

## Analisis Polusi CO Menggunakan Metode MARNI Model (Studi Kasus Jl Ir. H. Juanda Bandung)

Maulina Indah Harvianti, Ervina Ahyudanari

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Email: [ervina@ce.its.ac.id](mailto:ervina@ce.its.ac.id)

Info Artikel		Abstract
Diajukan	20 Juli 2022	<i>The need to reduce emission levels in the transportation sector is a target set out in the agreement of world leaders and stated in the Paris Agreement. Jl. Ir. H. Juanda, Bandung, Indonesia became the road chosen as the study location due to the number of activity centers along the road and in the area. Jl. Ir. H. Juanda is also uphill road. The purpose of this study was to obtain an estimate of the value of emissions produced by vehicles on Jl. Ir. H. Juanda. The method used is MARNI Model. In the MARNI Model metode, heterogeneous traffic flow analysis is carried out using the variables of volume, speed, and vehicle density which is then modeled on the driving cycle pattern. The results of the analysis then obtained a prediction of moving vehicle emissions for each peak time. The total emissions quantity at the morning peak is 1.07 kg, for the midday peak time is 1.24 kg, and afternoon peak is 1.22 kg.</i>
Diperbaiki	29 Juli 2022	
Disetujui	29 Juli 2022	
<i>Keywords: transportation, vehicle pollution, MARNI Model, emissions quantity</i>		
Kata kunci: transportasi, polusi kendaraan, MARNI Model, kuantitas emisi CO		<b>Abstrak</b> Kebutuhan dalam menurunkan emisi di sektor transportasi merupakan target yang ditetapkan dalam kesepakatan pemimpin dunia dan dituangkan dalam Paris Agreement. Jl. Ir. H. Juanda, Bandung, Indonesia menjadi jalan yang dipilih sebagai lokasi studi terkait banyaknya pusat-pusat kegiatan di sepanjang jalan dan di area tersebut. Jl. Ir. H. Juanda juga merupakan jalan yang menanjak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan perkiraan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan pada Jl. Ir. H. Juanda. Metode yang digunakan adalah MARNI Model. Pada metode MARNI Model dilakukan analisis arus lalu lintas heterogen menggunakan variable volume, kecepatan, dan kepadatan kendaraan yang kemudian dilakukan pemodelan pola siklus mengemudi. Hasil dari analisis tersebut kemudian didapatkan emisi kendaraan bergerak untuk masing-masing waktu puncak. Didapatkan total kuantitas emisi CO pada waktu puncak pagi sebesar 1,07 kg, untuk waktu puncak siang sebesar 1,24 kg, dan waktu puncak sore sebesar 1,22 kg.

### 1. Pendahuluan

Transportasi sudah menjadi kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat umum. Pergerakan masyarakat sangat dipengaruhi oleh tipe kebutuhan dan lokasi pusat kegiatan. Semakin jauh masyarakat bergerak menuju suatu tempat maka perlu menggunakan moda transportasi. Pertambahan pergerakan mengakibatkan peluang kemacetan di daerah tersebut. Kecenderungan urbanisasi juga menjadi sebab peningkatan jumlah mobilitas penduduk. Selain akibat dari laju urbanisasi, pergerakan masyarakat yang semakin beragam, pergerakan pelajar dan mahasiswa, dan banyaknya wisatawan yang menuju ke daerah pusat kota tentunya akan menyebabkan peluang terjadinya kemacetan [1].

Secara geografis, Kota Bandung terletak diantara 107°36' Bujur Timur dan 6°55' Lintang Selatan dengan letak ketinggian berada di ±768 m di atas permukaan laut. Kota Bandung dikelilingi oleh pegunungan sehingga bentuk morfologi Kota Bandung seperti sebuah cekungan/mangkok. Dengan adanya kontur yang beragam di Kota Bandung akan terjadinya

perubahan kecepatan di setiap konturnya. Ketika berkendara dengan menggunakan kecepatan yang berubah-ubah akan menyebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi pada saat kondisi menanjak dan menurun [2], [3]. Pola mengemudi kendaraan merupakan karakteristik kendaraan yang mengalami situasi *idle*, percepatan, perlambatan, dan kendaraan melaju dengan kecepatan yang bervariasi. Dengan perbedaan pola mengemudi untuk setiap jenis kendaraan sehingga emisi yang dihasilkan akan berbeda-beda [4], [5].

Kendaraan secara langsung menyumbangkan sekitar 14% emisi gas rumah kaca (GRG) [6]. Dampak dari pencemaran udara berhubungan dengan COPD (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*), batuk, sesak nafas, asma, penyakit pernafasan, insufisiensi paru, penyakit kardiovaskular, dan moratilas kardiovaskular [7]. Transportasi merupakan sumber utama dari polusi udara di pusat kegiatan sehingga polutan yang dikeluarkan oleh transportasi yaitu karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan timah

hitam (Pb). Polutan yang paling banyak dihasilkan oleh kendaraan bermotor yaitu karbon monoksida (CO) [8]. Berdasarkan hasil *report* U.S. EPA [9], di perkotaan sebanyak 95% CO berasal dari gas buang kendaraan bermotor. Karbon oksida (CO) adalah zat yang tidak berasa, tidak berbau, dan gas tidak berwarna. Karbon Monoksida merupakan pembakaran tidak sempurna sehingga dapat menyebabkan efek samping jika terhirup secara berlebihan [10].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Safana dkk. [11] menunjukkan bahwa emisi kendaraan dapat dipengaruhi oleh kondisi geometrik jalan di Indonesia. Data geometrik didapatkan menggunakan metode *remote sensing* dari data *Digital Elevation Model* (DEM). Analisis tersebut dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian geometrik jalan terhadap beberapa peraturan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dong dkk. [12] menunjukkan bahwa pola arus lalu lintas sangat berdampak pada emisi karbon kendaraan. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konsumsi bahan bakar dan volume lalu lintas untuk mengeksplorasi hubungan antara pola arus lalu lintas dan emisi karbon kendaraan kemudian hasil dari penelitian tersebut yaitu emisi karbon truk dan mobil penumpang dengan VCR 0.4 hingga 0.5 didapatkan relatif kecil [12].

Dari beberapa rangkaian penelitian yang ada, Kota Bandung, khususnya jalan Ir. H Juanda menjadi lokasi yang sangat sesuai terkait geometri, volume kendaraan, dan banyaknya pusat kegiatan di sepanjang jalan tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan berdasarkan perhitungan emisi dengan menyesuaikan kondisi geometrik jalan [11] dan perhitungan emisi berdasarkan pola arus dan VCR pada kondisi lapangan [12] kemudian dipilih metode yang akan digunakan penelitian ini yaitu menggunakan MARNI Model. Dengan menggunakan metode MARNI Model dapat memprediksi besarnya emisi yang dikeluarkan berdasarkan pola siklus berkendara dan waktu tempuh kendaraan. Selain itu, tujuan penelitian ini untuk membandingkan nilai emisi yang didapatkan di lapangan dengan hasil perhitungan menggunakan MARNI Model. Waktu penelitian ini dilakukan pada saat jam puncak pagi, siang, dan sore.

## 2. Metode

### Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di Jl. Ir. H. Juanda Bandung yang terbagi dalam tujuh segmen jalan yang dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 2**. Dalam penelitian ini hal yang dilakukan pertama kali yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil dalam penelitian ini yaitu data CO yang diambil menggunakan CO meter pada

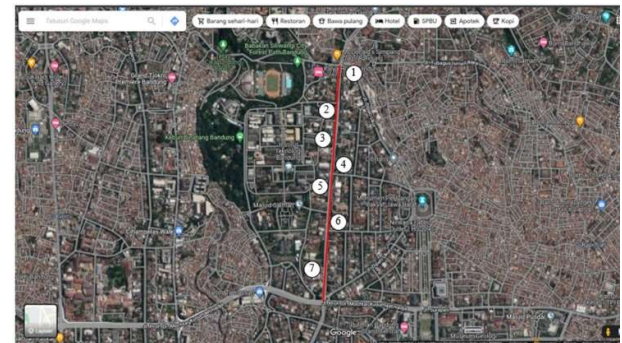
**Gambar 1** dengan lokasi tinjau pada segmen 7 yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Segmen 7 merupakan lokasi yang terpadat yang ditinjau melalui aplikasi google maps. Kemudian dilakukan perhitungan waktu tempuh kendaraan yang melaui Jl. Ir. H. Juanda setiap jam puncak. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Bandung yaitu berupa data volume kendaraan pada jam puncak, dan nilai waktu tempuh yang diperoleh menggunakan *google maps*.

**Tabel 1.** Segmen Jalan Ir. H. Juanda

No	Arah Utara – Selatan	
	Ruas Jalan	Jarak (m)
1	Pasar Simpang – Dayang Sumbi	240
2	Dayang Sumbi – Putaran Balik 1	280
3	Putaran Balik 1 – Putaran Balik 2	178
4	Putaran Balik 2 – Teuku Umar	102
5	Teuku Umar – Ganesa	250
6	Ganesa – Hasanudin	120
7	Hasanudin – Cikapayang	420



**Gambar 1.** Alat Pengukur CO (COMeter)



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian Jl. Ir. H. Juanda

### Analisis Data

Tahap analisis awal yang dilakukan yaitu menentukan lokasi terpadat yang ditinjau pada aplikasi google maps pada Jl. Ir. H. Juanda. Kemudian didapatkan lokasi terpadat pada

ruas jalan tersebut yaitu pada segmen 7 yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Setelah mengetahui lalu lintas terpadat yaitu pada segmen 7, kemudian dilakukan perhitungan waktu tempuh kendaraan yang melalui lokasi pengamatan. Perhitungan waktu tempuh kendaraan perlu dilakukan untuk mengetahui distribusi frekuensi kecepatan kendaraan yang melalui lokasi pengamatan tersebut. Pada analisis ini didapatkan data berupa volume, kecepatan, dan kepadatan kendaraan. Kemudian ketiga data tersebut dimasukkan ke dalam model hubungan antara variabel karakteristik arus lalu lintas (model V-S-D) dengan menggunakan model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood* untuk mengetahui korelasi antara variabel.

Kemudian mencari pola siklus kendaraan berdasarkan pemodelan V-S-D. Dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya [4], pola siklus terdiri dari kendaraan meluncur, mempercepat, memperlambat, dan dalam keadaan diam. Sehingga dapat dilakukan estimasi parameter dan validasi model pola siklus mengemudi pada **Tabel 2**.

Model perkiraan emisi yang dilakukan pada MARNI Model merupakan hasil dari perkalian antara jumlah kendaraan (N), faktor emisi kendaraan (EF), parameter distribusi fraksi kecepatan rata-rata (DC), dan waktu tempuh perjalanan (TT) [4] sebagaimana dapat dicari menggunakan formula pada Persamaan 1.

$$EV_{t,p} = FE_{t,p} \times DC_{t,p} \times TT_{t,p} \quad (1)$$

Dimana:

- V = Kecepatan kendaraan (km/jam)  
 DC = Fraksi kecepatan rata-rata  
 TT = Waktu tempuh (jam)

Berdasarkan Persamaan 1, perlu dilakukan perhitungan faktor emisi yang terdapat pada penelitian sebelumnya. Distribusi fraksi kecepatan rata-rata kendaraan merupakan variabel dari siklus mengemudi kendaraan (DC) yang dirumuskan seperti pada Persamaan 2.

$$DC = \beta_0 + \beta_1 V^1 + \beta_2 V^2 + \beta_3 V^3 + \beta_4 V^4 + \beta_5 V^5 + \beta_6 V^6 \quad (2)$$

Dimana:

- $\beta_0$  = Konstanta model  
 $\beta_{1-6}$  = Indeks parameter model DC

#### Uji Korelasi Data

Dalam penelitian ini dilakukan uji korelasi data untuk menentukan keakuratan antara hasil perhitungan dengan pengambilan data di lapangan. Uji korelasi ini dilakukan dengan menggunakan formula Koefisien Korelasi pada Persamaan 3 dan *Root Mean Square Error* (RMSE) pada Persamaan 4 [13]–[15].

$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x-y)^2}{n}} \quad (4)$$

Dimana:

- x = Emisi Aktual (gram/m<sup>3</sup>)  
 y = Emisi Perhitungan MARNI Model (gram/m<sup>3</sup>)  
 n = Jumlah Data

**Tabel 2.** Frekuensi Pola Distribusi Kendaraan (%)

Kecepatan Rata-Rata	Frekuensi (%)		
	Pagi	Siang	Sore
0	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00
15	0.02	0.00	0.00
20	0.18	0.10	0.13
25	0.38	0.48	0.53
30	0.15	0.38	0.30
35	0.17	0.03	0.03
40	0.08	0.00	0.00
45	0.02	0.00	0.00

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Data Primer

Data primer berupa data CO berdasarkan jam puncak pagi, siang, dan sore yang didapatkan menggunakan alat COmeter. Penentuan lokasi alat pendeteksi emisi dilakukan dengan mencari arah angin untuk mengetahui arah gerak dari emisi tersebut. Kemudian data gas CO didapatkan dalam satuan ppm atau disebut *parts per million* seperti pada **Tabel 3**.

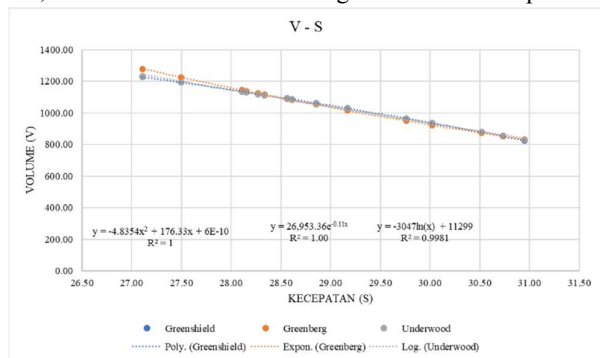
**Tabel 3.** Data CO Lapangan

Hari	Total CO Lapangan			Total CO
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore	
	ppm	Ppm	ppm	
Senin	806	404	425	1635
Rabu	387	426	462	1275
Jum'at	666	314	496	1476

#### Pembuatan Model

Dalam penelitian ini digunakan data volume kendaraan dan waktu tempuh yang diambil pada jam puncak pagi, siang, dan sore selama 3 hari pengamatan. Hasil dari volume kendaraan dan waktu tersebut kemudian didapatkan kepadatan yang terjadi pada lokasi pengamatan. Setelah data-data tersebut sudah dikumpulkan kemudian dilakukan pemodelan V-S-D untuk menentukan hubungan lalu lintas heterogen.

Model V-S-D yang dilakukan yaitu menghubungkan antara kecepatan dengan kepadatan (V-S), volume dengan kepadatan (V-D), dan volume dengan kecepatan (V-S). Dari 3 hubungan tersebut kemudian dilakukan regresi untuk mengetahui variabel tersebut saling berkorelasi. Untuk model *greenshield* regresi yang digunakan yaitu regresi linear, untuk model *greenberg* dilakukan menggunakan regresi logaritma, dan model *underwood* menggunakan regresi eksponensial. Persamaan dari ketiga model didapatkan dengan menggunakan lalu lintas kondisi eksisting yang akan disajikan pada **Gambar 3** untuk hubungan kecepatan dan volume, **Gambar 4** untuk hubungan kepadatan dan kecepatan, dan **Gambar 5** untuk hubungan volume dan kepadatan.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Kecepatan dan Volume Kendaraan

Dari hasil ketiga variabel tersebut dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel saling berkorelasi dikarenakan koefisien determinasi lebih besar dari 0,6 untuk ketiga model. Sehingga karakteristik lalu lintas pada kondisi eksisting yaitu lalu lintas heterogen.

Berdasarkan dari ketiga model tersebut kemudian didapatkan pola siklus mengemudi yang terdapat pada **Tabel 2**. Hasil dari pola siklus mengemudi kemudian digunakan untuk mengetahui distribusi kecepatan rata-rata kendaraan yang melewati lokasi penelitian.

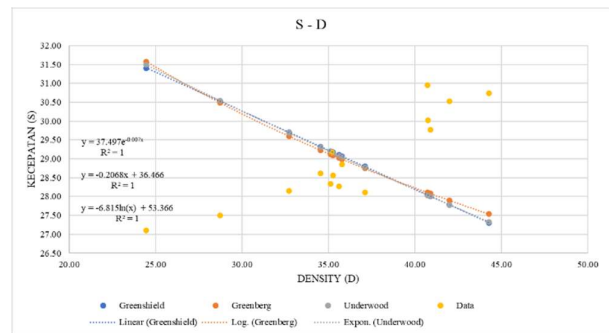
*Prediksi Kuantitas Emisi Menggunakan MARNI Model*

Untuk memprediksi emisi kendaraan menggunakan MARNI Model [4], dibutuhkan data-data hasil analisis yang sudah didapatkan sebelumnya seperti analisis distribusi kecepatan rata-rata (DC), jumlah kendaraan (N), faktor emisi (EF), dan waktu tempuh perjalanan (TT). Faktor emisi yang digunakan yaitu sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan pada penelitian sebelumnya yang akan disajikan pada **Tabel 4** untuk gas CO, **Tabel 5** untuk gas CO<sub>2</sub>, dan **Tabel 6** untuk emisi NO<sub>x</sub>. Sebelum melakukan prediksi kuantitas emisi CO perunit kendaraan, perlu dilakukan

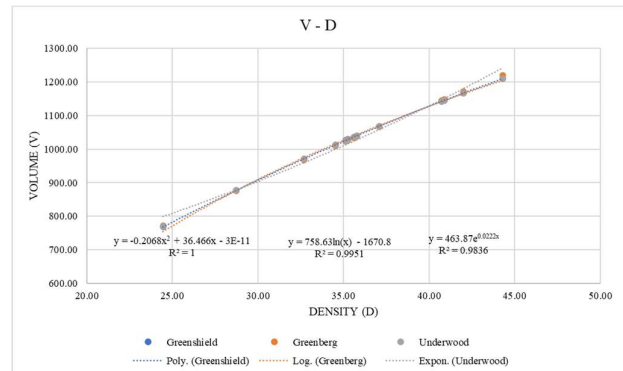
perhitungan waktu tempuh yang ditinjau sesuai dengan lokasi antar segmen yang akan disajikan pada **Tabel 7**.

**Tabel 4.** Parameter Model Faktor gas CO

No.	Tipe Kendaraan		Parameter Model Emisi CO			
	Fuel	Exhaust	$\beta_3$	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_0$
1.	M. P. Fuel Injection	Euro 3	0.00	0.040	1.577	-10.301
2.	M. P. Fuel Injection	Euro 4	0.00	0.014	0.568	-3.713



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Kendaraan



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan Kendaraan

**Tabel 5.** Parameter Model Faktor Emisi CO<sub>2</sub>

No.	Tipe Kendaraan		Parameter Model Emisi CO <sub>2</sub>			
	Fuel	Exhaust	$\beta_3$	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_0$
1.	M. P. Fuel Injection	Euro 3	-0.03	3.02	54.73	1072.3
2.	M. P. Fuel Injection	Euro 4	-0.04	3.16	57.09	1118.5

**Tabel 6.** Parameter Model Faktor Emisi NO<sub>x</sub>

No.	Tipe Kendaraan		Parameter Model Emisi NO <sub>x</sub>			
	Fuel	Exhaust	$\beta_3$	$\beta_2$	$\beta_1$	$\beta_0$
1.	M. P. Fuel Injection	Euro 3	0.0	-0.003	0.114	1.598
2.	M. P. Fuel Injection	Euro 4	0.0	-0.003	0.090	1.263

**Tabel 7.** Waktu Tempuh (TT) Setiap Segmen Arah Utara-Selatan

No.	Waktu Tempuh (Jam)		
	Pagi	Siang	Sore
1	0.0167	0.0167	0.0167
2	0.0167	0.0167	0.0167
3	0.0167	0.0167	0.0167
4	0.0167	0.0167	0.0167
5	0.0167	0.0167	0.0167
6	0.0167	0.0167	0.0167
7	0.0333	0.0500	0.0467

Waktu tempuh tertinggi yang didapatkan pada arah Utara-Selatan didapatkan pada segmen 7 yaitu pada jam puncak siang. Hasil dari waktu tempuh tertinggi kemudian digunakan untuk memprediksi jumlah kuantitas gas emisi yang akan dikeluarkan perunit kendaraan pada **Tabel 9**. Hasil emisi CO yang didapatkan pada jam puncak siang didapatkan sebesar 1.755 gram per unit kendaraan.

Untuk mengetahui kuantitas emisi CO di sepanjang lokasi penelitian, perlu dilakukan perkalian volume kendaraan yang melalui lokasi penelitian yang terdapat pada **Tabel 10**. Berdasarkan data volume kendaraan eksisting, didapatkan hari puncak yang terjadi yaitu pada hari Senin. Sehingga perhitungan perkiraan emisi menggunakan data volume kendaraan pada hari puncak dan jam puncak yang akan disajikan pada **Tabel 10**.

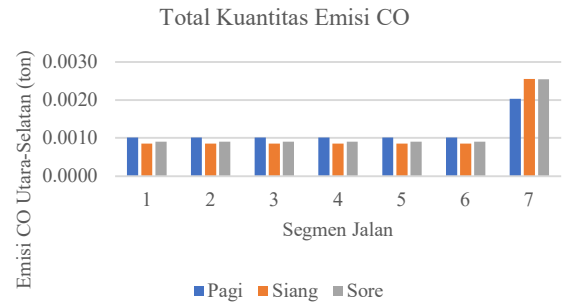
Berdasarkan perhitungan kuantitas emisi CO dengan volume kendaraan sebesar 2358 didapatkan total emisi CO yang dihasilkan dalam waktu tempuh 0.05 jam yaitu sebesar 2554.567 ton. Kemudian dilakukan perhitungan kuantitas yang dikeluarkan oleh kendaraan selama jam puncak pagi, siang, dan sore yang akan disajikan pada **Gambar 5** hingga **Gambar 7**.

*Uji Korelasi Data Lapangan dengan Menggunakan MARNI Model*

Setelah melakukan prediksi tingkat emisi, kemudian akan dilakukan uji korelasi antara data lapangan dengan perhitungan MARNI Model. Uji korelasi ini dilakukan dengan menggunakan formula dari Persamaan 3 untuk mendapatkan nilai R yang akan disajikan pada **Tabel 12** dan

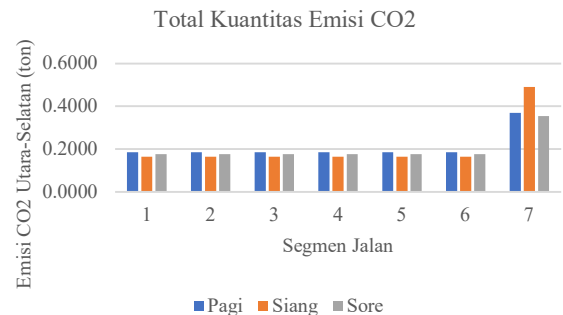
menggunakan *root mean square error* (RMSE) pada Persamaan 4 untuk mengetahui besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi yang akan disajikan pada **Tabel 13**.

Hasil uji korelasi untuk data emisi CO lapangan dan perhitungan MARNI Model didapatkan nilai R yaitu sebesar 0.9886 sehingga tingkat korelasi antara data aktual lapangan dan perhitungan sangat kuat dikarenakan nilai R mendekati 1.

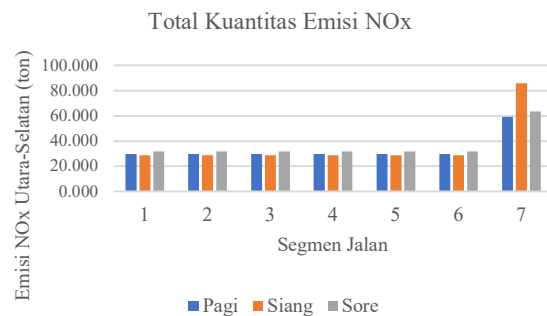


**Gambar 6.** Total Kuantitas Emisi CO Jl. Ir. H. Juanda

Berdasarkan hasil *Root Mean Square Error*, didapatkan hasil sebesar 1.874. Hasil yang didapatkan > 0.08 menandakan bahwa ada ketidaksesuaian MARNI Model dengan hasil data pengukuran pada Jl. Ir. H. Juanda.



**Gambar 7.** Total Kuantitas Emisi CO<sub>2</sub> Jl. Ir. H. Juanda



**Gambar 8.** Total Kuantitas Emisi NO<sub>x</sub> Jl. Ir. H. Juanda

**Tabel 8.** Kuantitas CO Perunit Kendaraan Pada Jam Puncak Siang Segmen 7

No.	Kecepatan Kendaraan (DC)	Waktu Tempuh (TT)		Faktor Emisi (FE)	Kuantitas CO Perunit Kendaraan
	(km/jam)	(%)	(jam)	(g/jam)	(g)
[1]	[2]	[3]	[4] = [3] x 0.05	[5]	[6] = [4] x [5]
1	0	0	0.000	-3.713	0.000
2	5	0	0.000	-0.523	0.000
3	10	0	0.000	3.367	0.000
4	15	0	0.000	7.957	0.000
5	20	10	0.005	13.247	0.066
6	25	48	0.024	19.237	0.465
7	30	38	0.019	25.927	0.497
8	35	3	0.002	33.317	0.056
9	40	0	0.000	41.407	0.000
10	45	0	0.000	50.197	0.000
Total		100	0.050		1.084

**Tabel 9.** Volume Kendaraan Pada Jam Puncak Arah Utara-Selatan

Waktu	Total Kendaraan		
	Senin	Rabu	Jum'at
Puncak Pagi	1360	1361	1349
Puncak Siang	1153	1033	1019
Puncak Sore	1252	988	1255
Total	3765	3382	3623

**Tabel 10.** Kuantitas Total Emisi CO Pada Jam Puncak Siang Segmen 7

No.	Kecepatan Kendaraan (DC)	Kuantitas CO Perunit Kendaraan	Total Kuantitas Emisi CO
	(km/jam)	(g)	(g)
[1]	[2]	[3]	[4] = [3] x 1153
1	0	0.000	0.000
2	5	0.000	0.000
3	10	0.000	0.000
4	15	0.000	0.000
5	20	0.066	76.386
6	25	0.465	536.139
7	30	0.497	573.089
8	35	0.056	64.038
9	40	0.000	0.000
10	45	0.000	0.000
Total		1.084	1249.652

**Tabel 11.** Rekapitulasi Perhitungan Total Kuantitas Emisi pada Jam Puncak

No. Segmen Jalan	Total Kuantitas Emisi CO (Kg)					
	Arah Utara-Selatan			Arah Selatan-Utara		
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
1	0.536	0.417	0.436	0.536	0.750	0.872
2	0.536	0.417	0.436	0.536	0.417	0.436
3	0.536	0.417	0.436	0.536	0.417	0.436
4	0.536	0.417	0.436	0.536	0.417	0.436
5	0.536	0.417	0.436	0.536	0.417	0.436
6	0.536	0.417	0.436	0.536	0.417	0.436
7	1.073	1.250	1.221	0.536	0.417	0.785
Total	4.292	3.749	3.839	3.755	3.666	3.839

**Tabel 12.** Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi (R)

No.	Emisi Aktual (gram/m <sup>3</sup> ) [x]	Emisi MARNI Model (gram/m <sup>3</sup> ) [y]	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	17.474	12.150	212.299	305.329	147.615
2	10.421	10.301	107.345	108.598	106.106
3	10.789	11.178	120.608	116.413	124.955
4	10.123	10.123	102.471	102.471	102.471
5	10.807	10.807	116.792	116.792	116.792
6	11.439	11.439	130.842	130.842	130.842
7	15.018	16.546	248.477	225.527	273.763
8	8.842	9.099	80.458	78.183	82.799
9	12.035	11.212	134.935	144.843	125.7053
Total	106.947	102.854	12540.228	1328.998	1211.048
				R =	0.9886

**Tabel 13.** Hasil Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE)

No.	Emisi Aktual (gram/m <sup>3</sup> ) [x]	Emisi MARNI Model (gram/m <sup>3</sup> ) [y]	(x-y)
1	17.474	12.150	5.324
2	10.421	10.301	0.120
3	10.789	11.178	-0.389
4	10.123	10.123	0.000
5	10.807	10.807	0.000
6	11.439	11.439	0.000
7	15.018	16.546	-1.528
8	8.842	9.099	-0.257
9	12.035	11.212	0.823
		RMSE =	1.874

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan MARNI Model didapatkan total kuantitas emisi CO berdasarkan waktu tempuh kendaraan pada masing-masing waktu puncak. Pada waktu waktu puncak pagi didapatkan total kuantitas emisi sebesar 0.0011 ton, untuk waktu puncak siang didapatkan sebesar 0.0012 ton, dan untuk waktu puncak sore didapatkan sebesar 0.0012 ton. Kemudian dilakukan kalibrasi perhitungan menggunakan MARNI Model dengan data lapangan. Dari hasil kalibrasi tersebut didapatkan hasil RMSE sebesar 1.874. Hasil dari nilai RMSE didapatkan > 0.08. Nilai RMSE tersebut dimungkinkan berbeda karena beberapa factor, diantaranya adalah lokasi pembuatan MARNI Model yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan kondisi daerah studi.

#### Daftar Pustaka

[1] O. Z. Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. 2000.

- [2] J. Xu, Y. Dong, and M. Yan, "A model for estimating passenger-car carbon emissions that accounts for uphill, downhill and flat roads," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 5, 2020, doi: 10.3390/su12052028.
- [3] K. Boriboonsomsin and M. Barth, "Impacts of road grade on fuel consumption and carbon dioxide emissions evidenced by use of advanced navigation systems," *Transportation Research Record*, no. 2139, pp. 21–30, 2009, doi: 10.3141/2139-03.
- [4] S. H. Aly, *Emisi Transportasi: Kuantitas Emisi Berdasarkan Marni Model*. 2015.
- [5] A. Gebisa, G. Gebresenbet, R. Gopal, and R. B. Nallamothe, "Driving Cycles for Estimating Vehicle Emission Levels and Energy Consumption," *Future Transportation*, vol. 1, no. 3, pp. 615–638, Nov. 2021, doi: 10.3390/futuretransp1030033.
- [6] R. K. Pachauri, Leo. Mayer, and Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate change 2014: synthesis report*. 2014.
- [7] I. Manisalidis, E. Stavropoulou, A. Stavropoulos, and E. Bezirtzoglou, "Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review," *Frontiers in Public Health*, vol. 8. Frontiers Media S.A., Feb. 20, 2020. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.
- [8] F. Jansen, S. L. Sengkey, and Steenie Wallah, "Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro," *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, vol. 1, no. 2, pp. 119–126, 2011.
- [9] United States Environmental Protection Agency (EPA), "Report on the Environment," 2018. [Online]. Available: [https://www.epa.gov/sites/-production/files/2018-07/documents/nei2014v2\\_tsd\\_05jul2018.pdf](https://www.epa.gov/sites/-production/files/2018-07/documents/nei2014v2_tsd_05jul2018.pdf)

- [10] Topacoglu H, Katsakoglou S, and Ipekci A, "Effect of exhaust emissions on carbon monoxide levels in employees working at indoor car wash facilities," 2014. [Online]. Available: <http://emedicine.med->
- [11] N. G. Safana, Y. Astor, and F. Yulistiani, "Correlation Model of Horizontal Geometric and Road Grade on CO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> Vehicle Emission in Bandung City" vol. 198, no. Issat, pp. 239–245, 2020, doi: 10.2991/aer.k.201221.041.
- [12] Y. Dong, J. Xu, X. Liu, C. Gao, H. Ru, and Z. Duan, "Carbon Emissions and Expressway Traffic Flow Patterns in China," no. X, 2019.
- [13] M. W. Browne and R. Cudeck, "Alternative Ways of Assessing Model Fit," *Sociological Methods & Research*, vol. 21, no. 2, pp. 230–258, 1992, doi: 10.1177/0049124192021002005.
- [14] I. Suprayogi, Trimajon, and Mahyudin, "Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu)," 2014. [Online]. Available: <http://ce.unri.ac.id>
- [15] H. Budiman, "Analisis dan Perbandingan Akurasi Model Prediksi Rentet Waktu Support Vector Machines dengan Support Vector Machines Particle Swarm Optimization untuk Arus Lalu Lintas Jangka Pendek," 2016.