	a	x ≤ 1 km			x ≥ 1 km		
		c	d	f	C	d	f
A	213	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-9.6
B	156	106.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2.0
C	104	61.0	0.911	0	61.0	0.911	0
D	68	33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13.0
E	50.5	22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34.0
F	34	14.35	0.740	-0.35	62.6	0.180	-48.6

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1999)

Nilai b = 0.894 untuk semua kelas atmosfer dan semua jarak

Tabel 3.4 Klasifikasi Stabilitas Atmosfir

Kecepatan Angin Permukaan	Siang Hari			Malam Hari	
	dengan pancaran sinar matahari :			dengan derajat awan:	
	Kuat	Sedang	Lemah	Banyak (>= 4/8)	Bersih (<= 3/8)
<2	A	A - B	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber : Turner (1969) dalam Seinfeld dan Pandis (2006)

Tetapan dispersi vertikal menggunakan persamaan (3) :

$$\sigma_z = cX^d + f \dots (3)$$

keterangan:

σ_z = Koefisien dispersi vertikal (m)

x = Jarak pengukuran (m)

c,d,dan f = Konstanta dispersi vertikal

6. Menghitung konsentrasi polutan

Konsentrasi polutan adalah besarnya zat pencemar yang dilepaskan ke udara oleh lalulintas dalam satuan volume. Untuk mengetahui besarnya konsentrasi polutan CO, digunakan persamaan (4) sebagai berikut :

$$C(x, z) = \frac{2q}{(2\pi)^{0.5} u \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots (4)$$

Keterangan:

C (x,y,z) = konsentrasi polutan pada suatu titik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

q = laju emisi (g/m.s)

EF = Faktor Emisi (g/km)

u = kecepatan angin (m/s)

H = ketinggian efektif sumber emisi (m)

σ_z = koefisien dispersi vertikal (m)

7. Menghitung nilai error menggunakan NMSE

Validasi yang sering digunakan untuk membandingkan data model dengan data hasil observasi di lapangan, terutama pemodelan kualitas udara, antara lain adalah NMSE. NMSE merupakan parameter dasar dalam statistik (Hassan 2006), menurut NMSE memberikan informasi mengenai besarnya error pada model. Menurut Goyal dan Khrisna (2013), normalisasi menjamin bahwa NMSE tidak menimbulkan data bias pada model, baik diatas (*over-predict*) maupun dibawah (*under-predict*) perkiraan. Nilai rerata NMSE sekitar 0.5 menjelaskan bahwa terjadi kesetaraan antara model dengan kenyataan.

$$\text{NMSE} = \frac{(\text{Cobs} - \text{Cpred})^2}{\text{Cobs} \cdot \text{Cpred}} \dots (5)$$

Dimana:

Cpred : Rerata konsentrasi model ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

Cobs : Rerata konsentrasi hasil observasi di lapangan ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Pengambilan data primer untuk penelitian ini dilakukan di Jalan Ringroad Utara Gejayan pada hari senin untuk mewakili hari kerja, hari Sabtu dan hari Minggu mewakili hari libur. Waktu penelitian dilakukan masing-masing 1 jam di 3 waktu berbeda yaitu waktu

pagi diambil mulai jam 06.00 – 07.00, waktu siang mulai jam 13.00 – 14.00 dan waktu sore mulai jam 17.00 – 18.00. Data primer yang di ambil meliputi menghitung volume lalu lintas, pengukuran suhu, kelembaban, intensitas cahaya, kecepatan angin dan pengukuran kadar karbon monoksida (CO).

3.1.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Jalan Ringroad Utara Gejayan merupakan salah satu jalan penghubung antara Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, sehingga setiap harinya tarikan lalu lintas yang melewati jalan ini selalu ramai padat.



Gambar 3.1 Kondisi Lalu Lintas di Jalan Ringroad Utara Gejayan

Secara visual kendaraan yang melalui jalan ini kebanyakan adalah sepeda motor, mobil penumpang dan kendaraan berat. Disekitar jalan tersebut juga terdapat Terminal Condong Catur yang menambah jumlah tarikan kendaraan yaitu bus trans jogja serta travel-travel secara konstan setiap jamnya melewati jalan Ringroad Utara Gejayan. Banyaknya aktifitas di Jalan Rinroad Utara Gejayan ini menimbulkan kemacetan yang berdampak terhadap penurunan kualitas udara.

3.1.2 Volume dan Komposisi Lalu Lintas

Volume lalu lintas di Jalan Ringroad dihitung secara manual di 4 ruas jalan Ringroad Utara Gejayan selama 1 jam pada waktu yang telah di tentukan. Komposisi jumlah kendaraan yang diamati digolongkan dalam 3 jenis kendaraan yaitu sepeda motor, mobil pribadi atau mobil roda 4 yang berbahan bakar bensin dan mobil solar seperti kendaraan berat. Data jumlah kendaraan yang melewati Jalan Ringroad Utara Gejayan

disajikan dalam Tabel 3.1. Berdasarkan Tabel 3.1. jumlah kendaraan terbanyak yang melewati jalan Ringroad Utara yaitu pada senin sore dimana kendaraan terbanyak yaitu 11905 unit terdiri dari sepeda motor sebanyak 9300 unit, mobil pribadi sebanyak 2517 unit dan mobil solar sebanyak 88 unit. Tingginya jumlah kendaraan yang lewat ini dipengaruhi karena senin sore adalah jam pulang kerja sehingga volume kendaraan di jalan meningkat.

Tabel 3.1 Jumlah Kendaraan

JUMLAH KENDARAAN (UNIT)				
Hari	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Mobil Solar	Jumlah Kendaraan
SABTU				
Pagi	7740	2016	124	9880
Siang	6248	2906	140	9294
Sore	5856	2264	88	8208
MINGGU				
Pagi	3600	1210	68	4878
Siang	5414	3372	64	8850
Sore	7632	2542	80	10254
SENIN				
Pagi	8784	2048	68	10900
Siang	8518	2924	176	11618
Sore	9300	2517	88	11905

Apabila diamati jumlah mobil pribadi tidak terlalu berbeda jauh jumlahnya, namun tertinggi ada pada minggu siang yaitu sebanyak 3372 unit hal ini dikarenakan minggu siang adalah hari libur sehingga banyak kendaraan yang melewati jalan Ringroad sebagai salah satu jalan yang menghubungkan Kabupaten Sleman dengan Kota Yogyakarta serta dengan provinsi lainnya. Begitupun dengan mobil solar tertinggi pada hari senin siang sebanyak 177 unit. Rata-rata mobil solar yang melalui jalan Ringroad Utara Gejayan adalah kendaraan berat seperti bus trans jogja, bus pariwisata dan truk-truk yang hendak menuju ke Kabupaten Sleman maupun menuju Jalan Raya Solo sehingga intensitas mobil solar tinggi saat jam kerja di hari senin siang.

3.1.3 Kondisi Meteorologis di Lokasi

Hasil pengamatan data primer di lapangan disajikan dalam Tabel 3.2 yang meliputi kondisi meteorologis di lokasi pengukuran yaitu temperatur, kelembaban, kecepatan

angin dan intensitas cahaya. Masing-masing data primer dilapangan diamati selama 1 jam pengamatan dengan mengambil 4 nilai tertinggi setiap 15 menit.

Tabel 3.2 Hasil Data Pengamatan

Hari		Temperature (C)	Kelembaban (%RH)	Kecepatan Angin (m/s)	Intensitas Cahaya (lux)
Sabtu	Pagi	32,275	69,975	1,175	13896
	Siang	39,1	46,8	1,55	19782
	Sore	32,375	62,95	1,6	400
Minggu	Pagi	31,15	69	1,325	10450
	Siang	42,7	35,35	2,6	20000
	Sore	31,2	59,225	1,95	389
Senin	Pagi	30,125	72,3	1,75	16465
	Siang	41,65	37,55	1,275	20000
	Sore	31,65	62,95	1,95	1839

Data pengamatan pada Tabel 3.2 merupakan hasil observasi yang dilakukan pada bulan April 2019 yang termasuk dalam musim kemarau. Perbedaan musim di Indonesia yang terdiri dari musim penghujan dan musim kemarau dapat mempengaruhi faktor meteorologi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nisrina Setyo (2012), mengenai analisis pencemar udara di Jakarta menyatakan bahwa pada musim kemarau distribusi angin cenderung rendah dari pada musim hujan. Rendahnya distribusi angin menyebabkan dispersi atau sebaran polutan menjadi cenderung tinggi. Pada musim kemarau juga intensitas hujan akan menurun dan cenderung kering hal ini dapat mempengaruhi proses penghilangan polutan di atmosfer. Pengaruhnya musim kemarau terhadap faktor meteorologi lainnya yaitu pada saat musim kemarau intensitas cahaya serta suhu akan tinggi karena cuaca yang panas dan kering mempengaruhi kelembaban menjadi lebih rendah.

3.1.4 Konsentrasi Pengukuran CO di Lapangan

Pengukuran konsentrasi CO di udara ambien dilakukan di 1 titik lokasi pengukuran yang dianggap paling mewakili dari 4 ruas jalan Ringroad utara yaitu di depan pos polisi Ringroad Gejayan. Pengukuran dilakukan dengan *CO meter* selama 1 jam dengan

mengambil nilai rerata konsentrasi tertinggi. Hasil pengukuran konsentrasi CO disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Konsentrasi CO Ambien

Hari	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Mobil Solar	CO (ppm)	Baku Mutu (ppm)
SABTU					
Pagi	7740	2016	124	12,88	
Siang	6248	2906	140	17,13	
Sore	5856	2264	88	14,25	
MINGGU					
Pagi	3600	1210	68	14,00	
Siang	5414	3372	64	14,63	35
Sore	7632	2542	80	19,38	
SENIN					
Pagi	8784	2048	68	21,88	
Siang	8518	2924	176	20,63	
Sore	9300	2517	88	27,13	

CO meter menampilkan konsentrasi CO dalam satuan ppm, maka dilakukan konversi menjadi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menggunakan persamaan (1). Berdasarkan Tabel 3.3 nilai konsentrasi CO berbeda setiap waktunya dengan nilai tertinggi pada hari senin sore yaitu sebesar 27,13 ppm, hal ini dapat disebabkan karna jumlah kendaraan yang melewati jalan Ringroad Utara Gejayan pada senin sore adalah jumlah kendaraan terbanyak yang melewati jalan tersebut saat pengujian berdasarkan Tabel 3.1. yaitu sebanyak 11.905 kendaraan dalam 1 jam pengamatan.

Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Sendi Yulianti (2013), yang mengukur konsentrasi CO di Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak yang merupakan jalan kelas II sama seperti jalan Ringroad Utara Gejayan Yogyakarta. Konsentrasi kadar CO kendaraan bermotor di Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak tidak jauh berbeda namun beberapa konsentrasi CO pada hari tertentu masih lebih rendah daripada konsentrasi CO di Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta. Hal ini disebabkan oleh faktor sumber emisi serta faktor meteorologis pada saat pengukuran sehingga mempengaruhi kualitas udara di daerah masing-masing.

Besarnya konsentrasi CO tidak hanya dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kendaraan yang lewat namun juga faktor lain yaitu faktor kecepatan angin, kelembaban

dan temperature pada saat pengukuran. Hal tersebut disebabkan karena emisi dari sumber yaitu kendaraan langsung diemisikan ke atmosfer sehingga proses dispersi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologis tersebut. Tingkat penyebaran atau dispersi yang kecil akan mengakibatkan gas CO lebih pekat dilokasi tersebut sehingga kadar CO tinggi.

Faktor meteorologi seperti kecepatan angin yang tinggi akan mempengaruhi cepatnya penyebaran emisi dari sumber ke lingkungan sehingga CO yang terdispersi mengalami pengenceran dan kadar CO menjadi lebih rendah. Menurut Verma dan Desai (2008), semakin tinggi kecepatan angin, maka konsentrasi CO akan semakin kecil karena polutan terbawa angin menjauhi lokasi pengukuran dan pencemar akan terdilusi melalui dispersi sehingga tidak akan terkonsentrasi di lokasi tertentu).

Berdasarkan pada penelitian oleh Ramayana (2014), menyatakan semakin tinggi suhu udara maka konsentrasi pencemar gas CO akan semakin rendah. Hal ini disebabkan pada suhu udara tinggi, densitas udara di permukaan bumi akan menjadi lebih rendah daripada udara di atasnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran konveksi keatas yang membawa berbagai polutan dan menyebabkan konsentrasi polutan menjadi lebih rendah. Sehingga semakin rendah suhu udara kadar CO akan meningkat.

Semakin tinggi kelembaban maka konsentrasi CO akan semakin tinggi. Hal tersebut diperkuat oleh penelitian menurut Ryadi (1994) dalam Paramitha (2006), terjadinya hal tersebut disebabkan karena pada kondisi kelembaban tinggi, dispersi gas CO akan terhambat. Hal ini terjadi karena terbentuknya lapisan udara dingin yang menyebabkan terjadinya akumulasi gas CO sehingga dispersi CO akan terhambat. Pada udara yang lebih lembab polutan CO sulit untuk berpindah ke atmosfer dan susah untuk terencerkan sehingga pada kondisi ini kadar CO akan meningkat saat kelembaban dipermukaan tinggi.

3.1.5 Membandingkan Konsentrasi CO dengan Baku Mutu Udara

Berdasarkan tabel 3.3 didapat konsentrasi CO di Jalan Ringroad Utara Geayan dengan lama pengukuran selama 1 jam. Hasil pengamatan akan dibandingkan dengan baku mutu udara ambien yaitu Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dimana batas baku mutu untuk pengukuran CO selama 1 jam pengukuran adalah 35 ppm atau $30.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan Tabel 3.3 dari semua data yang didapat dilokasi pengukuran, tidak ada yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan sehingga

lokasi tersebut bukanlah termasuk lokasi tercemar berat namun tetap terjadi penurunan kualitas udara sehingga baiknya dilakukan pengendalian udara demi mencegah terjadinya polusi yang mencemari lingkungan.

3.2 Analisis Data

3.2.1 Konversi Kendaraan dan Laju Emisi

Data masing-masing jumlah kendaraan akan dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp) berdasarkan faktor pengali emisi CO (Tabel 2.2) sesuai jenis kendaraan dan bahan bakar setiap kendaraan sebab laju emisi dipengaruhi oleh volume kendaraan, sehingga dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Hasil analisis data normalisasi volume kendaraan dan laju emisi ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Normalisasi Volume Kendaraan dan Laju Emisi

Hari	JUMLAH KENDARAAN			LAJU EMISI (gr/km.s)			q Total
	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Mobil Solar	Sepeda Motor	Mobil Pribadi	Mobil Solar	
SABTU							
Pagi	7740	2016	124	30,1	22,4	0,1	52,6
Siang	6248	2906	140	24,3	32,3	0,1	56,7
Sore	5856	2264	88	22,8	25,2	0,1	48,0
MINGGU							
Pagi	3600	1210	68	14,0	13,4	0,1	27,5
Siang	5414	3372	64	21,1	37,5	0,0	58,6
Sore	7632	2542	80	29,7	28,2	0,1	58,0
SENIN							
Pagi	8784	2048	68	34,2	22,8	0,1	57,0
Siang	8518	2924	176	33,1	32,5	0,1	65,8
Sore	9300	2517	88	36,2	28,0	0,1	64,2

Berdasarkan perhitungan, laju emisi tertinggi yaitu pada senin siang sebesar 65,8 gr/km.s hal ini disebabkan karena banyaknya mobil pribadi (mobil berbahan bakar bensin) dengan faktor emisi tinggi melewati jalan tersebut.

3.2.2 Menentukan Dispersi

Dispersi atau sebaran dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi seperti suhu, kecepatan angin dan kelembaban yang dinyatakan sesuai kelas stabilitas atmosfer. Dispersi dihitung dengan mengambil jarak pada arah angin 0,1 km. Hasil perhitungan

dispersi di Jalan Ringroad Utara Gejayan ditunjukkan pada Tabel 3.5. Menentukan stabilitas atmosfer berdasarkan pancaran matahari yang diamati di lokasi. Turbulensi di atmosfer diklasifikasikan menjadi enam kelas yaitu A, B, C, D, E dan F dengan A = sangat tidak stabil, B = cukup tidak stabil, C = sedikit tidak stabil, D = netral, E =sedikit stabil, dan F = stabil turbulensinya.

Intensitas cahaya diamati dengan *multi termohygro meter* yang menampilkan nilai tertinggi intensitas cahaya sebesar 20000 lux. Sehingga nilai intensitas cahaya akan dibagi menjadi 3 kategori yaitu :

- 0 – 6666,67 lux : Lemah
- 6666,68 – 13333,33 lux : Sedang
- 13333,34 – 20000 lux : Kuat

Berdasarkan intensitas cahaya serta kecepatan angin di lokasi pengujian maka dapat ditentukan kelas stabilitas atmosfer masing-masing waktu pengukuran dengan mengacu pada Tabel 2.4.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Dispersi

Hari		Parameter			Kecepatan Angin (m/s)	Stabilitas Atmosfir	σz
		Intensitas Cahaya (lux)	Suhu (C)	Kelembaban (%RH)			
Sabtu	Pagi	13896,5	32,275	69,975	1,175	A-B	970,8
	Siang	19782,5	39,1	46,8	1,55	A	1701,8
	Sore	400,5	32,375	62,95	1,6	B	239,7
Minggu	Pagi	10450	31,15	69	1,325	A-B	970,8
	Siang	20000	42,7	35,35	2,6	A-B	970,8
	Sore	389,25	31,2	59,225	1,95	B	239,7
Senin	Pagi	16465	30,125	72,3	1,75	A	1701,8
	Siang	20000	41,65	37,55	1,275	A	1701,8
	Sore	1839	31,65	62,95	1,95	B	239,7

Masing-masing kelas stabilitas atmosfer yang sudah ditentukan kemudian dicari nilai σz berdasarkan kelas kestabilan atmosfer tiap waktu pegujian dan dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

3.2.3 Pemodelan Gauss

Analisis perhitungan dispersi akan digunakan untuk menghitung besarnya konsentrasi polutan karbon monoksida (CO) menggunakan pemodelan dispersi *gauss*. Konsentrasi polutan merupakan besarnya zat polutan yang disebabkan oleh kendaraan

dilepaskan dan teremisikan ke udara ambien. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.6. Ketinggian sumber efektif (H) merupakan rata-rata ketinggian knalpot kendaraan yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan. Dengan demikian ketinggian sumber efektif (H) yang digunakan dalam perhitungan adalah 0,3 m.

Tabel 3.6 Hasil perhitungan konsentrasi CO dengan Pemodelan Gauss

Hari	q (gr/m.s)	μ (m/s)	Stabilitas Atmosfir	σz (m)	C (g/m ³)	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SABTU						
Pagi	52,6	1,175	A-B	970,8	0,04	36800,88
Siang	56,7	1,55	A	1701,8	0,02	17153,57
Sore	48,0	1,6	B	239,7	0,10	99881,63
MINGGU						
Pagi	27,5	1,325	A-B	970,8	0,02	17061,39
Siang	58,6	2,6	A-B	970,8	0,02	18520,31
Sore	58,0	1,95	B	239,7	0,10	99010,68
SENIN						
Pagi	57,0	1,75	A	1701,8	0,02	15266,29
Siang	65,8	1,275	A	1701,8	0,02	24184,19
Sore	64,2	1,95	B	239,7	0,11	109622,8

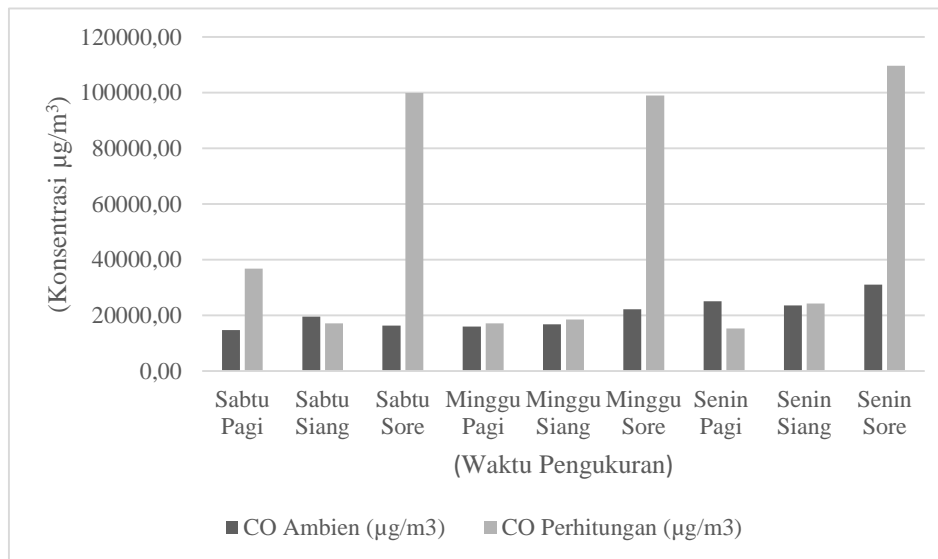
Berdasarkan hasil perhitungan dengan pemodelan *Gauss* konsentrasi CO tertinggi pada hari sabtu yaitu pada waktu sore sebesar 99881,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan bahwa kendaraan yang melalui jalan lebih banyak daripada waktu pagi dan siang hari. Pada hari libur atau hari minggu konsentrasi CO tertinggi berada pada waktu sore yaitu sebesar 99010,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada hari senin menunjukkan konsentrasi CO tertinggi pada pagi hari yaitu sebesar 109522,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi CO pada senin sore juga merupakan konsentrasi CO tertinggi selama penelitian, hal ini disebabkan pada jam tersebut merupakan waktu untuk memulai kegiatan seperti berangkat sekolah dan berangkat kerja menyebabkan volume kendaraan yang tinggi disekitaran jalan Ringroad Utara Gejayan.

3.2.4 Perbandingan CO Hasil Pengukuran dan CO Pemodelan

Nilai konsentrasi CO hasil perhitungan menggunakan pemodelan *gauss* dibandingkan dengan konsentrasi CO hasil pengukuran di lapangan ditunjukkan pada Gambar 3.2. Berdasarkan Gambar 3.2 yang menunjukkan perbandingan antara CO hasil

pengukuran di lapangan dengan CO hasil perhitungan dengan pemodelan didapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan di waktu pagi dan siang hari.

Perbedaan yang signifikan terjadi di setiap waktu sore, dimana konsentrasi CO hasil perhitungan jauh lebih tinggi daripada CO hasil pengukuran. Pada perhitungan pemodelan, stabilitas atmosfer pada sore hari diasumsikan cenderung lemah yaitu termasuk dalam klasifikasi stabilitas atmosfer B dengan tingkat sebaran σ_z menjadi kecil sehingga konsentrasi CO yang didapat tinggi karena sebaran dispersi vertikal dianggap kecil. Menurut Pasquill (1974) dalam Supriyadi (2009), pada kelas kestabilan B massa udara akan cenderung turun karena suhu udara lebih rendah dibandingkan suhu di atmosfer yang mengakibatkan kadar polutan per satuan volume menjadi lebih besar.



Gambar 3.2 Perbandingan CO Hasil Pengukuran dan CO Hasil Pemodelan

Sedangkan pada Sabtu siang dan Senin pagi CO pengukuran lebih tinggi daripada CO perhitungan, hal tersebut disebabkan karena pada perhitungan pemodelan Gauss, faktor emisi yang digunakan diasumsikan hanya bahan bakar bensin dan solar. Apabila dibandingkan hasil konsentrasi CO antara weekdays (hari kerja) dengan weekend (akhir pekan), konsentrasi CO di hari kerja lebih tinggi daripada konsentrasi CO di akhir pekan, hal ini disebabkan oleh faktor-faktor koefisien nilai yang digunakan saat perhitungan. Pada perhitungan pemodelan, hanya mengasumsikan kendaraan yang lewat menggunakan bahan bakar solar dan bensin sehingga hanya mengacu pada satu faktor emisi, kemudian penilaian terhadap stabilitas atmosfer juga mempengaruhi perhitungan dimana pemilihan stabilitas atmosfer mempengaruhi nilai dispersi vertikal (σ_z) perhitungan.

3.2.5 Validasi Pemodelan

Menghitung nilai validasi menggunakan NMSE ditujukan untuk mengetahui kesesuaian hasil pemodelan dengan hasil pengujian di lapangan. Nilai validasi NMSE hasil perhitungan disajikan pada tabel 3.7. Menurut Hassan (2006), nilai *Normal Mean Square Error* (NMSE) sekitar 0,5 menjelaskan terjadi kesesuaian antara model dengan pengukuran.

Tabel 3.7 Perhitungan Nilai NMSE

Hari	CO Pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO Perhitungan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Validasi NMSE
SABTU			
Pagi	14714,29	36800,88	
Siang	19571,43	17153,57	
Sore	16285,71	99881,63	
MINGGU			
Pagi	16000,00	17061,39	
Siang	16714,29	18520,31	0,452
Sore	22142,86	99010,68	
SENIN			
Pagi	25000,00	15266,29	
Siang	23571,43	24184,19	
Sore	31000,00	109622,82	
Rerata	20555,56	39772,89	

Nilai *Normal Mean Square Error* (NMSE) yang didapat dalam perhitungan yaitu sebesar 0,45 menunjukkan bahwa nilai tersebut tergolong kedalam kriteria. Maka telah terjadi kesesuaian antara pemodelan dan pengujian sehingga pemodelan dapat diterima. Menurut Goyal dan Khrisna (2013), kelebihan menggunakan NMSE yaitu NMSE mengukur kesesuaian antara konsentrasi model dengan konsentrasi hasil pengukuran dalam prosedur yang urut (*time series*).

4. KESIMPULAN

Hasil pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) di Jalan Ringroad Utara Gejayan Yogyakarta pada hari kerja (*weekdays*) yaitu sebesar 26523,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan pada akhir pekan sebesar 18285,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tingkat konsentrasi tersebut telah memenuhi baku mutu udara ambien sesuai Peraturan Gubernur DIY nomor 153 tahun 2002 tentang Baku Mutu

Udara Ambien Daerah. Konsentrasi CO hasil pengukuran apabila dibandingkan dengan CO hasil perhitungan pemodelan terdapat perbedaan yang berfluktuasi dimana sebagian besar CO hasil pemodelan lebih besar daripada CO hasil pengukuran di lapangan. Berdasarkan uji validasi NMSE didapat hasil validasi sebesar 0,452 yang menunjukkan hasil tersebut telah memenuhi kriteria sehingga telah terjadi kesesuaian antara pemodelan dengan pengujian langsung di lapangan

5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, 2017, Kota Yogyakarta dalam Angka Tahun 2017.

Goyal P and Khrisna RK., 2013, *A line source model for Delhi, Transportation Research Part D* (4), 241-249.

Hassan H, Singh MP, Gribben RJ, Srivastava RM, Radojevic M, Latif A., 2006, *Application of Line Source Air Quality Model to The Study of Traffic Carbon Monoxide in Brunei Darussalam. ASEAN J. on Science and Technology for Development* 17(1), 59-76.

Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Udara Ambien di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pasquill F., 1974, *Atmospheric Diffusion, 2nd ed.* Ellis Horwood Ltd. Chichester., England, 365 – 380 pp.

Ramayana, Kiki., 2014, Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO (Karbon Monoksida) Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, Dan Ngesrep Timur V). Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan Diponegoro, Semarang.

Ryadi, Slamet., 1982, Pencemaran Udara. Surabaya, Usaha Nasional.

Seinfeld, J. H., 1986, *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution.* Wiley, The University of Michigan., Michigan.

Sendi Yulianti dan Yulisa Fitrianiingsih ST.MT. Dian Rahayu Jati ST.MT., 2013, Analisis Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak. Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Nisrina Setyan dan Asep Sofyan., 2012, Analisis Distribusi Pencemar Udara NO₂, SO₂, CO, dan O₂ di Jakarta dengan WRF-CHEM. Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Verma, Sonal S and Birva Desai, (2008). *Effect of Meteorological Conditions on Air Pollution of Surat City. J. Int. Environmental Application & Science. Vol. 3 No. (5), 358-367.*

Wardhana, Wisnu Arya., 2001, Dampak Pencemaran Lingkungan, Penerbit ANDI, Yogyakarta.