



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

TINGKAT PENCEMARAN UDARA CO AKIBAT LALU LINTAS DENGAN MODEL PREDIKSI UDARA SKALA MIKRO DI JALAN SUDIRMAN JAKARTA

Fyra Catleya, Yonik Meilawati Yustiani*, Astri Widiastuti Hasbiah

Program Studi Teknik Lingkungan – Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Abstrak: Lalu lintas kendaraan merupakan salah satu sumber pencemaran udara pada suatu kota. Jakarta sebagai ibukota Indonesia berpotensi memiliki kualitas udara yang buruk akibat kegiatan lalu lintas ini. Karbon monoksida (CO) terbentuk pada pembakaran mesin kendaraan berbahan bakar minyak yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Jalan Sudirman adalah lokasi di Kota Jakarta dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh tingkat pencemaran udara dengan parameter CO hasil pemodelan prediksi pada lokasi Jalan Sudirman Jakarta tersebut. Model yang digunakan adalah model prediksi skala mikro. Sampling dilakukan untuk mengukur konsentrasi CO pada 3 kondisi kepadatan yaitu hari kerja penuh, setengah hari kerja dan hari libur. Tiap hari sampling, pengukuran dilaksanakan 3 kali untuk mewakili kondisi jam puncak di pagi hari, siang dan sore hari. Hasil penelitian dan perhitungan memperlihatkan bahwa prediksi konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan dengan pemodelan berada diantara 5364 ppm hingga 12469 ppm. Konsentrasi CO paling tinggi terprediksi pada hari Senin sore, sedangkan paling rendah terhitung pada hari Sabtu pagi. Secara umum, hasil prediksi menunjukkan bahwa konsentrasi CO di ruas Jalan Sudirman Jakarta masih memenuhi baku mutu.

Kata kunci: karbon monoksida, pencemaran udara, pencemar sumber garis

I. PENDAHULUAN

Udara merupakan media yang terhubung langsung ke tubuh manusia melalui sistem pernapasan. Udara yang seharusnya masuk ke tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya seharusnya dalam keadaan yang baik, yaitu udara yang tidak mengandung polutan (Hasbiah dkk., 2016 [1]). Namun polutan terus

dihasilkan karena aktivitas alami atau aktivitas manusia.

Sumber-sumber pencemaran udara dapat dibagi dalam dua kelompok besar, sumber alamiah dan akibat perbuatan manusia. Sumber yang diakibatkan dari proses atau kegiatan alam dapat berasal dari kebakaran hutan, kegiatan gunung berapi, dan lain-lain. Sumber pencemaran yang diakibatkan oleh manusia berasal dari sisa pembakaran bahan bakar minyak limbah industri sisa pembakaran dari gas alam, batu bara, dan minyak, dan

^{*)} yonik@unpas.ac.id

pembakaran sisa pertanian, hutan, dan sampah. Pencemaran udara yang dialami oleh perkotaan mayoritas berasal dari kegiatan manusia karena tingginya mobilitas masyarakat perkotaan.

Mobilitas memiliki arti pergerakan atau perpindahan dari satu tempat ke tempat lain. Dalam implementasinya membutuhkan alat yang dapat mendukung. Bidang yang selalu dikaitkan adalah transportasi. Proses perpindahan memerlukan sarana dan prasarana transportasi, sarana yang dimaksud adalah kendaraan sedangkan prasarana yaitu jalan dan pendukungnya (Fahmi dan Mawardi, W. H., 2007 [2]).

Kota Jakarta yang berperan sebagai Ibu Kota Indonesia memiliki jumlah kendaraan tertinggi di Indonesia. Berdasarkan BPS DKI Jakarta, jumlah kendaraan di DKI Jakarta pada tahun 2019 mencapai 22.858.744 unit atau 14,8% dari keseluruhan jumlah kendaraan di Indonesia yang berjumlah 154.376.369 unit (BPS DKI Jakarta, 2019 [3]). Kendaraan bermotor yang terus berkembang secara kuantitas dan kualitas tidak hanya memberikan manfaat, namun juga dampak buruknya yaitu polusi. Berdasarkan berbagai informasi, kendaraan bermotor menghasilkan gas-gas pencemar diantaranya karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb), dan karbon dioksida (CO₂), dari

beberapa jenis gas-gas tersebut, CO memiliki presentase paling besar, yaitu sebanyak 70-80% (Maryanto, 2009 [4]).

Salah satu langkah penting yang dilakukan dalam proses studi lingkungan adalah melakukan prediksi dampak pada suatu komponen lingkungan, model kualitas udara dipergunakan untuk mengevaluasi dampak dari sumber emisi lalu lintas terhadap kualitas lingkungan. Model menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi polutan dipengaruhi oleh banyaknya emisi yang dikeluarkan sumber. Sedangkan pada kasus jalan raya emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas (Hoesodo, 2004 [5]).

Dalam penelitian ini studi lingkungan dilakukan dengan memprediksi konsentrasi CO di udara yang dilepaskan oleh kendaraan dengan pemodelan di Jalan Jendral Sudirman Jakarta Pusat dengan beberapa pertimbangan, yaitu merupakan area perkantoran, terdapat beberapa tempat umum seperti diantaranya pusat perbelanjaan, sekolah, hotel, dan restaura. Pada jalan tersebut memiliki 2 arus berbeda sehingga menjadi akses ke berbagai tujuan yang menjadikan volume kendaraan tinggi. Selain itu pada jalan tersebut jenis kendaraan bervariasi sehingga dapat merepresentasikan jumlah polutan yang dikeluarkan oleh jenis kendaraan yang berbeda-beda. Pada Jalan

Jenderal Sudirman Jakarta belum ada penelitian yang menunjukkan tingkat konsentrasi CO, maka dilakukan penelitian ini.

II. METODOLOGI

2.1 Lokasi

Lokasi penelitian yaitu di Jalan Sudirman Jakarta Selatan. Penentuan titik pengamatan diawali dengan melihat kondisi lalu lintas melalui situs www.tomtom.com, yaitu laman yang navigasi perjalanan yang juga memperlihatkan kondisi kepadatan lalu lintas. Tahap selanjutnya adalah mendatangi beberapa lokasi yang telah ditentukan dari situs tersebut untuk menganalisis kelebihan dan kekurangan lokasi tersebut apabila dijadikan lokasi penelitian.

Penentuan lebih detil tempat pengamatan dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Jalan tersebut tidak berbelok-belok, sehingga kecepatan kendaraan konstan;
2. Jalan memiliki 2 arah yang menjadi akses ke berbagai tujuan yang menjadikan volume kendaraan besar. Meskipun 2 arah, jalan tersebut hanya memiliki 2 jalur, sehingga pengamatan lebih terfokus. Jalan tersebut merupakan daerah sibuk karena memiliki banyak gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, rumah sakit, sarana olahraga, dan universitas.

Pengamatan dilakukan dari jembatan penyeberangan yang berada di depan Indofood tower. Berdasarkan suvey lokasi, area ini memiliki volume kendaraan yang besar serta kecepatan yang rendah. Panjang jalan sebagai objek penelitian diambil 35m (garis biru pada Gambar 1).



Gambar 1.

Lokasi Penelitian (<https://rb.gy/8ae6ba>, diakses September 2020)

2.2 Pengumpulan data

Dalam Penelitian ini terdapat dua jenis data yang dibutuhkan, yaitu data primer dan data sekunder.

- Data primer meliputi pengumpulan data volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, kelembapan udara, suhu udara, kecepatan angin, dan radiasi sinar matahari.
- Data Sekunder meliputi gambaran umum Jl. Jenderal Sudirman, data BPS Provinsi DKI Jakarta, studi literatur serta artikel-

artikel ilmiah terkait pencemaran udara dan model-model pencemaran udara.

2.3 Pelaksanaan Sampling

Metode pengukuran volume lalu lintas yang akan dilakukan ini sebelumnya pernah dilakukan Sengkey dkk. pada tahun 2011 di ruas jalan Sam Ratulangi Manado, yaitu pengukuran dilakukan pada hari Senin sebagai representatif hari kerja, Sabtu sebagai representatif hari setengah kerja dan setengah libur, dan Minggu sebagai representatif hari libur. Penelitian dilakukan dari pukul 06.00 sampai pukul 18.00, dimana waktu penelitian dibagi menjadi 3 kategori, yaitu jam puncak pagi, jam puncak siang, dan jam puncak sore. Jam puncak menunjukkan jam pada saat kendaraan memiliki jumlah kendaraan yang paling banyak. Jam puncak akan menunjukkan konsentrasi CO tertinggi pada hari penelitian. Jam puncak pagi dipilih dari pukul 06.00-10.00, jam puncak siang dipilih dari pukul 10.01-14.00, jam puncak sore dipilih dari pukul 14.01-18.00.

Pengukuran jumlah kendaraan dilakukan manual dengan menggunakan alat hitung manual. Dikarenakan adanya dua jalur dengan arah berbeda yang memiliki karakter lalu lintas berbeda, maka pengukuran volume lalu lintas dilakukan per jalur, dan dibutuhkan masing-masing 1 orang dalam proses pengukuran. Untuk melengkapi pengamatan, pengamat membawa 3 alat hitung manual

(masing-masing untuk menghitung kendaraan roda empat, kendaraan roda di atas empat, dan sepeda motor), serta formulir untuk mencatat jumlah kendaraan masing-masing jenis setiap 1 jam pengukuran kecepatan kendaraan dan pengukuran parameter udara ambien.

Pengambilan data kecepatan yang dilakukan hanya pada jam puncak yang telah diperoleh di tahap pertama, dengan menghitung kecepatan masing-masing jenis kendaraan setiap 10 menit dalam satu jam, sehingga didapat 6 sampel untuk masing-masing jenis kendaraan (diasumsikan kondisi lalu lintas berubah tiap 10 menit, sehingga didapat kecepatan rata-rata yang menggambarkan kondisi lalu lintas dalam jam puncak tersebut).

Pengamatan dilakukan pada jam puncak dengan mengukur kecepatan kendaraan, mengukur suhu, kelembapan udara, kecepatan angin, konsentrasi CO dan mencatat stabilitas atmosfer.

Metode yang digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan adalah dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sampel untuk menempuh jarak 35 m (objek penelitian), kemudian kecepatan akan dihitung dengan persamaan (1).

$$V = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Dimana s adalah jarak (meter), t adalah waktu (detik), dan V adalah kecepatan (m/dtk).

Kemudian pengukuran kelembapan udara dan suhu menggunakan higrometer yang juga memiliki fitur pengukur suhu, pengukuran kecepatan angin dengan anemometer.

Stabilitas atmosfer ditentukan berdasarkan kecepatan angin yang didapat lalu disesuaikan dengan radiasi matahari pada jam puncak dengan keterangan sebagai berikut (Permatasari A.A.I, 2014 [6]; Tjasyono, B. H. K., 2009 [7]):

1. “*Strong*” merupakan kondisi saat langit cerah tidak berawan.
2. “*Moderate*” merupakan kondisi saat awan sedikit menutup langit.
3. “*Slight*” merupakan kondisi saat sebagian besar langit tertutup awan atau mendung.

Kemudian data angin dan radiasi matahari disesuaikan dengan klasifikasi stabilitas atmosfer yang dibuat oleh Pasquill, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Klasifikasi Stabilitas Atmosfer (Pasquill 1961 dalam Chapman 2017 [8])

Kecepatan Angin (m/dtk)	Radiasi Matahari			Kondisi Malam Hari	
	Kuat	Moderat	Ringan	Thin Overcast atau 4/8 awan rendah	<= 4/8 berawan
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

2.4 Pengolahan Data dan Analisis

Pada penelitian ini, model yang dipakai adalah model dispersi Gaussian yang telah dimodifikasi untuk mencari konsentrasi CO dari kendaraan atau sumber bergerak. Modifikasi rumus yang sesuai untuk sumber pencemar garis yang berada di permukaan tanah dapat dilihat pada persamaan (2) berikut

$$C(x, 0, 0; 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_z \sigma_y \mu} \quad (2)$$

Untuk menghitung konsentrasi CO (C) dari persamaan tersebut, perlu mencari nilai laju emisi (Q), koefisien dispersi arah sumbu Z (σ_z), koefisien dispersi arah sumbu Y (σ_y), dan kecepatan angin (μ).

Untuk mencari nilai Q yang tertulis pada persamaan (3), dibutuhkan nilai n atau jumlah kendaraan dan nilai q atau laju emisi. Jumlah kendaraan per satuan waktu (n) diambil dari jumlah kendaraan pada jam puncak, untuk ketiga kategori jenis kendaraan akan dinormalisasikan dengan faktor pengali emisi CO pada Tabel 3. Kemudian laju emisi (q) dihitung dengan menggunakan persamaan (4) (Departemen Pekerjaan Umum, 1999 [9]).

$$Q = n \times q \quad (3)$$

$$q = 867,92 \times V^{-0,8648} \quad (4)$$

Dimana Q adalah Kekuatan Emisi (gr/dtk atau gr/dtk.m), n adalah jumlah kendaraan per detik.

Tabel 3.
Faktor Pengali untuk Menormalisasi Volume Kendaraan menjadi Satuan Mobil Penumpang per Satuan Waktu [9]

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,60	0,60
Kendaraan Penumpang	1	0,76	0,80	0,76
Kendaraan Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Penghitungan dispersi (σ_z dan σ_y) menggunakan persamaan (5) dan (6) [9].

$$\sigma_z = cx^d + f \tag{5}$$

$$\sigma_y = ax^{0,8} \tag{6}$$

Nilai konstanta a, c, d, dan f ditentukan berdasarkan stabilitas atmosfer dikaitkan dengan jarak reseptor (x_f). Nilai konstanta tersebut dirumuskan oleh D.O Martin berdasarkan beberapa rangkaian percobaan, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

Nilai konstanta a, c, d, dan f untuk menghitung σ_y dan σ_z sebagai fungsi dari jarak (Martin 1976 dalam Cooper dan Alley, 1994 [10])

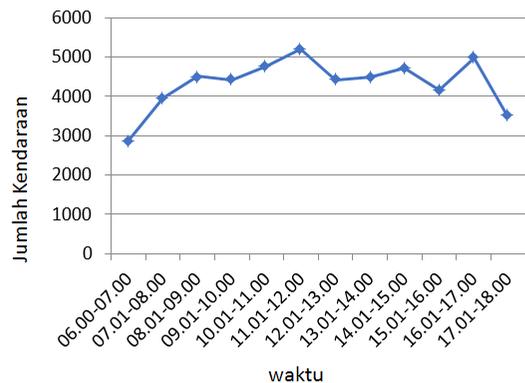
Kelas Stabilitas	X<1 km				X>1km		
	a	C	d	F	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	100,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2
C	104	61	0,911	0	61	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13
E	50,5	22,8	0,678	1,3	55,4	0,305	-34
F	34	14,35	0,74	-0,35	62,6	0,18	-48,6

Setelah konsentrasi CO didapatkan dari persamaan (2), konsentrasi CO dibandingkan dengan baku mutu udara ambien nasional berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999. Selain itu, konsentrasi yang didapatkan dari pemodelan dibandingkan lagi dengan konsentrasi CO yang diukur oleh CO meter, untuk mengetahui presentase konsentrasi CO di udara yang dihasilkan oleh kendaraan di lokasi penelitian.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas pada hari Senin yang mewakili hari kerja dapat dilihat pada Gambar 2.

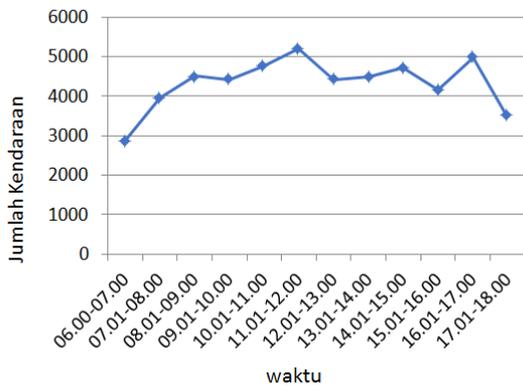


Gambar 2.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Senin

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui jam puncak pagi terjadi pada pukul 08.01-09.00 dengan jumlah kendaraan 9199, jam puncak siang terjadi pada pukul 11.01-12.00 dengan jumlah kendaraan 8426, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.01-17.00 dengan jumlah

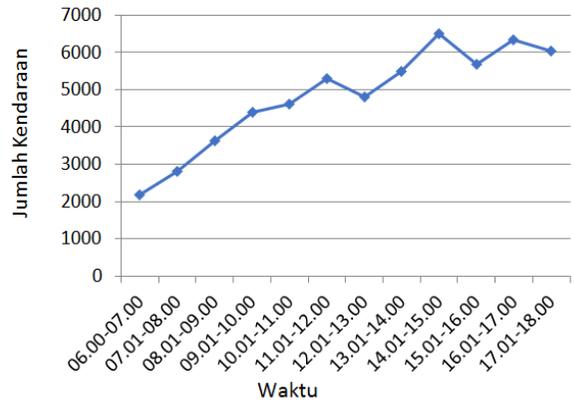
kendaraan 8930. Kepadatan yang terjadi di hari Senin diakibatkan tingginya aktivitas masyarakat yang terjadi pada hari kerja, terlihat pada jam puncak pagi dan jam puncak siang dengan volume lalu lintas yang tinggi karena pada jam tersebut terjadi aktivitas pergi dan pulang kerja.



Gambar 3.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Sabtu

Volume kendaraan dihari Sabtu yang mewakili hari saat kegiatan setengah hari kerja dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar di atas menunjukkan jam puncak pagi terjadi pada pukul 08.01-09.00 dengan jumlah kendaraan 4507, jam puncak siang terjadi pada pukul 11.01-12.00 dengan jumlah kendaraan 5200, dan jam puncak sore terjadi pada pukul 16.01-17.00 dengan jumlah kendaraan 4974. Volume kendaraan pada hari Sabtu lebih sedikit dibandingkan volume lalu lintas pada hari Senin, karena tidak banyak orang yang bekerja pada hari Sabtu sehingga sedikitnya aktivitas lalu lintas.



Gambar 4.

Grafik Jumlah Kendaraan Total Pada Hari Minggu

Gambar 4 di atas menunjukkan volume lalu lintas pada hari Minggu yang mewakili hari libur. Dari pengamatan, didapat jam puncak pagi pada pukul 09.01-10.00 dengan jumlah kendaraan 4395, jam puncak siang pada pukul 13.01-14.00 dengan jumlah kendaraan 5496, dan jam puncak sore pada pukul 14.01-15.00 dengan jumlah kendaraan 6494.

Kecilnya volume lalu lintas pada hari Minggu pagi dikarenakan adanya *Car Free Day* (CFD) dilaksanakan di Jl. Jenderal Sudirman setiap hari Minggu pukul 06.00-10.00. Dikarenakan adanya pandemi Covid 19, maka CFD hanya memakai setengah jalan di tiap jalurnya, sebagian lain dipakai untuk jalur kendaraan.

Langkah selanjutnya adalah menormalisasi jumlah kendaraan yang dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan/dtk dengan

faktor pengali emisi CO yang dapat dilihat pada Tabel 3 untuk menjadi satuan mobil penumpang per satuan waktu (smp/dtk). Dari hasil perkalian tersebut, didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Normalisasi Kendaraan Penumpang

Waktu	Hasil Normalisasi Kendaraan (smp/dtk) (Arah Utara)			Hasil Normalisasi Kendaraan (smp/dtk) (Arah Selatan)		
	Roda 2	Roda 4	Roda >4	Roda 2	Roda 4	Roda >4
	Senin					
pagi	0,566	0,851	0,057	0,262	0,284	0,021
siang	0,440	0,662	0,044	0,265	0,471	0,021
sore	0,491	0,837	0,044	0,228	0,99	0,047
Sabtu						
pagi	0,193	0,209	0,040	0,238	0,296	0,030
siang	0,105	0,337	0,044	0,241	0,494	0,028
sore	0,095	0,328	0,046	0,215	0,510	0,027
Minggu						
pagi	0,228	0,224	0,030	0,222	0,214	0,032
siang	0,208	0,467	0,037	0,163	0,405	0,033
sore	0,300	0,485	0,034	0,174	0,497	0,030

3.2 Laju Emisi

Data kecepatan dibutuhkan untuk menghitung laju emisi. Cara mendapatkan data kecepatan adalah dengan mengukur waktu yang dibutuhkan kendaraan dalam menempuh 35 m panjang jalan. Data kecepatan yang diukur dilapangan memiliki satuan m/dtk, kemudian diubah ke km/jam. Hasil konversi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.

Kecepatan Kendaraan (V)

Waktu	Kecepatan (km/jam) (Arah Utara)			Kecepatan (km/jam) (Arah Selatan)		
	Roda 2	Roda 4	Roda >4	Roda 2	Roda 4	Roda >4
	Senin					
pagi	97,17	97,93	77,38	92,53	39,21	60,43
siang	88,11	76,52	61,76	82,62	86,62	63,00
sore	45,96	29,02	34,95	66,78	80,77	64,07
Sabtu						
pagi	105,88	119,06	93,91	102,16	72,28	86,80
siang	84,28	80,17	76,44	72,28	69,04	57,14
sore	90,65	84,94	69,61	79,75	71,25	55,26
Minggu						
pagi	81,64	81,91	70,06	95,33	97,93	70,65
siang	79,75	96,43	64,78	77,38	84,38	61,87
sore	64,89	77,54	54,39	79,08	97,55	60,11

Setelah mengubah satuan kecepatan, lalu dilanjutkan dengan menghitung laju emisi (q) menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan laju emisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 7. Dari hasil perkalian tersebut dapat diketahui bahwa laju emisi tertinggi rata-rata terdapat di hari Senin sore di jalur arah utara. Jika dilihat dari kecepatan, kecepatan kendaraan di hari Senin sore di jalur arah utara memiliki kecepatan yang lebih rendah untuk tiap jenis kendaraannya dibanding dengan waktu lain.

Tabel 7.
Laju Emisi (qCO)

Waktu	qCO (gr/km) (Arah Utara)			qCO (gr/km) (Arah Selatan)		
	Roda	Roda	Roda	Roda	Roda	Roda
	2	4	>4	2	4	>4
Senin						
pagi	16,58	16,47	20,19	17,30	36,35	25,01
siang	18,05	20,39	24,54	19,08	18,30	24,12
sore	31,69	47,15	40,15	22,94	19,46	23,77
Sabtu						
pagi	15,40	13,91	17,08	15,88	21,42	18,28
siang	18,75	19,58	20,41	21,42	22,29	26,25
sore	17,61	18,63	22,13	19,67	21,69	27,02
Minggu						
pagi	19,28	19,22	22,00	16,86	16,47	21,84
siang	19,67	16,69	23,55	20,19	18,74	24,50
sore	23,51	20,16	27,39	19,82	16,53	25,12

3.3 Kekuatan Emisi

Kekuatan emisi (Q) dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan yang telah dinormalisasi menjadi satuan mobil penumpang per satuan waktu dengan laju emisi (q). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil perkalian tersebut nilai kekuatan emisi terbesar terdapat di hari senin sore arah utara, dan kekuatan emisi terkecil pada hari Sabtu pagi arah utara. Hal ini sebanding dengan laju emisi yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 8.
Kekuatan Emisi (Q)

Waktu	Q (gr/dtk) (Arah Utara)				Q (gr/dtk) (Arah Selatan)			
	Roda	Roda	Roda	Q	Roda	Roda	Roda	Q
	2	4	>4	total	2	4	>4	total
Senin								
pagi	9,38	14,02	1,15	24,55	4,53	10,32	0,53	15,38
siang	7,94	13,50	1,08	22,52	5,06	8,62	0,51	14,18
sore	15,56	39,46	1,77	56,79	5,23	19,27	1,12	25,61
Sabtu								
pagi	2,97	2,91	0,68	6,56	3,78	6,34	0,55	10,67
siang	1,97	6,60	0,90	9,47	5,16	11,01	0,74	16,91
sore	1,67	6,11	1,02	8,80	4,23	11,06	0,73	16,02
Minggu								
pagi	4,40	4,31	0,66	9,36	3,74	3,52	0,70	7,97
siang	4,09	7,79	0,87	12,76	3,29	7,59	0,81	11,69
sore	7,05	9,78	0,93	17,76	3,45	8,22	0,75	12,42

3.4 Dispersi

Dalam menentukan Kelas Stabilitas Atmosfer, diperlukan data radiasi matahari dan kecepatan angin pada saat pengamatan. Data kecepatan angin diperoleh dengan pengukuran menggunakan anemometer.

Data kecepatan angin digunakan untuk menentukan kelas stabilitas atmosfer yang dicocokkan dengan kondisi radiasi matahari pada saat pengamatan. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9.
Stabilitas Atmosfer

Waktu	Radiasi	Kecepatan Angin	Kelas Stabilitas Atmosfer
	Matahari	(m/dtk)	
Senin			
pagi	strong	1,8	A
siang	moderate	1,8	A-B
sore	strong	1,6	A
Selasa			
pagi	moderate	1,1	A-B
siang	moderate	2,1	B
sore	moderate	2	B
Rabu			
pagi	slight	1,2	B
siang	slight	1,8	B
sore	moderate	1,4	A-B

Tabel 10.
Standar Deviasi Sebaran pada Arah z dan y

Kelas Stabilitas	x<1 km				σ_x	σ_y
	a	C	d	F		
A	213	440,8	1,941	9,27	27,188	24,009
B	156	100,6	1,149	3,3	19,912	17,580
A-B					23,550	20,797

3.5 Prediksi Konsentrasi Polutan

Perhitungan prediksi konsentrasi CO dengan persamaan dispersi Gaussian dapat dilakukan karena telah didapatkan data-data yang dibutuhkan, yaitu data kecepatan angin, data standar deviasi sebaran arah z dan y, dan data kekuatan emisi. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.

Hasil Perhitungan Konsentrasi CO dengan Persamaan Gaussian

Waktu	Utara	Selatan	C Total ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Senin			
pagi	6658	4169	5700
siang	7571	5099	6576
sore	14788	4090	12469
Sabtu			
pagi	3826	6299	5364
siang	4103	7323	6166
sore	3797	7288	6091
Minggu			
pagi	7108	4320	5826
siang	6448	5914	6181
sore	8244	8062	8152

Konsentrasi CO dari hasil pemodelan dengan menggunakan persamaan dispersi Gaussian diatas masih dipisah dalam 2 kategori, yaitu konsentrasi CO dari kendaraan menuju utara dan konsentrasi CO dari kendaraan menuju arah selatan. Proses perhitungan ini dipisahkan berdasarkan jalur, karena karakter lalu lintas yang berbeda tiap jalur, dari segi kecepatan kendaraan maupun volume lalu lintas. Untuk mendapatkan nilai pencampuran konsentrasi CO dari kedua jalur, maka digunakanlah Persamaan (7) berikut.

$$C = \frac{Q_i \text{ utara} \times C_i \text{ utara} + Q_i \text{ selatan} \times C_i \text{ selatan}}{Q_i \text{ utara} + Q_i \text{ selatan}} \quad (7)$$

Dimana: C adalah konsentrasi CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Q adalah kekuatan emisi (gr/dtk), dan i adalah waktu pengamatan.

Dari data prediksi konsentrasi CO, konsentrasi tertinggi didapat pada hari Senin sore sebesar 12469 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal tersebut dikarenakan besarnya volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang relatif rendah. Apabila dibandingkan dengan kendaraan pada hari Senin pagi, jumlah kendaraan pada hari Senin sore lebih sedikit, namun kecepatan kendaraan pada Senin pagi lebih tinggi. Oleh karena itu, kecepatan sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi CO yang dikeluarkan oleh kendaraan. Hari kerja memberikan kepadatan lalu lintas yang lebih tinggi dibandingkan dengan hari libur, dan kondisi sore hari memperlihatkan kondisi kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pagi hari karena rentang waktu yang pendek bagi pekerja untuk pulang dari tempat kerja menuju ke rumah (Wahyuni dkk., 2019 [11])

Hari Sabtu pagi merupakan kondisi lalu lintas dengan nilai konsentrasi CO paling rendah, meskipun volume kendaraan lebih tinggi dibandingkan dengan hari Minggu pagi. Kondisi ini disebabkan oleh rendahnya kecepatan kendaraan di hari Minggu pagi akibat adanya CFD dan tingginya kecepatan kendaraan pada hari Sabtu pagi, hal ini juga menunjukkan bahwa kecepatan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi CO yang dikeluarkan. CFD mereduksi emisi sebesar 60,4% (Indria dan Ali, 2015 [12]).

Selain memprediksi konsentrasi CO dengan persamaan dispersi Gaussian, dilakukan juga pengukuran udara ambien menggunakan CO meter. Hasil pengukuran dengan CO meter dapat dilihat pada Tabel 12 Beserta presentase selisihnya, cara menghitung presentase selisihnya adalah dengan menggunakan Persamaan (8).

$$E = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana E adalah selisih hitung data hasil pengukuran dan data hasil pemodelan, a adalah data hasil pengukuran lapangan, dan b adalah data hasil perhitungan dengan pemodelan (Fu'adah dkk., 2018 [13]).

Tabel 12.
Perbandingan Konsentrasi Hasil Pemodelan dengan Pengukuran Udara Ambien

Waktu	Konsentrasi hasil model (ppm)	Konsentrasi hasil pengukuran (ppm)	Selisih	
			ppm	(%)
Senin				
pagi	4.99	4.00	0.99	24.75
siang	5.75	5.00	0.75	15.00
sore	10.91	9.00	1.91	21.22
Sabtu				
pagi	4.69	4.00	0.69	17.25
siang	5.40	5.00	0.40	8.00
sore	5.33	5.00	0.33	6.60
Minggu				
pagi	5.10	5.00	0.10	2.00
siang	5.42	5.00	0.42	8.40
sore	7.15	7.00	0.15	2.14

Presentase selisih antara pengukuran udara ambien menggunakan CO meter dengan hasil pemodelan cukup tinggi, yaitu antara 2%-25%, dimana keseluruhan data hasil perhitungan memiliki nilai yang lebih tinggi. Pada kondisi ini banyak hal yang mempengaruhi, yaitu:

1. Alat CO meter tidak memiliki detail desimal, sehingga tidak dapat menunjukkan angka desimalnya.
2. Data kecepatan kendaraan yang kurang menunjukkan kondisi lalu lintas.
3. Perbedaan data kecepatan angin yang diperoleh untuk perhitungan dengan kecepatan angin yang saat dilakukan pengukuran udara ambien.
4. Stabilitas atmosfer yang ditentukan kurang tepat, karena berpengaruh terhadap penentuan nilai σ_y dan σ_z .

Secara keseluruhan, konsentrasi karbon monoksida yang terukur dan terhitung di Jalan Sudirman Jakarta pada saat penelitian ini masih memenuhi baku mutu. Hal ini diperlihatkan dari nilai karbon monoksida yang masih di bawah konsentrasi maksimum yang ditetapkan dalam baku mutu sebesar 30000 ppm.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya:

1. Prediksi konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan dengan pemodelan berada diantara 5364 ppm hingga 12469 ppm.
2. Konsentrasi CO paling besar terdapat pada hari Senin Sore, dan paling kecil pada hari sabtu pagi
3. Besarnya volume lalu lintas mempengaruhi nilai konsentrasi CO yang dihasilkan, namun kecepatan juga berperan besar. Dapat dilihat bahwa volume kendaraan pada hari Senin pagi merupakan volume lalu lintas terbesar, namun konsentrasi CO pada hari Senin sore lebih besar karena kecepatan kendaraan yang relatif lebih pelan.
4. Konsentrasi CO yang dihasilkan oleh kendaraan di Jl. Jenderal Sudirman tidak melampaui baku mutu udara ambien, yaitu 30000 ppm.
5. Presentase selisih konsentrasi CO dari hasil pemodelan dengan pengukuran udara ambien berkisar 2% hingga 25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasbiah, A.W., Mulyatna, L., Musaddad, F. 2016. Studi Identifikasi Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Pada Area Parkir (Studi Kasus Kampus Universitas Pasundan Bandung). *Jurnal Infomatek*, Vol. 18(1), pp. 49-56.

- [2] Fahmi, M. I., Mawardi, W. H., 2007. Analisis Tingkat Kebutuhan Bis Sekolah di Kota Semarang (studi kasus: SMU Ksatrian / SMP 1 Ksatrian, SMPN 3 Semarang, SMPN 32 Semarang, SD Santo Yusuf, dan SMA Sedes Sapientiae / SMP Maria Mediatrix) <http://eprints.undip.ac.id/34218/>, diakses 7 Februari 2020
- [3] BPS DKI Jakarta, 2019, *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis*.
- [4] Maryanto, D., 2009 Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor di Yogyakarta, *Jurnal KES MAS*, Vol. 3, No. 3, 162-232, Yogyakarta
- [5] Hoesodo, D., 2004, Permodelan Pencemaran Udara Akibat Lalu Lintas di Jalan Arteri (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta di KotaBandung), *Tesis*, Univeritas Diponegoro, Semarang
- [6] Permatasari A.A.I. 2014. Analisis Pemetaan Kualitas Udara Ambien Menggunakan Perangkat Lunak ARCGIS 10 dan Model Dispersi Gauss (Studi Kasus Kawasan Bukin Semarang Baru Kecamatan Mijen, Kota Semarang), *Tesis*, Semarang. http://eprints.undip.ac.id/43667/3/BAB_II.pdf diakses 2 Oktober 2020
- [7] Tjasyono, B. H. K., 2009, *Meteorologi Indonesia Volume I*, BMKG, Jakarta. <https://staklimjogja.files.wordpress.com/2017/02/meteo-indonesia-i.pdf> diakses: 2 Oktober 2020
- [8] Chapman, H. L., 2017, Performance Test of the Pasquill Stability Classification Scheme, *thesis*, Milwaukee: University of Winsconsin Milwaukee.
- [9] Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas*, Mediatama Saptakarya, Jakarta
- [10] Cooper, D dan Alley, F. 1994. *Air Pollution Control. A Design Approach. Secound Edition*. Waveland press Inc. USA.
- [11]Wahyuni, S., Yustiani, Y.M., Juliandahri, A. 2019. Analisis Tingkat Kebisingan Lalu Lintas di Jalan Cihampelas dan Jalan Sukajadi Kota Bandung. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*. Vol. 2(1), pp. 9-12.
- [12]Indria, Ali, M. 2015. Pengaruh Program Car Free Day terhadap Penurunan Beban Pencemar CO dan NO2. *Envirotek Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol. 7(2), pp. 68-74.
- [13]Fu'adah, L.N., Ariyanto, A.D.P., Samsuri, H.H., Nugraheni, I.R. 2018. Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer terhadap Kejadian

Hujan Lebat di Wilayah Bogor. Prosiding
Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya.

[https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article
/view/28538](https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article/view/28538), diakses Mei 2021.