

# PERBANDINGAN TINGKAT PENCEMARAN KARBON MONOKSIDA (CO) DI RUAS JALAN SOLO-YOGYAKARTA MENGGUNAKAN PEMODELAN DISPERSI GAUSS DAN PENGUKURAN LANGSUNG

Alina Miladina

15513127

## ABSTRACT

*Transportation is the biggest source of air pollution in cities, including in Sleman Regency which experiences population growth every year. This has the potential to increase air pollution in Sleman Regency, one of them is carbon monoxide (CO) that comes from motor vehicle emissions. The purpose of this study was to determine the level of carbon monoxide's (CO) concentration released by motorized vehicles, especially on Solo-Yogyakarta Road (North-Ringroad Junction) Sleman Regency using direct measurements and Gaussian line source modeling on weekday and weekends. The method used in this research are through surveys and field observations on Saturday, Sunday, and Monday during rush hour. The results of observations and calculations show that the concentration of carbon monoxide (CO) on weekend is  $14904,76 \mu\text{g} / \text{m}^3$  and on weekday is  $18666,67 \mu\text{g} / \text{m}^3$ . After being compared with the Gaussian line source disperse modeling, the Gaussian line source disperse modeling can be applied on Solo-Yogyakarta Road (North-Ringroad Junction) Sleman Regency.*

**Keyword:** *Gaussian line source, carbon monoxide (CO), motorized vehicle*

## ABSTRAK

Transportasi merupakan salah satu sumber pencemaran udara terbesar diperkotaan, termasuk di Kabupaten Sleman yang mengalami pertumbuhan penduduk setiap tahunnya. Hal ini berpotensi meningkatkan polusi udara di Kabupaten Sleman, salah satunya adalah CO yang berasal dari emisi kendaraan bermotor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya konsentrasi CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor khususnya di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan Ringroad Utara) Kabupaten Sleman menggunakan pengukuran langsung dan pemodelan dispersi *Gaussian line source* pada saat *weekday* dan *weekend*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melalui survei dan observasi lapangan yang dilakukan pada hari Sabtu, Minggu, dan Senin selama jam sibuk. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat *weekend* adalah  $14904,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada saat *weekday* adalah  $18666,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Setelah dibandingkan dengan pemodelan dispersi *Gaussian line source*, pemodelan dispersi

*Gaussian line source* dapat diterapkan di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman.

**Kata kunci:** Gaussian line source, karbon monoksida (CO), kendaraan bermotor

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sleman merupakan salah satu daerah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang mempunyai luas 574,82 km<sup>2</sup>. Setiap tahunnya Kabupaten Sleman mengalami peningkatan jumlah penduduk. Meningkatnya jumlah penduduk ini tentunya berpengaruh terhadap sistem transportasi. Kondisi sistem transportasi di Kabupaten Sleman menunjukkan kecenderungan yang sangat rumit dan sering mengakibatkan kemacetan terutama pada jam sibuk. Menurut Soedomo (2001), dari sektor transportasi inilah merupakan sumber pencemaran udara terbesar di perkotaan sekitar 60%. Besarnya tingkat emisi polutan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor sangat tergantung dari karakteristik operasi jalan. Kendaraan yang berkecepatan rendah akan menghasilkan lebih banyak emisi gas buang, terutama gas karbon monoksida (CO). CO diketahui mengikat haemoglobin (Hb) yang berfungsi mengantarkan oksigen ke seluruh tubuh, menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya persediaan oksigen ke seluruh tubuh akan membuat sesak napas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak segera mendapat udara segar kembali. Jalan Raya Solo -Yogyakarta (pertigaan Jalan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman merupakan salah satu lokasi yang mengalami kemacetan. Karena Jalan Raya Solo-Yogyakarta (pertigaan Jalan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman menjadi jalan utama untuk masyarakat yang pulang pergi antar kota dan menjadi akses utama menuju bandara serta pusat perbelanjaan, kemacetan yang terjadi pada jam-jam sibuk tidak hanya saat hari kerja (*weekday*), namun terjadi juga saat akhir pekan (*weekend*). Untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, dapat diketahui dengan pengukuran udara ambien menggunakan alat pengukur dan menggunakan pengukuran manual yang akan di analisis menggunakan pemodelan dispersi. Kondisi-kondisi di atas melatarbelakangi penelitian ini yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisa kadar gas karbon monoksida (CO) di Jalan Raya Solo-Yogyakarta (pertigaan Jalan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman di setiap jam padat pada hari kerja (*weekday*) dan akhir pekan (*weekend*), serta untuk membandingkan kadar gas karbon monoksida (CO) akibat lalu lintas dari perhitungan pemodelan dispersi dengan pengukuran langsung di udara ambien.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat yang digunakan pada penelitian:

- *CO meter*
- *Thermohygro Anemometer*
- *Handtally counter*

### 2.2 Pengambilan Data

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan pada hari Senin, Sabtu, dan Minggu tanggal 13, 14, dan 15 April 2019 pada jam padat pagi, siang, dan sore. Dipilihnya waktu penelitian tersebut karena hari Senin mewakili hari bekerja, hari Sabtu mewakili setengah hari bekerja, dan hari Minggu mewakili hari libur. Serta kepadatan lalu lintas terjadi pada saat masyarakat pergi berkerja atau beraktivitas pukul 06.00-07.00, saat masyarakat beristirahat dari bekerja atau beraktivitas pukul 13.00-14.00, dan saat masyarakat selesai bekerja atau beraktivitas 17.00-18.00. Pengambilan data dilakukan dengan tiga tahap, yaitu:

1) Menghitung volume lalu lintas

Dalam tahap ini, akan dihitung berapa jumlah sepeda motor, mobil pribadi, dan mobil solar (kendaraan berat seperti bus dan truk) yang melewati ruas Jalan *Ringroad* Utara, Jalan Solo-Yogyakarta (arah Solo), dan Jalan Solo-Yogyakarta (arah Yogyakarta) Kabupaten Sleman. Menghitung volume lalu lintas menggunakan alat handtally counter yang dilakukan setiap jam 06.00-07.00, 13.00-14.00, dan 17.00-18.00. Untuk menghitung volume lalu lintas dilakukan di setiap ruas Jalan *Ringroad* Utara, Jalan Solo-Yogyakarta (arah Solo), dan Jalan Solo-Yogyakarta (arah Yogyakarta) Kabupaten Sleman.

2) Pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya

Untuk mengukur suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya menggunakan alat Multi Thermohygro Anemometer. Untuk mengetahui suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya dilakukan dengan cara mengambil nilai tertinggi dari masing-masing 4 periode waktu yaitu 15 menit selama 1 jam kemudian dirata-rata. Pengukuran dilakukan di titik ukur pada lokasi yang paling mewakili yaitu berada tepat di depan pos polisi.

3) Pengukuran kadar karbon monoksida (CO)

Untuk pengukuran kadar karbon monoksida (CO) menggunakan alat CO Meter. Cara menentukan kadar CO adalah dengan cara mengambil nilai tertinggi dari masing-masing 4 periode waktu yaitu 15 menit selama 1 jam kemudian dirata-rata. Hasil yang diperoleh dari pengukuran menggunakan CO Meter berbentuk nilai dengan satuan ppm. Sehingga perlu dikonversi ke dalam bentuk  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan menggunakan persamaan (1) :

$$\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = \frac{\text{ppm} \times \text{BM}}{24,5 \times 10^{-3}} \dots\dots(1)$$

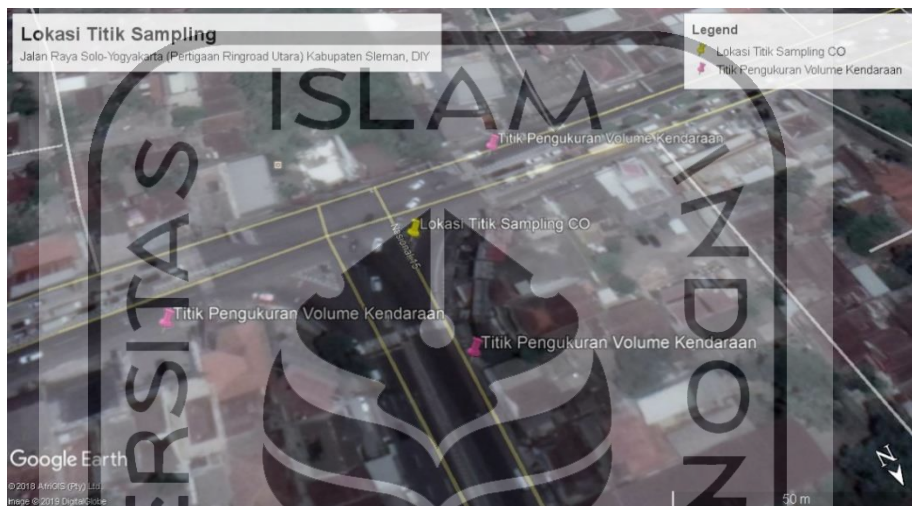
dimana :

24,5 = konversi untuk 1 mol  
 = 24,5 liter (25°C, 1 atm)

BM = berat molekul, untuk CO, BM = 28

10<sup>-3</sup> = konversi dari ml ke liter

Pengukuran dilakukan di titik ukur pada lokasi yang paling mewakili yaitu berada tepat di depan pos polisi.



- 4) Membandingkan kadar karbon monoksida (CO) dengan baku mutu Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Baku Mutu disajikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu CO

Parameter	Waktu Pengukuran	BMUA Primer	
		ppm	µg/m <sup>3</sup>
CO	1 jam	35	30.000
	8 jam	9	10.000

### 2.3 Metode Analisis

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:

- 1) Menganalisa komposisi lalu lintas

Tujuan menganalisa komposisi lalu lintas adalah untuk memperoleh data terbaru mengenai situasi lalu lintas di Jalan Raya Solo-Yogyakarta (pertigaan Jalan *Ringroad*

Utara) Kabupaten Sleman. Perhitungan komposisi lalu lintas kendaraan dilakukan menurut arah, waktu, dan jenis kendaraan di sisi jalan.

2) 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) :

$$qCO = \frac{(\sum_{i=1}^n EFi \times V)}{t} \dots\dots(2)$$

dimana :

qCO = laju emisi CO (gr/km.detik)

EFi = faktor emisi (gr/km.unit)

V = jumlah kendaraan (unit)

t = lama waktu pengukuran (detik)

nilai faktor emisi yang digunakan disajikan dalam table 2.2

Tabel 2.2 Faktor Emisi CO

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

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.12 Tahun 2010

3) Menghitung dispersi

Dispersi (penyebaran) sangat ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer. Klasifikasi kelas stabilitas atmosfer dan perkiraan dispersi disajikan pada tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3 Klasifikasi Stabilitas Atmosfer

Kecepatan angin permukaan	Siang hari			Malam hari	
	Pancaran sinar matahari Kuat	Sedang	Lemah	Derajat awan Banyak ( $\geq 4/8$ )	Bersih ( $\leq 3/8$ )
<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

Tabel 2.4 Perkiraan Dispersi Berdasarkan Kelas Stabilitas Atmosfir

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)

Tetapan dispersi vertikal menggunakan persamaan (3) :

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

4) Menghitung konsentrasi polutan

Konsentrasi polutan adalah besarnya zat pencemar yang dilepaskan ke udara oleh lalu lintas dalam satuan volume. Sebuah *line source* adalah deret *point source* yang *mutually independent*, yang masing – masing menghasilkan kepulan polutan. Sehingga konsentrasi pada suatu titik di sisi jalan dihitung sebagai jumlah konsentrasi dari deret titik – titik sumber pada jalan tersebut. Untuk mengetahui besarnya konsentrasi polutan CO, digunakan persamaan (4) sebagai berikut :

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

dimana :

C = konsentrasi polutan udara dalam massa per volume ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

q = laju emisi (gr/m.detik)

u = kecepatan angin (m/detik)

$\sigma_z$  = koefisien disperse vertikal (m)

H = ketinggian efektif sumber emisi (m)

5) Membandingkan kadar karbon monoksida (CO) hasil pemodelan dispersi dengan pengukuran langsung

Nilai karbon monoksida (CO) akan dibandingkan antara nilai yang diperoleh dari pemodelan dan nilai yang diperoleh dari pengukuran langsung, sehingga dapat diketahui bagaimana kesesuaiannya menggunakan rumus *error*.

6) Menghitung nilai validasi menggunakan *Normalized Mean Square Error*

*Normalized Mean Square Error* (NMSE) adalah penaksir dari keseluruhan penyimpangan antara nilai yang diprediksi dan yang diukur. NMSE adalah parameter dasar dalam statistik (Hassan 2006), NMSE memberikan informasi mengenai besarnya error pada

model. 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. Untuk menentukan nilai errornya dapat digunakan rumus:

$$NMSE = \frac{(\overline{C_{obs}} - \overline{C_{pred}})^2}{\overline{C_{obs}} \cdot \overline{C_{pred}}} \dots(5)$$

dimana :

$C_{pred}$  = konsentrasi model ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$\overline{C_{pred}}$  = rerata konsentrasi model ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{obs}$  = konsentrasi hasil pengukuran di lapangan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$\overline{C_{obs}}$  = rerata konsentrasi hasil pengukuran di lapangan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Gambara Umum Lokasi

Ruas Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman merupakan salah satu ruas jalan yang selalu didapati kemacetan pada beberapa waktu padat. Hal ini dikarenakan banyaknya masyarakat yang menggunakan kendaraan pribadi ataupun umum melewati Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman untuk melakukan berbagai aktivitas. Dampak yang dihasilkan dari banyaknya sarana transportasi akan langsung berpengaruh terhadap emisi gas karbon monoksida (CO). Keadaan lalu lintas di ruas Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman disajikan pada gambar 3.1.

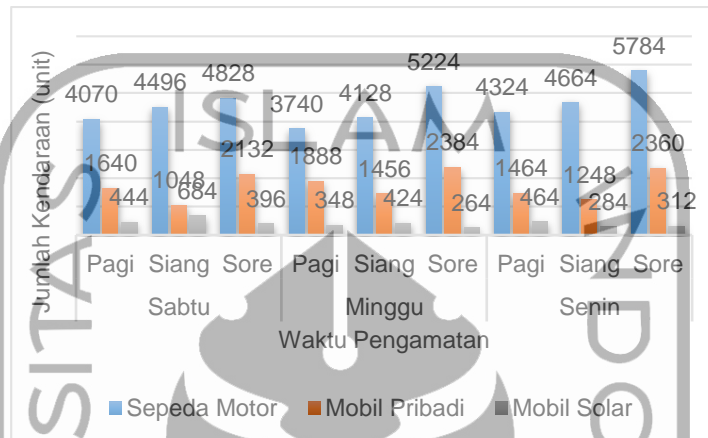


Gambar 3.1 Keadaan Lalu Lintas

#### 3.2 Volume Lalu Lintas

Pengamatan dan perhitungan volume kendaraan dilakukan pada hari Sabtu, Minggu, dan Senin tanggal 13-15 April 2019. Waktu pengamatan masing-masing selama 1 (satu) jam pada pagi hari pukul 06.00-07.00, siang hari pukul 13.00-14.00, dan sore hari pukul 17.00-18.00.

Pengamatan dan perhitungan dilakukan di tiga titik karena lokasi kajian memiliki tiga arah sehingga tidak ada jumlah kendaraan yang terlewatkan dan dilakukan secara bersamaan ketiganya. Titik pertama adalah titik di jalan arah Kota Klaten-Solo, titik kedua adalah titik di jalan arah ke Kota Yogyakarta, dan titik ke tiga adalah titik di jalan arah ke *Ringroad* Utara Kabupaten Sleman. Jenis kendaraan yang diamati adalah kendaraan bermotor, yaitu sepeda motor, mobil pribadi, dan mobil solar (bus dan truk). Alat yang digunakan untuk menghitung jumlah masing-masing kendaraan adalah *handtally counter*. Data jumlah kendaraan bermotor berupa sepeda motor, mobil pribadi, dan mobil solar disajikan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Jumlah Kendaraan Bermotor

Jika dilihat dari jenis kendaraan, sepeda motor merupakan kendaraan bermotor paling banyak yang melewati Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman setiap waktunya. Jika dilihat dari masing-masing waktu penelitian, kendaraan bermotor paling banyak ada pada hari Senin sore yang mewakili hari kerja.

### 3.3 Kondisi Meteorologis

Pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman dilakukan secara bersamaan dengan pengamatan volume kendaraan dan pengukuran menggunakan alat *Multy Thermohyrometer Anemometer*. Pengukuran suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya dilakukan di satu titik yang mewakili 3 ruas jalan, yaitu di persimpangan tepat di depan pos polisi. Pengukuran dilakukan selama 1 jam dengan mengambil nilai rata-rata dari jumlah nilai tertinggi setiap 15 menit pengukuran. Data suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya disajikan pada tabel 3.1.



Tabel 3.1 Data Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Intensitas Cahaya

Hari	Suhu	Kelembaban	Kecepatan angin	Intensitas cahaya
	°C	%Rh	m/detik	Lux
Sabtu				
Pagi	30,225	80,575	1,275	12631,5
Siang	39,425	52,925	1,375	19850
Sore	30,95	67,5	1,05	181
Minggu				
Pagi	29,2	81,05	1	12537,5
Siang	38,425	49,125	1,025	19625
Sore	32,2	67,2	1,375	516,25
Senin				
Pagi	28,575	81,05	1,3	11535
Siang	36,6	49,125	1,675	17520
Sore	30,05	68,85	1,125	816,5

Pengamatan kondisi meteorologis dilakukan pada saat musim kemarau. Suhu tinggi cenderung terjadi saat intensitas cahaya juga ternilai tinggi. Musim kemarau membuat permukaan bumi menjadi lebih kering dan kandungan air dalam tanah menipis sehingga jumlah uap air di udara sangat sedikit. Sedikitnya jumlah uap air di permukaan bumi terlihat dari kelembaban udara yang rendah sehingga udara terasa sangat kering. Udara yang sangat kering akan mengakibatkan suhu terasa meningkat dan kecepatan angin menjadi begitu lambat.

### 3.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida (CO)

Pengukuran karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman dilakukan secara bersamaan dengan pengamatan volume kendaraan dan kondisi meteorologis menggunakan alat *CO meter*. Pengukuran dilakukan di satu titik yang mewakili 3 ruas jalan, yaitu di persimpangan tepat di depan pos polisi. Hasil pengukuran menggunakan alat *CO meter* dalam satuan ppm, sehingga perlu dilakukan konversi satuan menjadi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan persamaan (1). Hasil pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman disajikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO

Waktu	Jumlah Kendaraan (unit)			Konsentrasi CO		Baku Mutu
	Sepeda motor	Mobil pribadi	Mobil solar	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sabtu						
Pagi	4070	1640	444	10,375	11857,14	
Siang	4496	1048	684	13,5	15428,57	
Sore	4828	2132	396	17,75	20285,71	
Minggu						
Pagi	3740	1888	348	8,75	10000	30.000
Siang	4128	1456	424	9,375	10714,29	
Sore	5224	2384	264	18,5	21142,86	
Senin						
Pagi	4324	1464	464	13,875	15857,14	
Siang	4664	1248	284	12,5	14285,71	
Sore	5784	2360	312	22,625	25857,14	

Berdasarkan Tabel 3.2, dapat diketahui nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) tertinggi pada hari senin sore yaitu  $25857,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang melewati Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada hari Senin sore merupakan jumlah kendaraan terbanyak.

Setelah didapatkan konsentrasi karbon monoksida (CO) masing-masing waktu yang telah ditentukan, dapat ditentukan konsentrasi karbon monoksida (CO) rata-rata di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekend* dan *weekday*. Konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat *weekend* adalah  $14904,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat *weekday* adalah  $18666,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Konsentrasi karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekday* lebih tinggi dari pada saat *weekend*. Hal ini diakibatkan oleh banyaknya jumlah kendaraan yang melewati ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman, yang jumlahnya lebih besar pada saat *weekday* dibanding *weekend*.

Besarnya konsentrasi karbon monoksida (CO) tidak hanya ditentukan oleh berapa jumlah kendaraan yang melewati jalan, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain yaitu suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya. Jika dilihat dari data yang diperoleh, konsentrasi karbon monoksida (CO) cenderung tinggi pada saat suhu rendah. Menurut Lakitan (2002), pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah suhu udara akan tinggi akibat

sinar matahari yang diterima sehingga akan mengakibatkan pemuaiian udara atau juga menyebabkan udara menjadi renggang, sehingga konsentrasi polutan menjadi rendah. Sebaliknya, pada suhu rendah keadaan udara menjadi semakin padat sehingga konsentrasi polutan diudara makin tinggi. Hal ini yang menyebabkan terjadinya dispersi polutan sehingga konsentrasi karbon monoksida (CO) akan rendah. Namun konsentrasi karbon monoksida (CO) tetap dapat memiliki nilai yang tinggi walaupun nilai suhu terukur menjadi lebih tinggi juga. Hal ini dikarenakan konsentrasi karbon monoksida (CO) lebih dipengaruhi oleh faktor lain seperti jumlah kendaraan dan kecepatan angin. Kecepatan angin merupakan parameter utama dalam penentu arah penyebaran dan akumulasi bahan pencemar (Syech, 2013). Ramayana (2014) menjelaskan bahwa semakin cepat angin bertiup maka semakin luas sebaran daerah yang terkena polusi udara yang menyebabkan konsentrasi polutan kecil. Kecepatan angin yang rendah menyebabkan penyebaran udara ke ruang yang lebih luas menjadi lambat dan terakumulasi di sekitar lokasi penelitian sehingga konsentrasi karbon monoksida (CO) menjadi tinggi. Kelembaban juga dapat menentukan tinggi rendahnya konsentrasi karbon monoksida (CO). Menurut Paramitha (2006), zat pencemar akan terakumulasi dan dispersi polutan akan terhambat jika kelembaban udara di suatu tempat tinggi. Kelembaban udara yang rendah berarti uap air yang terkandung dalam udara rendah, pada saat itu dispersi udara akan menjadi lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air, sehingga konsentrasi karbon monoksida (CO) menjadi rendah juga dan begitu sebaliknya. Hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) juga berbanding terbalik. Jika intensitas cahaya matahari kuat atau tinggi, maka nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan akan rendah. Hal ini dikarenakan cahaya matahari cenderung memecah emisi. Hubungan ini juga berlaku sebaliknya.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Sandri Linna (2011), konsentrasi karbon monoksida (CO) kendaraan bermotor di pertigaan lalu lintas Jalan Sam Ratulangi Kota Manado yang termasuk pada kelas II, memiliki konsentrasi karbon monoksida (CO) lebih rendah dari pada konsentrasi karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman yang juga masuk ke dalam kelas II. Hal ini dikarenakan pada adanya perbedaan nilai-nilai dari faktor yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya konsentrasi karbon monoksida (CO) yang akan dihasilkan, seperti faktor sumber emisi dan faktor meteorologis.

### **3.5 Perbandingan Konsentrasi Karbon Monoksida dengan Baku Mutu**

Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, baku mutu karbon monoksida (CO) dengan waktu pengukuran selama 1 (satu) jam adalah 30.000

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  atau 35 ppm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekend* dan *weekday* yang diperoleh dengan pengukuran langsung tidak melebihi baku mutu, yaitu  $14904,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada saat *weekend* dan  $18666,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada saat *weekday*.

### 3.6 Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida dengan Pemodelan Dispersi Gauss

#### 3.6.1 Laju Emisi

Untuk menentukan laju emisi dari setiap jenis kendaraan dapat menggunakan persamaan (2) yang terdapat pada metodologi penelitian. Laju emisi setiap jenis kendaraan disajikan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Laju Emisi Kendaraan Bermotor

Hari	Laju emisi CO (gr/km.detik)			Total
	Sepeda motor	Mobil pribadi	Kendaraan solar	
<b>Sabtu</b>				
Pagi	15,828	18,222	0,345	34,395
Siang	17,484	11,644	0,532	29,661
Sore	18,776	23,689	0,308	42,772
<b>Minggu</b>				
Pagi	14,544	20,978	0,271	35,793
Siang	16,053	16,178	0,330	32,561
Sore	20,316	26,489	0,205	47,010
<b>Senin</b>				
Pagi	16,816	16,267	0,361	33,443
Siang	18,138	13,867	0,221	32,225
Sore	22,493	26,222	0,243	48,958

Besarnya laju emisi berbanding lurus dengan banyaknya kendaraan bermotor yang melewati ruas Jalan Solo-Yogyakarta (pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman. Karena jumlah terbanyak dari kendaraan bermotor adalah pada hari Senin sore, maka laju emisi tertinggi juga didapatkan pada hari Senin sore. Emisi akan mengalami penyebaran, sehingga semakin tinggi laju emisi yang dihasilkan maka akan semakin tinggi juga konsentrasi polutan karbon monoksida (CO) dihasilkan. Besarnya laju emisi setiap jenis kendaraan sangat beragam. Selain dari faktor emisi, besarnya laju emisi juga dapat dipengaruhi oleh bermacam-

macam kondisi seperti mode pengoperasian kendaraan, tahun pembuatan kendaraan, dan kecepatan kendaraan.

### 3.6.2 Dispersi

Berdasarkan data suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan intensitas cahaya dapat ditentukan dispersi atau sebaran polutan pada saat dilakukan pengukuran di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman dengan jarak pengukuran 3 meter. Untuk menentukan nilai tetapan dispersi vertikal dapat menggunakan persamaan (3). Kelas stabilitas atmosfer disajikan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perkiraan Kelas Stabilitas Atmosfer dan Disersi

Hari	Suhu	Kelembaban	Kecepatan Angin	Cahaya	Stabilitas Atmosfer	$\sigma z$
	°C	%Rh	m/detik	Lux		m
<b>Sabtu</b>						
Pagi	30,225	80,575	1,275	12632,5	A-B	1999,39
Siang	39,425	52,925	1,375	19850	A	3618,8
Sore	30,95	67,5	1,05	181	B	379,98
<b>Minggu</b>						
Pagi	29,2	81,05	1	12537,5	A-B	1999,39
Siang	38,425	49,125	1,025	19625	A	3618,8
Sore	32,2	67,2	1,375	516,25	B	379,98
<b>Senin</b>						
Pagi	28,575	81,05	1,3	11535	A-B	1999,39
Siang	36,6	49,125	1,675	12520	A-B	1999,39
Sore	30,05	68,85	1,125	816,5	B	379,98

Stabilitas atmosfer ditentukan berdasarkan kuatnya pancaran sinar matahari yang memancar ke permukaan bumi dan kecepatan angin. Untuk menentukan pancaran sinar matahari pada kelas stabilitas atmosfer, menggunakan 3 kategori yaitu:

- Intensitas cahaya 0 – 6.666,67 lux = sinar matahari lemah
- Intensitas cahaya 6.666,68 – 13.333,33 lux = sinar matahari sedang
- Intensitas cahaya 13.333,34 – 20.000 lux = sinar matahari kuat

Jika pancaran sinar matahari kuat, akan masuk pada kelas stabilitas atmosfer A. Jika pancaran sinar matahari sedang, akan masuk pada kelas stabilitas atmosfer A-B. Dan jika pancaran sinar matahari lemah, akan masuk pada kelas stabilitas atmosfer B.

### 3.6.3 Konsentrasi Karbon Monoksida (CO)

Perhitungan konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pemodelan dispersi *Gaussian line source* membutuhkan data laju emisi, kecepatan angin, ketinggian sumber emisi, dan koefisien *disperse vertical* dari kelas stabilitas atmosfer yang sudah diperoleh melalui pengamatan dan perhitungan sebelumnya. Hasil perhitungan konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pemodelan dispersi gaussian line source dihitung dengan persamaan (4) dan disajikan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Konsentrasi CO

Hari	CO
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sabtu	
Pagi	10768,17
Siang	4757,371
Sore	85558,68
Minggu	
Pagi	14287,28
Siang	7005,804
Sore	71808,33
Senin	
Pagi	10268,71
Siang	7679,541
Sore	91403,41

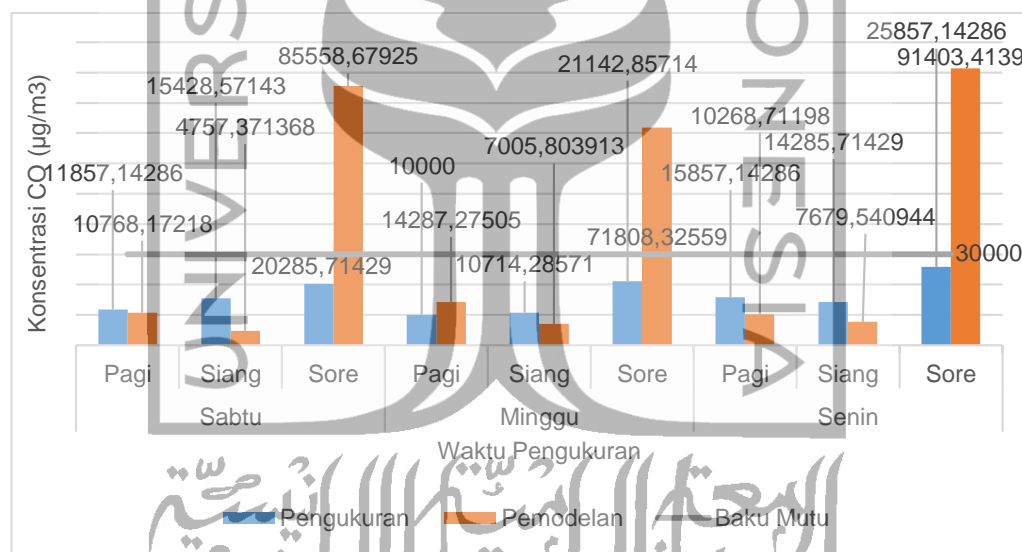
Berdasarkan Tabel 4.5, setiap harinya memiliki nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) tertinggi pada setiap sore hari, terutama pada hari Senin yang mewakili hari kerja. Hal ini disebabkan oleh laju emisi yang berbanding lurus dengan jumlah kendaraan. Sehingga, semakin tinggi jumlah kendaraan maka akan semakin tinggi laju emisi dan akan mengakibatkan konsentrasi karbon monoksida (CO) meningkat. Penentuan kelas stabilitas atmosfer juga mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pemodelan dispersi *Gaussian line source*. Hoesodo (2004) menyatakan pada siang hari radiasi matahari yang tinggi pada permukaan bumi akan memanaskan lapisan udara di atasnya. Lapisan udara yang lebih hangat ini massa jenisnya lebih rendah dibandingkan dengan lapisan udara di atasnya yang suhunya lebih rendah, sehingga menyebabkan pergerakan udara ke atas secara vertikal. Pada siang hari, udara bersifat tidak stabil dan pergerakan udara cukup tinggi. Ketidakstabilan pada siang hari lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi di pagi dan sore hari, karena pancaran sinar matahari tidak

sekuat pada siang hari. Sehingga penyebaran polutan pada siang hari lebih tinggi dari pada pagi dan sore hari, dan mengakibatkan konsentrasi karbon monoksida (CO) pada pagi dan sore hari lebih tinggi dari pada siang hari.

Jika dilihat dari Tabel 4.5, dapat diketahui nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) rata-rata di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekend* dan *weekday*. Konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat *weekend* adalah 32364,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat *weekday* adalah 36450,56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Konsentrasi karbon monoksida (CO) di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekday* lebih tinggi dari pada saat *weekend*. Hal ini diakibatkan oleh banyaknya jumlah kendaraan yang melewati ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman, yang jumlahnya lebih besar pada saat *weekday* dibanding *weekend*.

### 3.7 Perbandingan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Pengukuran dan Pemodelan

Perbandingan konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pengukuran langsung dan pemodelan *Gaussian line source* disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Perbandingan Konsentrasi CO Pengukuran dan Perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.3, dapat dilihat perbandingan konsentrasi karbon monoksida (CO) melalui pengukuran langsung dengan perhitungan pemodelan dispersi *Gaussian line source*. Konsentrasi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari perhitungan pemodelan *Gaussian line source* lebih tinggi dari konsentrasi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari pengukuran. Pada pagi dan siang hari didapatkan perbedaan yang tidak jauh berbeda konsentrasinya. Sedangkan pada sore hari terdapat perbedaan yang cukup jauh. Hal ini dapat dikarenakan pada sore hari termasuk dalam kelas stabilitas atmosfer B, yang berarti nilai koefisien dispersi vertikal menjadi kecil dan menyebabkan konsentrasi karbon monoksida (CO) pemodelan menjadi tinggi.

Setelah diketahui perbandingan karbon monoksida (CO) pada setiap waktu yang ditentukan, dapat diketahui perbandingan konsentrasi karbon monoksida (CO) saat weekday dan weekend. Perbandingan konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pengukuran langsung dan pemodelan Gaussian line source disajikan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Perbandingan Konsentrasi CO

Waktu	Konsentrasi CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Pengukuran	Pemodelan
<i>Weekday</i>	18666,67	36450,56
<i>Weekend</i>	14904,76	32364,27

Berdasarkan Tabel 4.6, terdapat perbedaan nilai konsentrasi karbon monoksida (CO) menurut pengukuran langsung dan perhitungan pemodelan dispersi Gaussian line source. Jika dibandingkan nilai yang lebih tinggi antara weekday dan weekend, keduanya menunjukkan konsentrasi karbon monoksida (CO) pada saat weekday lebih tinggi dari pada saat weekend, karena keduanya sama-sama dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang diamati. Namun, jika dibandingkan nilai yang lebih tinggi antara hasil pengukuran langsung dan hasil perhitungan pemodelan dispersi Gaussian line source, konsentrasi karbon monoksida (CO) menurut perhitungan pemodelan dispersi Gaussian line source lebih tinggi dari pada konsentrasi karbon monoksida (CO) menurut pengukuran langsung. Hal ini dikarenakan pada perhitungan menghasilkan konsentrasi karbon monoksida (CO) yang cukup jauh lebih tinggi pada sore hari, sehingga menghasilkan nilai rata-rata yang tinggi juga.

### 3.8 Uji Validasi

Hasil validasi konsentrasi karbon monoksida (CO) menggunakan pemodelan dihitung dengan persamaan (5) dan disajikan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Uji Validasi NMSE

Hari	Konsentrasi CO Pemodelan	Konsentrasi CO Pengukuran	Rerata Konsentrasi Perhitungan	Rerata Konsentrasi Pengukuran	NMSE
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Sabtu					
Pagi	10768,17	11857,14			
Siang	4757,37	15428,57			
Sore	85558,68	20285,71	33726,37	16158,73	0,57
Minggu					
Pagi	14287,28	10000,00			



Hari	Konsentrasi	Konsentrasi	Rerata	Rerata	NMSE
	CO	CO	Konsentrasi	Konsentrasi	
	Pemodelan	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Siang	7005,80	10714,29			
Sore	71808,33	21142,86			
Senin					
Pagi	10268,71	15857,14			
Siang	7679,54	14285,71			
Sore	91403,41	25857,14			

Nilai Normalized Mean Square Error (NMSE) untuk validasi hasil pemodelan disperse Gaussian line source di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman adalah sebesar 0,57. NMSE sebesar 0,57 menunjukkan bahwa nilai tersebut masuk ke dalam kriteria yaitu mendekati 0,5 dan tingkat keakuratan antara konsentrasi karbon monoksida (CO) pemodelan dan pengukuran di lapangan tinggi. Menurut Hassan (2006), nilai Normal Mean Square Error (NMSE) sekitar 0,5 menjelaskan terjadi kesesuaian antara model dengan pengukuran. Berdasarkan analisa tersebut, pemodelan Gaussian line source dapat diterapkan di ruas Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi karbon monoksida (CO) di Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman pada saat *weekday* adalah  $18666,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada saat *weekend* adalah  $14904,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jika dibandingkan, terdapat perbedaan konsentrasi karbon monoksida (CO) di Jalan Raya Solo-Yogyakarta (Pertigaan *Ringroad* Utara) Kabupaten Sleman yang menunjukkan hasil perhitungan pemodelan dispersi *Gaussian line source* lebih tinggi dari pada hasil pengukuran langsung. Menurut uji validasi *Normalized Mean Square Error*, perhitungan pemodelan *Gaussian line source* dapat diaplikasikan pada parameter karbon monoksida (CO).

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2017. *Kota Yogyakarta dalam Angka Tahun 2018*.

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.

Hoesodo, Djoko. 2004. *Permodelan Pencemaran Udara Akibat Lalu Lintas di Jalan Arteri*. Semarang.

Lakitan, B. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi. Cetakan Ke-2*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Paramitha, N. 2006. *Hubungan Volume Kendaraan Bermotor, Suhu, Kelembaban, Arah dan Kecepatan Angin dengan Konsentrasi CO di Ruang Parkir Bawah Tanah (Dalam Ruang) dan di Ruas Jalan (Luar Ruang) (Studi Kasus: Malioboro Mall, Yogyakarta)*.

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.

