

**PEMODELAN KARBON MONOKSIDA DAN NITROGEN  
DIOKSIDA PADA PERSIMPANGAN BAWAH JEMBATAN  
LAYANG WARU SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE  
GAUSSIAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada  
program studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh:**

Diaz Wanda Pratiwi

NIM. H05219003

**Dosen Pembimbing:**

Ida Munfarida, M.Si., M.T.

Arqowi Pribadi, M.Eng

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Diaz Wanda Pratiwi  
Nim : H05219003  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“PEMODELAN KARBON MONOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA PADA PERSIMPANGAN BAWAH JEMBATAN LAYANG WARU SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Juli 2023

Yang Menyatakan



**(DIAZ WANDA PRATIWI)**

**NIM. H05219003**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300  
E-Mail : [saintek@uinsby.ac.id](mailto:saintek@uinsby.ac.id) Website : [www.uinsby.ac.id](http://www.uinsby.ac.id)

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING  
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Diaz Wanda Pratiwi  
NIM : H05219003  
Judul Tugas Akhir : Pemodelan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di  
Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Menggunakan  
Metode Gaussian

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 26 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Ida Munfarida, M.Si., M.T.

NIP. 198411302015032001

Dosen Pembimbing 2

Angowi Prijadi M.Eng

NIP. 198701032014031001

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR

Nama : Diaz Wanda Pratiwi  
NIM : H05219003  
Judul : Pemodelan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida pada Persimpangan  
Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo menggunakan Metode Gaussian

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 4 Juli 2023

Mengesahkan,

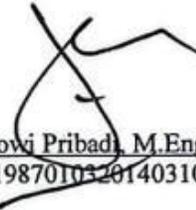
Dewan Penguji,

Penguji I



Ida Munfarida, M.Si., M.T.  
NIP. 198411302015032001

Penguji II



Arqowi Pribadi, M.Eng.  
NIP. 198701032014031001

Penguji III



Dyah Ratri Nurmaningsih, S.T. M.T.  
NIP. 198503222014032003

Penguji IV



Yusrianti, M.T.  
NIP. 198210222014032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Sunan Ampel Surabaya



Saepul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : DIAZ WANDA PRATIWI  
NIM : H05219003  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : Diazwanda06@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul:

**PEMODELAN KARBON MONOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA PADA**

**PERSIMPANGAN BAWAH JEMBATAN LAYANG WARU SIDOARJO**

**MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 20 Juli 2023

Penulis



(Diaz Wanda Pratiwi)

# PEMODELAN KARBON MONOKSIDA DAN NITROGEN DIOKSIDA PADA PERSIMPANGAN BAWAH JEMBATAN LAYANG WARU SIDOARJO MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN

## ABSTRAK

Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah salah satu polutan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Menurut data dari US EPA menyatakan bahwa emisi dari Karbon Monoksida yang berasal dari sektor transportasi secara nasional mencapai 28,45 Juta ton setiap tahunnya atau jika dipresentasikan sebesar 44,32% dari total keseluruhan emisi Karbon Monoksida. Polusi NO<sub>2</sub> dipancarkan oleh mobil, truk, dan berbagai kendaraan non-jalan raya (misalnya, peralatan konstruksi, kapal). Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo menghubungkan antara Jalan Raya Waru dan Jalan Letjend Sutoyo, selain itu, persimpangan ini merupakan salah satu jalan utama penghubung antara Surabaya dan Sidoarjo, dimana terdapat Terminal Purabaya yang merupakan terminal terbesar di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah memahami hasil konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan pemodelan menggunakan metode Gaussian, memprediksi dispersi polutan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan model sebaran Gaussian, dan menghitung hasil validitas bentuk model Gaussian dengan hasil data lapangan menggunakan rumus MAPE. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif melalui pengambilan data dari pengukuran di lapangan dan pemodelan. Metode yang digunakan adalah Pemodelan pola sebaran Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida dengan menggunakan model *Gaussian* dan *software MATLAB*. Penentuan titik lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6.9-2005 bagian 6 dengan total 5 titik sampel yang mewakili daerah persimpangan sehingga dapat menggambarkan kondisi kualitas udara pada persimpangan. Hasil penelitian nilai konsentrasi karbon monoksida tertinggi terjadi pada hari Senin Sore sebesar 16.973 µg/m<sup>3</sup>, sedangkan terkecil terjadi pada interval waktu Minggu pagi hari yaitu sebesar 9.020 µg/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida tertinggi terjadi pada hari Senin siang hari yaitu sebesar 7,7 µg/m<sup>3</sup>, sedangkan nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida terendah terjadi pada hari Minggu pagi yaitu sebesar 1,9 µg/m<sup>3</sup>. Hasil simulasi CO tertinggi terjadi pada hari Senin pagi yaitu sebesar 16.793 µg/m<sup>3</sup> dengan jarak dispersi sejauh 80 meter, sedangkan simulasi CO terendah terjadi pada hari Minggu siang yaitu sebesar 10.664 µg/m<sup>3</sup> dengan jarak dispersi sejauh 58 meter. Hasil Simulasi NO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada hari Senin siang yaitu sebesar 8 µg/m<sup>3</sup> dengan jarak dispersi sejauh 56 meter, sedangkan simulasi NO<sub>2</sub> terendah terjadi pada hari Minggu pagi yaitu sebesar 2 µg/m<sup>3</sup> dengan jarak dispersi sejauh 54 meter. Hasil perhitungan uji validitas Mean Absolute Percentage Error (MAPE) pada bentuk model Gaussian CO Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo yaitu sebesar 11%. Hal ini menunjukkan bahwa model Gaussian pada penelitian ini tergolong dalam kategori baik. Sedangkan bentuk model Gaussian NO nilai validasi jauh lebih tinggi yaitu sebesar 893.371%.

**Kata kunci:** *Gaussian*, Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, Kendaraan Bermotor.

## ABSTRACT

Carbon Monoxide (CO) and Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) are pollutants produced from motorized vehicles. According to data from the US EPA, emissions from carbon monoxide which come from the transportation sector nationally reach 28.45 million tons annually, or if presented, it is 44.32% of the total carbon monoxide emissions. NO<sub>2</sub> pollution is emitted by cars, trucks, and various off-road vehicles (eg, construction equipment, ships). The Waru Sidoarjo Overpass connects Jalan Raya Waru and Jalan Letjend Sutoyo, besides that, this intersection is one of the main connecting roads between Surabaya and Sidoarjo, where there is the Purabaya Terminal which is the largest terminal in Indonesia. The aim of this research is to understand the results of the concentration of Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide at the Waru Sidoarjo Flyover Interchange based on modeling using the Gaussian method, to predict the dispersion of Pollutants Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide at the Waru Sidoarjo Flyover Underpass Intersection based on the Gaussian distribution model, and calculate the shape validity results of the Gaussian model with the results field data using the MAPE formula. This research is a quantitative descriptive research by collecting data from field measurements and modeling. The method used is Modeling the pattern of distribution of Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide using the Gaussian model and MATLAB software. Determination of location points based on SNI 19-7119.6.9-2005 part 6 with a total of 5 sample points representing intersection areas to describe air quality conditions at intersections. The results of the study showed that the highest concentration of carbon monoxide occurred on Monday afternoon at 16,973 µg/m<sup>3</sup>, while the smallest occurred in the Sunday morning at 9,020 µg/m<sup>3</sup>. Meanwhile, the highest concentration of Nitrogen Dioxide occurred on Monday afternoon, which was 7.7 µg/m<sup>3</sup>, while the lowest concentration of Nitrogen Dioxide occurred on Sunday morning, which was 1.9 µg/m<sup>3</sup>. The highest CO simulation results occurred on Monday morning, which was 16,793 µg/m<sup>3</sup> with a dispersion distance of 80 meters, while the lowest CO simulation occurred on Sunday afternoon, which was 10,664 µg/m<sup>3</sup> with a dispersion distance of 58 meters. The highest NO<sub>2</sub> simulation results occurred on Monday afternoon, which was 8 µg/m<sup>3</sup> with a dispersion distance of 56 meters, while the lowest NO<sub>2</sub> simulation occurred on Sunday morning, which was 2 µg/m<sup>3</sup> with a dispersion distance of 54 meters. The result of calculating the validity test of the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) in the form of the Gaussian CO model at the Waru Sidoarjo Flyover Underpass is 11%. This shows that the Gaussian model in this study is in the good category. While the form of the Gaussian model NO validation value is much higher, namely 893.371%.

**Keywords:** *Gaussian, Carbon Monoxide, Vehicle.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Udara.....	7
2.2 Pencemaran Udara.....	7
2.3 Sumber Pencemaran Udara.....	8
2.4 Baku Mutu Udara Ambien.....	10
2.5 Karbon Monoksida (CO).....	11
2.6 NO <sub>x</sub> .....	13
2.7 Kendaraan Bermotor.....	14
2.8 Besaran Emisi Kendaraan Bermotor.....	15
2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Persebaran Polutan.....	17
2.10 Dispersi .....	18
2.11 Pemodelan Udara.....	19

2.12 Model Sebaran Gaussian.....	21
2.13 Gaussian Line Source .....	22
2.14 Matlab .....	22
2.15 Integrasi Keislaman .....	24
2.16 Penelitian Terdahulu .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	32
3.2 Waktu Penelitian.....	34
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel .....	34
3.4 Waktu Pengambilan Sampel .....	40
3.4.1 Interval waktu pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida .....	40
3.4.2 Interval Waktu Pengukuran Kendaraan Bermotor .....	40
3.5 Kerangka Pikir Penelitian .....	40
3.6 Tahapan Penelitian.....	41
3.6.1 Tahap Persiapan Penelitian .....	43
3.6.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	43
3.6.3 Tahap Pengolahan Data .....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>56</b>
4.1 Gambaran Umum .....	56
4.2 Hasil Konsentrasi Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo Berdasarkan Pemodelan Menggunakan Metode Gaussian .....	62
4.2.1 Hasil Pengukuran Data Meteorologi .....	62
4.2.2 Hasil Pegukuran Kendaraan Bermotor .....	72
4.2.3 Perhitungan Kekuatan Emisi.....	75
4.3 Hasil Pemodelan Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo Berdasarkan Model Gaussian.....	98
4.3.1 Hasil Simulasi Model Karbon Monoksida.....	98
4.3.2 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida .....	126

4.4 Hasil Validitas Bentuk Model Gaussian Dengan Hasil Data Lapangan	
Menggunakan Rumus MAPE.....	153
4.4.1 Hasil Pengukuran Karbon Monoksida .....	153
4.4.2 Hasil Pengukuran Nitrogen Dioksida .....	157
4.4.3 Uji Validasi MAPE.....	161
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>164</b>
5.1 Kesimpulan.....	164
5.2 Saran .....	165
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>166</b>
<b>LAMPIRAN 1: DOKUMENTASI .....</b>	<b>168</b>
<b>LAMPIRAN 2: TABEL PERHITUNGAN .....</b>	<b>171</b>
<b>LAMPIRAN 3: ADMINISTRASI PERSURATAN .....</b>	<b>193</b>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

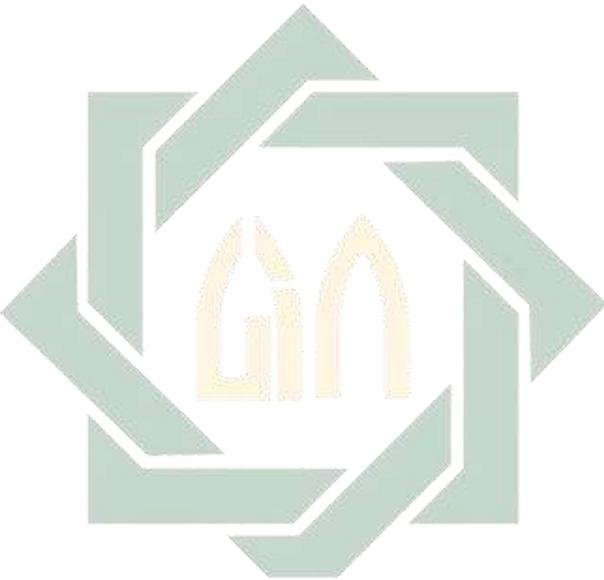
<b>Tabel 2.1</b> Baku Mutu Udara Ambien .....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Klasifikasi Kendaraan Bermotor .....	15
<b>Tabel 2. 3</b> Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang .....	16
<b>Tabel 2. 4</b> Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang .....	16
<b>Tabel 2.5</b> Stabilitas Atmosfer Pasquil-Gifford .....	18
<b>Tabel 2.6</b> Konstanta Persamaan McCullen.....	19
<b>Tabel 2. 7</b> Kategori Intensitas Sinar Matahari .....	19
<b>Tabel 2. 8</b> Penelitian Terdahulu .....	26
<b>Tabel 3. 1</b> Data Primer .....	43
<b>Tabel 4. 1</b> Pengukuran Kecepatan Angin Pagi Hari .....	63
<b>Tabel 4. 2</b> Pengukuran Kecepatan Angin Siang Hari .....	64
<b>Tabel 4. 3</b> Pengukuran Kecepatan Angin Sore Hari .....	65
<b>Tabel 4. 4</b> Pengukuran Sinar Matahari Pagi Hari .....	66
<b>Tabel 4. 5</b> Pengukuran Sinar Matahari Siang Hari .....	67
<b>Tabel 4. 6</b> Pengukuran Sinar Matahari Sore Hari .....	68
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Rata-rata pengukuran Sinar Matahari.....	69
<b>Tabel 4. 8</b> Kelas Stabilitas Atmosfer.....	71
<b>Tabel 4. 9</b> Perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Pagi Hari .....	73
<b>Tabel 4. 10</b> perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari.....	74
<b>Tabel 4. 11</b> Perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari .....	74
<b>Tabel 4. 12</b> Hasil Pengukuran Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor .....	75
<b>Tabel 4. 13</b> Hasil pengukuran Kecepatan Rata-Rata Kendaraan Bermotor menggunakan Speed Gun.....	76
<b>Tabel 4. 14</b> Perhitungan Kekuatan Emisi Pagi Hari .....	86
<b>Tabel 4. 15</b> Perhitungan Kekuatan Emisi Siang Hari .....	90
<b>Tabel 4. 16</b> Perhitungan Kekuatan Emisi Sore Hari .....	94
<b>Tabel 4. 17</b> Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi Karbon Monoksida .....	97
<b>Tabel 4. 18</b> Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi Nitrogen Dioksida.....	98
<b>Tabel 4. 19</b> Data Simulasi Model Sabtu Pagi.....	99

<b>Tabel 4. 20</b> Data Simulasi Model Sabtu Siang .....	102
<b>Tabel 4. 21</b> Data Simulasi Model Sabtu Sore.....	105
<b>Tabel 4. 22</b> Data Simulasi Model Minggu Pagi.....	108
<b>Tabel 4. 23</b> Data Simulasi Model Minggu Siang.....	111
<b>Tabel 4. 24</b> Data Simulasi Model Minggu Sore .....	114
<b>Tabel 4. 25</b> Data Simulasi Model Senin Pagi.....	117
<b>Tabel 4. 26</b> Data Simulasi Model Senin Siang .....	120
<b>Tabel 4. 27</b> Data Simulasi Model Senin Sore.....	123
<b>Tabel 4. 28</b> Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Pagi.....	126
<b>Tabel 4. 29</b> Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Siang.....	128
<b>Tabel 4. 30</b> Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Sore .....	132
<b>Tabel 4. 31</b> Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Pagi .....	135
<b>Tabel 4. 32</b> Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Siang .....	138
<b>Tabel 4. 33</b> Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Sore.....	141
<b>Tabel 4. 34</b> Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Senin Pagi.....	144
<b>Tabel 4. 35</b> Data Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Siang.....	147
<b>Tabel 4. 36</b> Data Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Sore .....	150
<b>Tabel 4. 37</b> Pengukuran Karbon Monoksida Pagi Hari .....	154
<b>Tabel 4. 38</b> Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari.....	155
<b>Tabel 4. 39</b> Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari.....	156
<b>Tabel 4. 40</b> Pengukuran Nitrogen Dioksida Pagi Hari.....	159
<b>Tabel 4. 41</b> Pengukuran Nitrogen Dioksida Siang Hari.....	160
<b>Tabel 4. 42</b> Pengukuran Nitrogen Dioksida Sore Hari.....	160
<b>Tabel 4. 43</b> Uji Validasi Karbon Monoksida.....	162
<b>Tabel 4. 44</b> Uji Validasi Nitrogen Dioksida .....	162

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Aplikasi Matlab.....	23
Gambar 3. 1 Lokasi Penelian .....	33
Gambar 3. 2 Penentuan Lokasi Titik Sampling.....	34
Gambar 3. 3 Lokasi Titik Sampling 1.....	35
Gambar 3. 4 Lokasi Titik Sampling 2.....	35
Gambar 3. 5 Lokasi Titik Sampling 3.....	36
Gambar 3. 6 Lokasi Titik Sampling 4.....	36
Gambar 3. 7 Lokasi Titik Sampling 5.....	37
Gambar 3. 8 Titik Lokasi Penelitian .....	38
Gambar 3. 9 Peta Situasi Lokasi Penelitian .....	39
Gambar 3. 10 Kerangka Pikir .....	41
Gambar 3. 11 Tahapan Penelitian.....	42
Gambar 3. 12 CO Analyzer.....	45
Gambar 3. 13 Peralatan Pengambilan Contoh Uji.....	46
Gambar 3. 14 Speed Gun .....	51
Gambar 3. 15 Anemometer Digital.....	52
Gambar 3. 16 Luxmeter Digital.....	53
Gambar 4. 1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	57
Gambar 4. 2 Kondisi Lapangan Titik 1.....	58
Gambar 4. 3 Kondisi Lapangan Titik 2.....	59
Gambar 4. 4 Kondisi Lapangan Titik 3.....	60
Gambar 4. 5 Kondisi Lapangan Titik 4.....	61
Gambar 4. 6 Kondisi Lapangan Titik 5.....	62
Gambar 4. 7 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Pagi.....	99
Gambar 4. 8 Peta Sebaran Karbon Monoksida Sabtu Pagi.....	100
Gambar 4. 9 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Siang.....	102
Gambar 4. 10 Peta Sebaran Karbon Monoksida Sabtu Siang .....	103
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Sore .....	105

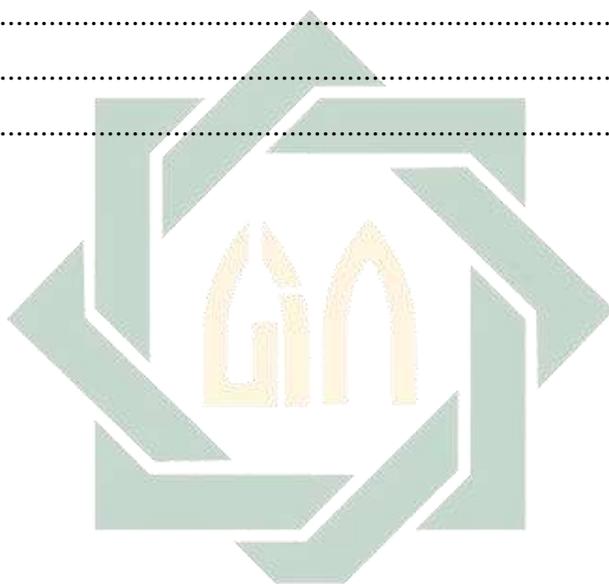
Gambar 4. 12 Peta Sebaran Karbon Monoksida Sabtu Sore.....	106
Gambar 4. 13 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Pagi .....	108
Gambar 4. 14 Peta Sebara Karbon Monoksida Minggu Pagi.....	109
Gambar 4. 15 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Siang .....	111
Gambar 4. 16 Peta Sebaran Karbon Monoksida Minggu Siang.....	112
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Sore .....	114
Gambar 4. 18 Peta Sebaran Karbon Monoksida Minggu Sore .....	115
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin Pagi.....	117
Gambar 4. 20 Peta Sebaran Karbon Monoksida Senin Pagi .....	118
Gambar 4. 21 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin Siang.....	120
Gambar 4. 22 Peta Sebaran Karbon Monoksida Senin Siang .....	121
Gambar 4. 23 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin sore .....	123
Gambar 4. 24 Peta Sebaran Karbon Monoksida Senin Sore.....	124
Gambar 4. 25 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Pagi.....	126
Gambar 4. 26 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Sabtu Pagi .....	127
Gambar 4. 27 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Siang.....	129
Gambar 4. 28 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Sabtu Siang .....	130
Gambar 4. 29 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Sore .....	132
Gambar 4. 30 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Sabtu Sore .....	133
Gambar 4. 31 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Pagi .....	135
Gambar 4. 32 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Minggu Pagi.....	136
Gambar 4. 33 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Siang .....	138
Gambar 4. 34 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Minggu Siang .....	139
Gambar 4. 35 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Sore .....	141
Gambar 4. 36 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Minggu Sore.....	142
Gambar 4. 37 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Pagi.....	144
Gambar 4. 38 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Senin Pagi .....	145
Gambar 4. 39 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Siang.....	147
Gambar 4. 40 Peta Sebaran Nitrogen Dioksida Senin Siang .....	148
Gambar 4. 41 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Sore .....	150



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR RUMUS

Rumus (3. 1).....	45
Rumus (3. 2).....	47
Rumus (3. 3).....	48
Rumus (3. 4).....	48
Rumus (3. 7).....	50
Rumus (3. 8).....	50
Rumus (3. 9).....	50
Rumus (3. 11).....	53
Rumus (3. 12).....	55



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Dalam udara terdapat oksigen untuk bernafas, kabondioksida untuk proses fotosintesis, dan ozon untuk menahan sinar ultraviolet (Awalananda & Rusdiana, 2019). PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan Pencemar Udara adalah zat, energi, dan/atau komponen lainnya yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Pencemaran Udara merupakan proses masuknya maupun dimasukkannya unsur zat, energi, atau komponen lainnya di dalam Udara Ambien yang disebabkan karena kegiatan dari manusia sehingga menyebabkan baku mutu melebihi ambang Baku Mutu Udara Ambien yang sudah ditentukan. Emisi merupakan salah satu unsur pencemar udara yang disebabkan karena proses kegiatan manusia yang menyebabkan unsur tersebut masuk kedalam udara dan memiliki potensi menimbulkan Pencemaran Udara. QS al-A'raf/7 : 56:

الْمُحْسِنِينَ مِنْ قَرِيبٍ اللَّهُ رَحِيمٌ إِنَّ َّ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلَاحَهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تَفْسُدُوا وَلَا

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.” Ayat Al-Quran tersebut menjelaskan bahwa kita harus menjaga lingkungan guna menjadikan lingkungan tempat tinggal kita nyaman untuk ditinggali, jika kita tidak bisa menjaga lingkungan maka kita akan mendapatkan resiko dari kerusakan lingkungan baik didarat maupun dilaut.

Polutan yang akan digunakan sebagai media tolak ukur dalam menentukan kualitas udara tercemar atau tidak adalah Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ) dan Karbon Monoksida ( $CO$ ). Apabila polutan tersebut tercemar maka hasil kadarnya akan

melebihi dari ambang baku mutu udara ambien (Rozalia dkk., 2019). Dari macam – macam jenis polutan yang ada, Karbon Monoksida (CO) adalah salah satu polutan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor. Menurut data dari US EPA menyatakan bahwa emisi dari Karbon Monoksida yang berasal dari sektor transportasi secara nasional mencapai 28,45 Juta ton setiap tahunnya atau jika dipresentasikan sebesar 44,32% dari total keseluruhan emisi Karbon Monoksida. Karbon Monoksida yang dihasilkan dari kendaraan bermotor dapat menimbulkan dampak negatif untuk kesehatan manusia. Karbon Monoksida adalah bahan pencemar yang berupa gas bersifat beracun. Senyawa ini akan mengikat hemoglobin (Hb) yang memiliki fungsi untuk menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh, sehingga akan mengganggu fungsi Hb dalam menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh akan terganggu (Fitriyah dkk., 2022).

Nitrogen Oksida merupakan gas beracun dan sangat reaktif. Gas-gas ini terbentuk ketika bahan bakar dibakar pada suhu tinggi. Polusi NO<sub>2</sub> dipancarkan oleh mobil, truk, dan berbagai kendaraan non-jalan raya (misalnya, peralatan konstruksi, kapal) (US EPA, 1999). Paparan jangka panjang terhadap NO<sub>2</sub> dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti asma, bronkitis, emfisema, dan penyakit jantung. Upaya pengurangan emisi NO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, mengganti kendaraan konvensional dengan kendaraan listrik atau alternatif bahan bakar, memperbaiki mesin industri agar lebih efisien, dan meningkatkan pengolahan limbah (He & Jiang, 2021).

Kepolisian Republik Indonesia (Polri) mengatakan bahwa sesuai catatan jumlah dari kendaraan bermotor di Indonesia sudah mencapai 152,51 juta unit. Hingga periode 31 Desember 2022 Polri mencatat jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 152,51 juta unit. Berdasarkan jumlah tersebut dapat diketahui bahwa golongan sepeda motor sebanyak 126,99 juta unit atau 83,27%, dari golongan mobil penumpang sebanyak 19,31 juta dan dari golongan mobil beban memiliki jumlah 5,76 juta. Polri juga memiliki catatan mengenai jumlah bus yang berjumlah 212.744 bus yang memiliki aktivitas lalu lalang di Indonesia hingga 31 Desember 2022. Sedangkan dari golongan kendaraan khusus hanya sebanyak

84.378 unit. Jika berdasar pada wilayah, maka Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak sebanyak 24,27 juta unit.

Kabupaten Sidoarjo adalah salah satu dari penyangga Ibukota Provinsi Jawa Timur yang termasuk dalam daerah yang memiliki perkembangan yang cukup pesat. Hal ini disebabkan karena potensi yang dimiliki oleh Sidoarjo mulai dari industri, perdagangan, pariwisata, dan usaha kecil maupun besar dapat diarahkan secara terarah dan dikemas dengan baik. Daerah Waru adalah salah satu wilayah Sidoarjo yang merupakan pembatas antara Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Selain itu daerah Waru adalah salah satu kecamatan yang memiliki jenis jalan yaitu jalan layang yang tepat dibawah jembatan layang memiliki persimpangan jalan. Persimpangan jalan adalah pertemuan jalan maupun percabangan jalan, baik sebidang ataupun yang tidak sebidang (PP Nomor 43 Tahun 1993).

Persimpangan bawah jembatan layang Waru memiliki *Traffic Light* yang menuju Jalan Letjend Sutoyo dan Jalan Raya Waru dengan simpang 4 fase pergerakan kendaraan. Jalan Letjend Sutoyo merupakan jalan yang menuju ke Terminal Purabaya. Sepanjang jalan ini terdapat banyak jenis pabrik dan merupakan jalan yang dekat dengan terminal Purabaya Surabaya, sehingga hal ini menyebabkan volume lalu lintas yang ada di persimpangan cukup tinggi dengan komposisi jenis kendaraan yang bermacam-macam (Ardiansyah, 2021). Menurut Penelitian Ardiansyah, 2021 Puncak Kepadatan di jalan Letjend Sutyo terjadi pada Hari Kamis di jam 17.00. Dimana memiliki hasil nilai derajat kejenuhan sebesar 1,5. Nilai Q sebesar 4794 SMP/jam. Nilai hambatan samping sebesar 392 dan lebih dari 350. Sehingga dapat disimpulkan dalam jenis hambatan samping sangat tinggi (VH). Dari kecepatan dan juga waktu tempuh didapatkan hasil nilai N/A (*not available*) yang disebabkan karena nilai dari derajat kejenuhan lebih dari 1. Dapat disimpulkan bahwa jalan Letjend Sutoyo terjadi kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi dengan variasi kendaraan bermacam – macam.

Langkah penting dalam proses studi lingkungan adalah melakukan prediksi dampak pada suatu komponen lingkungan, termasuk dampak yang dihasilkan oleh sumber emisi. Untuk melakukan prediksi dampak tersebut, dapat digunakan model kualitas lingkungan, salah satunya adalah model kualitas udara. Model menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi polutan di udara dipengaruhi oleh banyaknya emisi yang dikeluarkan oleh sumber tersebut. Pada kasus jalan raya, emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas seperti volume lalu lintas, jenis kendaraan, kecepatan, dan tingkat kepadatan lalu lintas. Dengan demikian, model kualitas udara dapat menjadi alat yang berguna dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi dampak lingkungan dari lalu lintas kendaraan bermotor dan membantu merancang strategi pengurangan emisi (Catleya dkk., 2021).

Berbagai metode pemodelan untuk mengetahui penyebaran polutan udara dapat menggunakan *eulerian model*, *lagrangian model*, dan *gaussian model*. Model dispersi Gauss terbagi dua yaitu sumber titik (*point source*) yang polutannya berasal dari cerobong asap dan sumber garis (*line source*) yang polutannya berasal dari aktivitas kendaraan bermotor (Aslim dkk., 2019). Model *Gaussian line source* adalah perkembangan dari *Gauss plume* dengan mengasumsikan bahwa sebuah deretan yang *mutually independent*, masing – masing menghasilkan kepulan polutan. Sehingga konsentrasi pada suatu titik di jalan dihitung sebagai jumlah konsentrasi titik-titik sumber pada jalan tersebut. Penyebaran polutan di udara dipengaruhi faktor meteorologi, yakni angin dan kestabilan udara (Febriyanti dkk., 2022).

Sesuai dengan hal yang di atas, maka dalam penelitian akan dilakukan analisa dan penggambaran dari pola sebaran dengan menggunakan metode Gaussian untuk Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida dengan sumber emisi dari jumlah kendaraan di persimpangan bawah jembatan layang Waru, Sidoarjo. Dan kemudian akan dibuat kontur mengenai persebaran polutan melalui pemetaan yang menggunakan *software* bernama *Matrix Laboratory* (MATLAB). Matlab adalah bahasa teknik dari komputasi tinggi yang dapat

digunakan untuk mengintegrasikan komputasi numerik terintegrasi, visualisasi, dan pemrograman. Fasilitas pendukung dari MATLAB dapat menampilkan vektor dan matriks sebagai grafik. Termasuk juga fungsi untuk visualisasi data 2 dimensi ataupun 3 dimensi, dan dapat melakukan pemrosesan gambar, animasi, dan lain sebagainya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa hasil Konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan pemodelan menggunakan metode Gaussian?
2. Bagaimana hasil pemodelan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan model Gaussian?
3. Bagaimana hasil validitas bentuk model Gaussian dengan hasil data lapangan menggunakan rumus MAPE?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Memahami hasil konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan pemodelan menggunakan metode Gaussian.
2. Memprediksi dispersi polutan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan model sebaran Gaussian.
3. Menghitung hasil validitas bentuk model Gaussian dengan hasil data lapangan menggunakan rumus MAPE.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Bagi Dinas Perhubungan

Menjadi saran evaluasi bagi Dinas Perhubungan untuk mengevaluasi kondisi lalu lintas di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo agar tidak terjadi kemacetan yang dapat berdampak pada kualitas udara.

2. Bagi Akademisi

Menjadi kajian dan sarana data untuk meningkatkan pengetahuan dan wawasan mengenai konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida serta menjadi bahan referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida .

3. Bagi Masyarakat Umum

Menjadi bahan edukasi dan kesadaran masyarakat mengenai konsekuensi dari risiko paparan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor jika melebihi batas baku mutu

#### 1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilaksanakan di Persimpangan bawah jembatan layang Waru Sidoarjo, tepatnya di Jalan Raya Waru dan Jalan Letjend Sutoyo.
2. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida , kecepatan angin dan jumlah kendaraan.
3. Memodelkan sebaran konsentrasi Karbon Monoksida di Persimpangan bawah jembatan layang Waru Sidoarjo menggunakan rumus Gaussian.
4. Hasil identifikasi model Gaussian dilakukan dengan menggunakan software MATLAB.
5. Uji validasi menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Udara**

Udara adalah campuran suatu gas yang ada di lapisan yang mengitari bumi yang mana komponen dari campuran gas tersebut tidak selalu bernilai konstan. Udara juga berada di atmosfer yang mengelilingi bumi dan memiliki peran penting bagi kesehatan manusia di dunia. Udara yang ada di bumi tidak pernah ditemukan bersih tanpa adanya polutan. Akan tetapi kualitas udara yang baik sangat dibutuhkan bagi makhluk hidup di bumi khususnya bagi manusia, karena akan berdampak terhadap kesehatan manusia. Namun terkadang menurunnya kualitas udara akan terasa jika sudah memiliki dampak yang cukup besar bagi kesehatan manusia dan sudah menimbulkan penyakit bagi kesehatan makhluk hidup (Fardiaz, 1992).

Dalam menjaga mutu udara yang baik, perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran udara, seperti pengaturan emisi kendaraan bermotor, industri, dan kegiatan lain yang berpotensi mencemari udara. Selain itu, juga perlu dilakukan upaya penghijauan dan pengendalian limbah yang tepat, serta kampanye kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga lingkungan hidup dan kesehatan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).

#### **2.2 Pencemaran Udara**

Pencemar Udara adalah zat, energi, dan/atau komponen lainnya yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Pencemaran Udara merupakan proses masuk maupun dimasukkannya zat, energi, atau komponen lainnya ke dalam Udara Ambien yang disebabkan oleh segala jenis kegiatan manusia yang dapat menyebabkan udara akan melampaui nilai dari Baku Mutu Udara Ambien yang sudah ditetapkan. Emisi adalah Jenis Pencemar Udara yang berasal dari

proses kegiatan manusia yang menyebabkan masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara, memiliki dan tidak memiliki potensi untuk menimbulkan Pencemaran Udara (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).

Pencemaran udara adalah adanya masuknya bahan yang tidak diinginkan di udara dalam jumlah yang cukup besar dan menimbulkan efek berbahaya. Bahan yang tidak diinginkan dapat merusak kesehatan manusia, tumbuh-tumbuhan, harta benda manusia, atau lingkungan global serta dapat menimbulkan gangguan estetika berupa udara berwarna coklat atau berkabut maupun bau yang tidak sedap. Di dunia yang padat penduduk terutama di negara-negara industri, sumber utama polutannya berasal dari aktivitas manusia. Kegiatan tersebut berkaitan dengan standar hidup material manusia. Untuk mengatasi hal tersebut sebagian besar negara industri adalah melanjutkan kegiatan dan mengendalikan emisi polutan udara (Nevers, 2000).

Menurut The Environmental Protection Agency, pencemaran udara merupakan proses terkontaminasinya udara dalam jumlah tertentu. Pencemaran udara dapat disebabkan karena emisi ataupun ulah manusia sendiri. Akibat dari adanya pencemaran udara dengan konsentrasi dan waktu tinggal yang tinggi dapat membahayakan manusia, tumbuhan, hewan dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang berdampak pada terganggunya proses kehidupan.

### **2.3 Sumber Pencemaran Udara**

Sumber Pencemaran udara menurut (Soedomo, 2001) berasal dari 2 jenis kegiatan yaitu kegiatan alami maupun kegiatan antropogenik. Salah satu contoh alami adalah yang berasal dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, spora, dan juga debu. Sedangkan pencemaran yang berasal dari antropogenik merupakan pencemar yang dihasilkan dari aktivitas manusia seperti transportasi, dan kegiatan industri maupun persampahan.

Sumber pencemaran dapat dikategorikan dalam beberapa kategori berdasarkan berbagai faktor, seperti jenis pencemar, keadaan sumber pencemar, distribusi ruang, dan pembentukan pencemar. Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai kategori-kategori tersebut:

1. Berdasarkan jenis pencemar:
  - a. Pencemar Spesifik: jenis pencemar yang dihasilkan dari sumber yang spesifik di suatu tempat. Contohnya adalah debu atau partikulat yang berasal dari kegiatan industri semen dan amonia dari industri pupuk.
  - b. Pencemar Indikatif: jenis pencemar memiliki sifat umum dan dapat ditemukan di seluruh tempat. Contoh dari jenis ini adalah Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>), dan Total Suspended Particulate (TSP).
2. Berdasarkan keadaan sumber pencemar:
  - a. Sumber Tetap (*Stationary Sources*): sumber pencemar yang tidak mengalami perpindahan lokasi. Contohnya adalah pembangkit listrik, pemukiman, dan industri.
  - b. Sumber Bergerak (*Mobile Sources*): sumber pencemar yang mengalami perpindahan tempat. Contohnya adalah kendaraan bermotor, kereta api, dan pesawat terbang.
3. Berdasarkan distribusi ruang:
  - a. Sumber Titik (*Point Sources*): sumber pencemar yang hanya berada pada titik tertentu. Contohnya adalah industri.
  - b. Sumber Garis (*Line Sources*): sumber pencemar yang dapat melakukan perpindahan tempat sehingga menyebabkan pendistribusian pada jarak tertentu. contohnya adalah kendaraan bermotor.
  - c. Sumber Area (*Area Sources*): sumber pencemar yang mana sumber pencemar terdistribusi di dalam area tertentu. contohnya adalah kebakaran hutan.
4. Berdasarkan pembentukan pencemar:

- a. Pencemar Primer: pencemar udara yang memiliki komposisi tetap dan tidak mengalami perubahan dalam atmosfer, baik secara kimiawi ataupun fisik dalam kurun waktu tertentu. contoh dari jenis ini adalah CO,CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>.
- b. Pencemar Sekunder: pencemar yang mengalami pembentukan di atmosfer sebagai akibat dari hasil reaksi-reaksi atmosferik. Karbon contohnya adalah hidrolisis, reaksi fotokimia, dan oksidasi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

1. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang mempunyai jenis pola perpindahan dan tidak menetap pada suatu tempat seperti kendaraan bermotor.
2. Sumber bergerak spesifik adalah sumber emisi yang mempunyai jenis pola pergerakan tetapi jenis pola pergerakannya menetap. Contoh: pesawat, kereta api.
3. Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tidak mempunyai jenis pola pergerakan maupun sumber yang diam. Contoh: industri.
4. Sumber tidak bergerak spesifik, adalah sumber emisi yang tidak mempunyai jenis pola pergerakan, tetapi berbeda dari asal sumbernya.
5. Sumber yang mengganggu, adalah sumber emisi bisa mengubah udara maupun padatan sebagai media pola penyebaran dari pencemarnya. contoh: getaran, kebisingan, dan bau.

#### **2.4 Baku Mutu Udara Ambien**

Standar kualitas udara di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021. Peraturan ini telah ditetapkan sebagai pedoman untuk menentukan batas maksimum kandungan zat dalam udara ambien. Apabila nilai konsentrasi melebihi atau melampaui standar kualitas udara ambien yang ditetapkan, maka udara ambien tersebut dianggap tercemar dan dapat berdampak langsung pada kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

**Tabel 2.1** Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter Pencemar	Waktu Pengamatan	Nilai Baku Mutu
1	Nitrogen Dioksida NO <sub>2</sub>	1 jam	200 µg/m <sup>3</sup>
		24 jam	65 µg/ m <sup>3</sup>
		1 tahun	50 µg/ m <sup>3</sup>
2	Karbon Monoksida CO	1 jam	10000 µg/ m <sup>3</sup>
		8 jam	4000 µg/ m <sup>3</sup>
3	Sulfur Dioksida SO <sub>2</sub>	1 jam	150 µg/ m <sup>3</sup>
		24 jam	75 µg/ m <sup>3</sup>
		1 tahun	45 µg/ m <sup>3</sup>
4	Ozon O <sub>3</sub>	1 jam	150 µg/ m <sup>3</sup>
		24 jam	100 µg/ m <sup>3</sup>
		1 tahun	35 µg/ m <sup>3</sup>
5	Hidrokarbon Non Metana NMHC	3 jam	160 µg/ m <sup>3</sup>
6	Partikulat Debu < 100 µg TSP	24 jam	230 µg/ m <sup>3</sup>
	Partikulat Debu < 10 µg NO <sub>x</sub>	24 jam	75 µg/ m <sup>3</sup>
		1 tahun	40 µg/ m <sup>3</sup>
	Partikulat Debu < 2,5 µg PM 2,5	24 jam	55 µg/ m <sup>3</sup>
1 tahun		15 µg/ m <sup>3</sup>	
7	Timbal Pb	24 jam	2 µg/ m <sup>3</sup>

Sumber: PP RI Nomor 22 tahun 2021

## 2.5 Karbon Monoksida (CO)

Karbon Monoksida (CO) adalah gas yang tidak memiliki warna dan tidak berbau. Karbon Monoksida sangat berbahaya jika terhirup dalam jumlah banyak karena dapat mengganggu fungsi sel darah merah dan memblokir pasokan

oksigen ke tubuh, yang dapat menyebabkan keracunan dan kematian. Sumber utama emisi Karbon Monoksida di udara luar adalah transportasi, seperti mobil, truk, dan kendaraan lainnya yang menggunakan bahan bakar fosil. Selain itu, mesin industri dan pembangkit listrik juga dapat melepaskan Karbon Monoksida ke atmosfer. Sementara itu, dalam ruangan, Karbon Monoksida dapat dihasilkan oleh peralatan rumah tangga yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti pemanas gas atau minyak tanah yang tidak berventilasi, tungku yang bocor, dan kompor gas yang tidak teratur (US EPA, 1999)

Untuk mengurangi emisi Karbon Monoksida dan memperbaiki kualitas udara, ada beberapa tindakan yang dapat dilakukan. Di antaranya adalah menggunakan kendaraan dengan bahan bakar alternatif seperti kendaraan listrik atau bertenaga hibrida, memperbaiki mesin kendaraan secara teratur untuk memastikan bahwa emisi gas buang tetap rendah, menggunakan peralatan rumah tangga dengan ventilasi yang baik, dan memperbaiki tungku atau cerobong asap yang rusak atau bocor. Selain itu, individu juga dapat berkontribusi dengan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan menggunakan transportasi umum atau bersepeda dan berjalan kaki jika memungkinkan.

Menghirup udara yang mengandung konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen yang akan dialirkan darah ke organ penting seperti jantung dan otak. Selain itu, apabila udara yang mengandung Karbon Monoksida tinggi terjadi di dalam ruangan atau di lingkungan yang tertutup lainnya, Karbon Monoksida dapat menyebabkan pusing, kebingungan, ketidaksadaran, dan kematian.

Tingkat Karbon Monoksida yang sangat tinggi tidak mungkin terjadi di luar ruangan. Namun, ketika kadar Karbon Monoksida meningkat di luar ruangan, hal itu dapat menjadi perhatian khusus bagi orang dengan beberapa jenis penyakit jantung. Orang-orang ini sudah memiliki kemampuan yang berkurang untuk mengalirkan darah beroksigen ke jantung mereka dalam situasi di mana jantung membutuhkan lebih banyak oksigen daripada biasanya. Mereka sangat rentan terhadap efek Karbon Monoksida saat berolahraga atau di bawah tekanan

yang meningkat. Dalam situasi ini, paparan jangka pendek terhadap peningkatan Karbon Monoksida dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen ke jantung disertai nyeri dada yang juga dikenal sebagai angina.

## 2.6 NO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub> yang paling sering berada di atmosfer yang dihasilkan oleh aktivitas antropogenik (manusia). Nitrogen Dioksida dapat bereaksi di atmosfer membentuk ozon (O<sub>3</sub>) dan hujan asam. Penting untuk dicatat bahwa ozon yang ingin kita minimalkan adalah ozon troposfer; yaitu, ozon di udara ambien yang kita hirup. Ozon stratosfer melindungi kita dan troposfer dari radiasi pengion yang berasal dari matahari. Emisi NO<sub>x</sub> dapat berasal dari (US EPA, 1999):

1. Mobil dan sumber bergerak lainnya menyumbang sekitar setengah dari NO<sub>x</sub> yang dipancarkan
2. Boiler pembangkit tenaga listrik menghasilkan sekitar 40% emisi NO<sub>x</sub> dari sumber tidak bergerak.
3. Emisi substansial juga ditambahkan oleh sumber antropogenik seperti boiler industri, insinerator, turbin gas, penyalan bunga api bolak-balik dan mesin Diesel pada sumber tidak bergerak, besi dan baja pabrik, manufaktur semen, manufaktur kaca, kilang minyak bumi, dan manufaktur asam nitrat.

Emisi NO<sub>x</sub> dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO<sub>x</sub> yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah (He & Jiang, 2021). Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah gas yang toksik bagi manusia. Efek yang terjadi tergantung pada dosis serta lamanya pemaparan yang diterima oleh seseorang. Hal tersebut dijelaskan sebagai berikut (Daryanto, 2004):

1. Konsentrasi NO<sub>2</sub> yang tinggi dapat menyebabkan peradangan paru-paru karena gas ini dapat merusak jaringan paru-paru dan mengiritasi saluran pernapasan. Konsentrasi NO<sub>2</sub> yang mencapai 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru dalam waktu singkat jika seseorang terpapar selama beberapa menit saja.

2. Konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Konsentrasi 150-200 ppm  $\text{NO}_2$  dapat menyebabkan pemampatan bronkioli, yaitu penyempitan saluran napas kecil yang mengarah ke paru-paru. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan bernapas, terutama pada orang yang memiliki penyakit paru kronis atau asma
3. Konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang lebih tinggi dari 500 ppm sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan dapat menyebabkan kematian dalam waktu yang sangat singkat. Konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  yang sangat tinggi ini dapat menyebabkan keracunan akut, yang ditandai dengan gejala seperti sesak napas, batuk berdarah, sakit kepala, pusing, dan kehilangan kesadaran (He & Jiang, 2021)

## 2.7 Kendaraan Bermotor

Jumlah kendaraan bermotor yang terus bertambah secara kualitas maupun kuantitas memberikan banyak dampak bukan hanya dampak positif tapi juga memberikan dampak negatif yaitu polusi. Berdasar dari berbagai informasi yang ada kendaraan bermotor akan menghasilkan gas pencemaran antara lain Karbon Monoksida (CO), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), timah hitam (Pb), dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dari beberapa jenis gas yang ada tersebut, Karbon Monoksida memiliki nilai presentase paling tinggi, yaitu sebanyak 70- 80% (Anwar dkk., 2020).

Menurut Kristianto (2005), kendaraan bermotor menyumbang kontribusi sebesar 75% pada polusi udara, dimana polusi tersebut terutama berasal dari reaksi sampingan antara udara dengan bahan bakar pada saat pembakaran. Pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor akan menghasilkan gas polutan seperti  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_x$ , dan  $\text{NO}_x$  yang dapat merugikan lingkungan. Untuk mengendalikan polusi tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan pemasangan *catalytic Karbon Monoksidanverter* di saluran gas buang kendaraan. *Catalytic Karbon Monoksidanverter* berfungsi untuk mempercepat proses oksidasi dan reduksi pada polutan Hidrokarbon (HC) dan Karbon

Monoksida (CO), serta reduksi Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>). Dengan cara ini, gas polutan yang berasal dari aliran gas buang kendaraan akan diubah melalui reaksi kimia hingga menjadi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O), dan Nitrogen (N<sub>2</sub>). Dengan menggunakan *catalytic Karbon Monoksidanverter*, emisi gas beracun yang keluar dari kendaraan dapat diperkecil dan tidak lagi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, pemasangan *catalytic Karbon Monoksidanverter* pada kendaraan bermotor merupakan salah satu upaya penting untuk menjaga kualitas udara dan lingkungan yang lebih baik (Heisler, 1995).

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik dari pergerakan yang bermacam – macam yang dipengaruhi karena kecepatan, percepatan, dimensi ataupun masing – masing manuver tipe kendaraan, berbeda dari samping pengaruh geometrik jalan. Berikut ini adalah golongan kendaraan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997):

**Tabel 2. 2** Klasifikasi Kendaraan Bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Definisi	Contoh
1	Kendaraan Ringan ( <i>Light Vehicle</i> )	Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dengan jarak as 2 – 3 m.	Mobil penumpang, oplet, mikrobus dan <i>pick up</i> .
2	Kendaraan Berat ( <i>Heavy Vehicle</i> )	Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda.	Bus, truk 2 as, truk 3 as, truk kombinasi, dan truk kecil.
3	Sepeda Motor ( <i>Motorcycle</i> )	Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda.	Sepeda motor dan kendaraan roda 3.

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

## 2.8 Besaran Emisi Kendaraan Bermotor

Faktor emisi gas buang kendaraan yang digunakan di Indonesia telah ditentukan berdasarkan kategori kendaraan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Peraturan tersebut memberikan pedoman bagi industri dan masyarakat untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan. Faktor emisi gas buang kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis bahan bakar, kategori kendaraan, usia kendaraan, kondisi teknis

kendaraan, serta kondisi jalan dan lingkungan. Oleh karena itu, faktor emisi yang digunakan bisa berbeda-beda tergantung pada kondisi kendaraan dan lingkungan di mana kendaraan digunakan.

Perlu diingat bahwa penggunaan kendaraan yang ramah lingkungan seperti kendaraan listrik atau kendaraan bertenaga hibrida dapat membantu mengurangi emisi gas buang dan dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan dari tabel faktor pengali emisi dari Karbon Monoksida berdasarkan jenis kendaraan digunakan untuk menormalisasikan volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), faktor pengali ini ditentukan berdasarkan ukuran yang ada pada lokasi pengamatan, sehingga dapat diketahui kota tersebut termasuk golongan kota apa. Tabel pengali satuan mobil penumpang dapat dilihat di tabel 2.3-2.4.

**Tabel 2. 3** Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi Karbon Monoksida			
	Kota Metropolitan	Perkotaan Besar	Perkotaan Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kendaraan Penumpang	1	0,76	0,8	0,76
Kendaraan Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber: IGW Samsi dkk, 1998

**Tabel 2. 4** Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi Nitrogen Dioksida			
	Kota Metropolitan	Perkotaan Besar	Perkotaan Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kendaraan Penumpang	1	0,81	0,84	0,81
Kendaraan Berat	1,45	1,46	1,45	1,45

Sumber: IGW Samsi dkk, 1998

## 2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Persebaran Polutan

Kondisi dari meteorologi yang bisa mempengaruhi dispersi polutan yang ada di udara adalah, antara lain (Supriyadi dan Pujaardana, 2016):

1. Radiasi Matahari: Sinar matahari yang masuk ke atmosfer mempengaruhi suhu dan tekanan udara yang dapat mempengaruhi pola angin. Radiasi matahari juga dapat menyebabkan terbentuknya lapisan panas di atas permukaan tanah atau air, yang menghasilkan perbedaan suhu dan mengubah pola angin.
2. Suhu: Perbedaan suhu di udara dapat mempengaruhi kecepatan dan arah angin, dan mempengaruhi stabilitas atmosfer. Udara yang lebih hangat cenderung naik, sementara udara yang lebih dingin cenderung turun, yang mempengaruhi pergerakan polutan di udara.
3. Stabilitas Atmosfer: Stabilitas atmosfer berkaitan dengan kemampuan udara untuk mengangkat atau menurunkan polutan. Jika stabilitas atmosfer buruk, seperti saat terjadi inversion layer, udara dingin tertahan di atas udara hangat dan polutan tidak dapat diangkat ke atmosfer lebih tinggi.
4. Distribusi Angin: Pola angin di udara sangat mempengaruhi pola pendispersian polutan. Angin yang kuat dan stabil dapat membawa polutan lebih jauh, sedangkan angin yang lemah dan variabel cenderung membuat polutan terkonsentrasi di satu wilayah.
5. Kelembaban Udara: Kelembaban udara dapat mempengaruhi stabilitas atmosfer dan kecepatan angin. Udara yang lebih kering cenderung lebih stabil dan memiliki kecepatan angin yang lebih tinggi, sedangkan udara yang lebih lembab cenderung lebih tidak stabil dan memiliki kecepatan angin yang lebih rendah.
6. Topografi: Topografi wilayah dapat mempengaruhi pola pendispersian polutan. Bukit, lembah, dan pegunungan dapat mempengaruhi arah dan kecepatan angin, serta mengubah stabilitas atmosfer. Topografi juga dapat mempengaruhi pola angin lokal dan menimbulkan efek turbulensi di sekitar objek (Ruhiat, 2008).

## 2.10 Dispersi

Untuk mengidentifikasi dispersi atau penyebaran polutan, faktor meteorologi yang sangat penting adalah kecepatan angin di lokasi pengamatan. Kecepatan angin dan paparan sinar matahari siang hari yang diukur akan diklasifikasikan dalam kelas stabilitas atmosfer. Stabilitas atmosfer dapat ditentukan berdasarkan kecepatan angin yang terukur dan disesuaikan dengan hasil radiasi matahari yang terjadi pada saat puncak dengan menggunakan keterangan sebagai berikut:

1. “Strong” adalah kondisi pada saat langit cerah tidak berawan.
2. “Moderate” adalah kondisi pada saat awan sedikit menutup langit.
3. “Slight” adalah kondisi pada saat sebagian besar langit tertutupi oleh awan atau mendung.

Perhitungan dispersi atau sebaran diambil dengan asumsi jarak pada arah angin ( $x$ ) sebesar 0,1 km. Perkiraan dispersi berdasarkan kelas stabilitas atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2.5 stabilitas atmosfer Pasquill-Gifford (Nevers, 2000).

**Tabel 2.5** Stabilitas Atmosfer Pasquill-Gifford

Kecepatan Angin Permukaan	Pancaran Sinar Matahari pada Siang Hari			Kondisi Awan pada Malam hari	
	Kuat	Sedang	Lemah	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

Sumber: Noel, 1995

Dimana:

- A = sangat tidak stabil
- B = sedang tidak stabil
- C = lemah tidak stabil
- D = netral

E = lemah stabil

F = stabil

Berikut adalah tabel Konstanta I, J, dan K persamaan McCullen untuk area perkotaan atau urban:

**Tabel 2.6** Konstanta Persamaan McCullen

Kelas Stabilitas Atmosfer	Nilai $\sigma_y$			Nilai $\sigma_z$		
	I	J	K	I	J	K
A-B	320	0,40	-0,50	240	1,00	0,5
C	220	0,40	-0,50	200	0,00	0,00
D	160	0,40	-0,50	140	0,30	-0,50
E-F	110	0,40	-0,50	80	1,50	-0,50

Sumber: Hasibuan dkk, 2015

Stabilitas atmosfer ditentukan berdasarkan kuatnya pancaran sinar matahari yang memancar ke permukaan bumi. Untuk menentukan pancaran sinar matahari pada kelas stabilitas atmosfer dapat menggunakan 3 kategori ini:

**Tabel 2. 7** Kategori Intensitas Sinar Matahari

Intensitas Sinar Matahari (Lux)	Kategori
0 - 6.666 lux	Lemah
6.666 - 13.333 lux	Sedang
13.333 - 20.000 lux	Kuat

Sumber: Miladina, 2019

## 2.11 Pemodelan Udara

Pemodelan udara adalah suatu media alat yang dapat dimanfaatkan untuk untuk membantu dalam proses analisis dan interpretasi dari hasil pendataan emisi serta penilikan peringkat udara . Tahapan yang dilakukan dalam proses pemodelan antara lain:

1. Perencanaan konsep
2. Pengorganisasian, komunikasi, dan pemahaman
3. Analisis, ujicoba pengukuran di lapangan

4. Ramalan, prediksi, peringatan dini (*early warning*), dan
5. Optimasi pengambilan keputusan

Pemodelan dapat memberikan banyak manfaat dalam mengatasi masalah pencemaran udara, seperti:

1. Regulasi dan kajian teknis emisi: Pemodelan dapat digunakan untuk membuat perencanaan regulasi dan kajian teknis emisi. Ini dapat membantu otoritas lingkungan untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan efektif dalam menangani masalah pencemaran udara.
2. Membedakan komitmen sumber pembuangan: Pemodelan juga dapat membantu membedakan komitmen sumber pembuangan jika terjadi masalah pencemaran udara. Dengan demikian, dapat diketahui sumber pencemar dan dapat diambil tindakan yang tepat untuk mengurangi emisi.
3. Perencanaan perangkat pengontrol pencemaran udara: Pemodelan dapat membantu merencanakan perangkat pengontrol pencemaran udara dengan lebih baik. Dengan demikian, dapat dipilih perangkat pengontrol yang paling sesuai untuk mengurangi emisi pencemar dan menjamin kualitas udara yang lebih baik.
4. Fokus ketika tidak ada stasiun pemeriksaan: Pemodelan juga dapat membantu fokus pada area yang belum terjangkau oleh stasiun pemeriksaan. Dengan demikian, dapat diketahui kualitas udara di area yang kurang terpantau dan diambil tindakan yang tepat jika ditemukan adanya pencemaran.
5. Menghitung dampak kesehatan dari efek pencemaran udara: Pemodelan juga dapat membantu menghitung dampak kesehatan dari efek pencemaran udara. Dengan demikian, dapat diketahui besarnya dampak kesehatan dari emisi pencemar dan diambil tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak kesehatan tersebut.
6. Memprediksi fiksasi pencemaran udara: Pemodelan juga dapat digunakan untuk memprediksi fiksasi pencemaran udara, yaitu proses di mana pencemar diserap oleh tanah atau bahan lainnya. Dengan demikian, dapat diprediksi

bagaimana pencemaran udara akan berkembang di masa depan dan diambil tindakan yang tepat untuk mengurangi emisi pencemar.

7. Membuat situasi dan reproduksi strategi: Pemodelan dapat digunakan untuk membuat situasi dan reproduksi strategi untuk mengatasi masalah pencemaran udara. Dengan demikian, dapat dibuat strategi yang lebih efektif untuk mengurangi emisi pencemar dan meningkatkan kualitas udara.

### **2.12 Model Sebaran Gaussian**

Dalam penelitian dampak polusi udara terhadap kualitas udara di lokasi tertentu, pemodelan dispersi Gaussian menjadi metode umum yang digunakan. Metode ini berguna terutama di area perkotaan dan memungkinkan penghitungan emisi dalam jumlah besar, jaringan penerima, dan situasi dispersi yang padat pada jarak yang relatif dekat (Pasquill & Gifford, 1976).

Selain model Gaussian, terdapat beberapa model lain yang dapat digunakan untuk memodelkan penyebaran polutan. Model-model tersebut mencakup model empiris atau statistik yang menghubungkan data konsentrasi di satu lingkungan dengan lingkungan lain, model lagrangian yang memperlakukan paket udara sebagai fungsi waktu sepanjang garis aliran dalam atmosfer, dan model eulerian yang menganalisis konsentrasi di satu atau beberapa kotak yang dipengaruhi oleh kecepatan angin (Ruhiat, 2008).

Dalam konteks penggunaan model Gaussian, sumber titik umumnya berasal dari cerobong asap pabrik, sedangkan sumber garis biasanya terkait dengan aktivitas transportasi (Permatasari dkk., 2014). Menurut US EPA (1998), penggunaan model dispersi Gaussian untuk sumber yang tidak bergerak meliputi plume emisi tunggal dari titik dengan tingkat emisi yang konstan, sumber volume yang menggunakan sumber virtual yang tidak bergerak dengan menentukan ketinggian dan dimensi virtual baik secara vertikal maupun horizontal, serta sumber daerah yang merupakan faktor emisi dari suatu daerah dengan bentuk persegi panjang dan ditentukan oleh ketinggian pelepasan dan ukurannya.

### 2.13 Gaussian Line Source

Model General Finite Line Source (GFLS) merupakan suatu model yang digunakan untuk memperkirakan polutan dari sumber garis. Model ini adalah pengembangan dari model gaussian . Model ini dapat diterapkan untuk segala arah mata angin dan tidak terbatas baik oleh panjang dari line source (Luhar dan Patil 1989). Merupakan salah satu model perhitungan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Gaussian line source yang umum digunakan untuk memperkirakan penyebaran polutan pencemar udara yang dihasilkan dari aktivitas transportasi

Prinsip yang digunakan dalam proses pengembangan model ini adalah jalan dibagi menjadi serangkaian yang memiliki unsur unsur yang dapat dihitung serta dijumlahkan. Pemodelan ini menggunakan data dari meteorologiseperti radiasi matahari, arah angin, dan juga keceptan angin untuk memperkirakan konsentrasi dari polutan

### 2.14 Matlab

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah suatu program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks

Matlab memiliki berbagai toolbox atau pustaka perangkat lunak yang disediakan oleh Mathworks atau pihak ketiga untuk menangani tugas-tugas khusus seperti pemrosesan sinyal, pengolahan citra, pengolahan data, kontrol sistem, optimasi, simulasi, dan sebagainya.

Beberapa fitur dan keuntungan Matlab adalah:

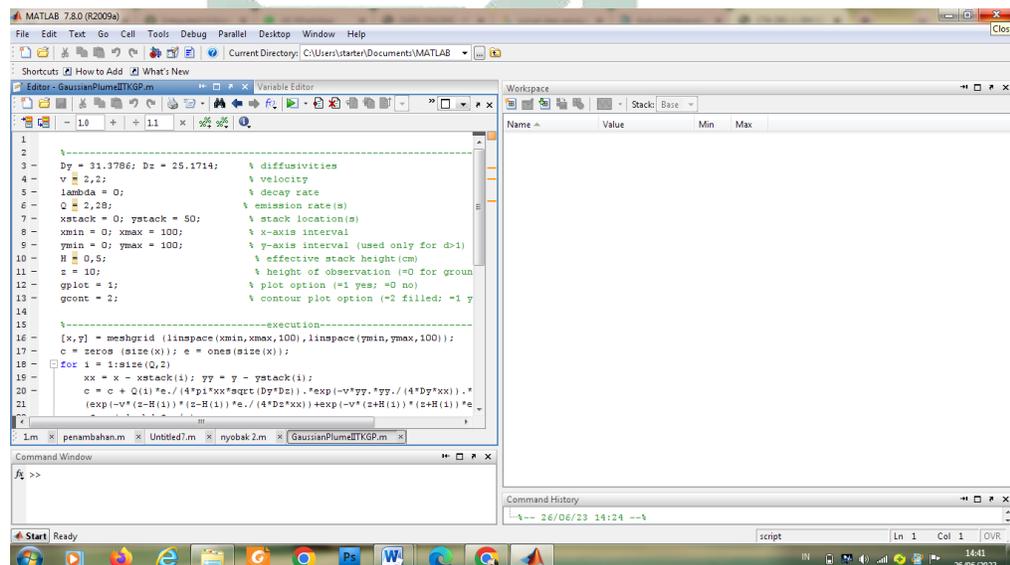
1. Kemampuan untuk mengolah data dan melakukan perhitungan numerik secara efisien dan cepat.
2. Kemampuan untuk melakukan visualisasi data dengan mudah dan cepat menggunakan grafik 2D atau 3D.

3. Ketersediaan toolbox dan pustaka perangkat lunak yang sangat luas dan mendukung berbagai macam aplikasi teknik dan ilmiah.
4. Kemampuan untuk melakukan integrasi dengan program lain seperti C dan Fortran melalui tampilan antarmuka eksternal.
5. Kemampuan untuk melakukan simulasi dan pengujian sistem kontrol.
6. Mudah digunakan dan memiliki dokumentasi yang lengkap.

Namun, Matlab juga memiliki kelemahan, antara lain:

1. Harga yang cukup mahal dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.
2. Memerlukan spesifikasi komputer yang cukup tinggi.
3. Tidak *open source*, sehingga terbatas dalam hal modifikasi dan pengembangan oleh pengguna.
4. Kemampuan untuk melakukan pemrosesan citra dan grafik terbatas dibandingkan dengan software khusus seperti Adobe Photoshop atau Karbon Monoksidarel Draw.

Berikut merupakan tampilan dari aplikasi matlab yang digunakan untuk melakukan pemodelan terkait sebaran Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida.



**Gambar 2. 1** Tampilan Aplikasi Matlab

Adapun langkah – langkah menggunakan matlab untuk melakukan pemodelan terkait sebaran Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida. Antara lain :

1. Buka Aplikasi Matlab
2. Kemudian Masukkan data Script
3. Lalu isi data script sesuai dengan data lapangan yang didapat
4. Klik “Run”
5. Muncul gambar pola sebaran sesuai dengan data yang sudah diinput
6. Data siap untuk dibaca hasil persebarannya

## 2.15 Integrasi Keislaman

Pencemaran udara adalah fenomena yang sering terjadi di sekitar lingkungan masyarakat. Manusia diciptakan oleh Tuhan untuk mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam yang telah disediakan dengan baik. Namun, terkadang manusia lupa bahwa tindakan dan kegiatan mereka dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sebagai makhluk berakal, kita seharusnya bersyukur atas nikmat yang diberikan oleh Tuhan kepada kita. Hal ini tercermin dalam Surat Ibrahim Ayat 7, yang menyatakan:

أَشَدِّدُ عَذَابِي إِنْ كَفَرْتُمْ وَلَئِنْ لَأَرْيِدَنَّكُمْ شُكْرَ تِلْكَ لِيْنَ رَبُّكُمْ تَأَدَّبَ وَإِذْ

Artinya: 'Dan ingatlah ketika tuhanmu memaklumkan, sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya akan menambah nikmat kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari nikmatku, maka pasti azabku sangat pedih'. Maksud dari ayat tersebut mengingatkan kita bahwa kita harus bersyukur terhadap nikmat yang telah diberi oleh Allah SWT. Pada Penelitian ini kita harus bersyukur terhadap nikmat alam yang telah diberikan dan kita wajib menjaga dan memanfaatkan selayaknya manusia berakal.

Allah SWT Berfirman pada ayat lain yaitu dalam Al Qur'an Surat Al A'raf ayat 56 yang berbunyi:

الْمُحْسِنِينَ مِنَ قَرِيبِ اللَّهِ رَحْمَتِ إِنَّ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلَاحَهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي نَفْسِنَا وَلَا

Artinya: "Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi (diciptakan)dengan baik, Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dari penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan".

Tidak sedikit kerusakan lingkungan yang terjadi akibat dari kegiatan manusia, seperti berkembangnya sektor industri dan transportasi. Perkembangan tersebut memiliki dampak negatif pada lingkungan sekitar yaitu meningkatnya konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida .



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## 2.16 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini kemudian akan diperkuat dengan beberapa penelitian terdahulu yang nantinya akan dijadikan pedoman dalam penyusunan skripsi yang tersaji dalam Tabel 2.8 berikut:

**Tabel 2. 8** Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
1.	Dispersi Karbon Monoksida dari Emisi Transportasi Menggunakan Model Gaussian Line Source di Jalan Jendral Sudirman Pekanbaru	Aryo Sasmita, Imalatunil Khaira, Shinta Elystia, dan Muhammad Reza	2021	Konsentrasi Karbon Monoksida tertinggi pada hari Selasa adalah sebesar 6.603,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di titik 1 dan 14.620,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di titik 2, yang masih berada di bawah baku mutu. Dalam perhitungan menggunakan model Gaussian line source, ditemukan bahwa konsentrasi tertinggi Karbon Monoksida pada hari Selasa adalah sebesar 27,198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di titik 1 dan 26,869 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di titik 2 pada jarak 0 meter dari sumber. Namun, semakin jauh jarak dari sumber, maka konsentrasi Karbon Monoksida akan semakin kecil.
2.	Pemodelan Karbon Monoksida Menggunakan Metode Gaussian Pada Persimpangan Bawah	Muhammad Taffarel Faridzi Naufal	2022	Hasil simulasi menunjukkan konsentrasi Karbon Monoksida dan jarak dispersi pada hari Sabtu pagi, siang, dan sore secara berurutan adalah 16.280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (54 m), 14.256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (64 m), dan 18.857 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (76 m). Pada hari Minggu pagi, siang, dan sore secara berurutan, hasil simulasi menunjukkan konsentrasi

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
	Jembatan Layang Waru Sidoarjo Surabaya			Karbon Monoksida dan jarak dispersi sebesar 12.234 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (34 m), 13.524 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (53 m), dan 16.104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (54 m). Sedangkan pada hari Senin pagi, siang, dan sore secara berurutan, hasil simulasi menunjukkan konsentrasi Karbon Monoksida dan jarak dispersi sebesar 20.691 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (62 m), 15.759 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (65 m), dan 28.981 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33 m).
3.	Tingkat Pencemaran Udara Karbon Monoksida Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Udara Skala Mikro Di Jalan Sudirman Jakarta	Fyra Catleya, Yonik Meilawati Yustiani, dan Astri Widiastuti Hasbiah	2021	Prediksi konsentrasi Karbon Monoksida yang dihasilkan oleh kendaraan dengan menggunakan pemodelan berada dalam rentang 5364 ppm hingga 12469 ppm. Konsentrasi Karbon Monoksida terbesar diperkirakan terjadi pada hari Senin Sore, sementara konsentrasi terkecil diperkirakan terjadi pada hari Sabtu pagi. Selisih antara konsentrasi Karbon Monoksida hasil pemodelan dengan pengukuran udara ambien memiliki rentang presentase sekitar 2% hingga 25%.
4.	<i>Traffic induced air pollution modeling: Scenario analysis for air</i>	Iveta Steinberga, Liene Sustere, Janis Bikse,	2018	Hasil pemodelan menunjukkan bahwa salah satu skenario yang paling efektif adalah skenario dengan pembatasan untuk mobil berat ketika pergerakan diperbolehkan untuk mobil ringan (penumpang), dalam hal ini efek untuk

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
	<i>quality management in street canyon</i>	Janis Bikse Jr, Janis Kleperis		beberapa kasus dapat mencapai $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NOX dan rata-rata $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NOx. Skenario yang kurang efektif diidentifikasi dengan pembatasan arus kendaraan ringan (mobil pribadi) selama hari kerja dari pukul 07.00 sampai 19.00.
5.	<i>Identifying Karbon Monoksidanve rgence in nitrogen oxides emissions from motor vehicles in China: A spatial panel data approach</i>	Shixiong He and Lei Jiang	2021	Total NOV di China menunjukkan tren peningkatan yang signifikan selama periode sampel. Secara khusus, emisi ini berjumlah 2,84 juta ton pada tahun 2006 kemudian meningkat dua kali lipat pada tahun 2015 dengan rekor 5,81 juta ton. Prporosi NOV terhadap total emisi NOx juga meningkat selama sepuluh tahun, dari 15,7% pada tahun 2006 menjadi 31,8% pada tahun 2015. NOV sebagian besar provinsi meningkat selama periode sampel. Provinsi dengan NOV tinggi terutama terletak di provinsi yang maju secara ekonomi dan/atau industri. Selain itu, NOV, NOVPC dan NOVPV dari 30 provinsi semuanya menunjukkan hasil yang signifikan dan autokorelasi spasial positif, menunjukkan efek

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
				spillover spasial. Konvergensi NOVPC dan NOVPM di 30 provinsi telah diverifikasi. Deviasi standar NOVPC dan NOVPM disajikan telah menurun.
6.	Penyebaran Konsentrasi Polutan Dengan Pemodelan Dispersi Gauss Menggunakan Matlab	Jainal Abidin dan Ferawati Artauli Hasibuan	2019	Variasi dari tinggi efektif emisi (H) sangat berpengaruh terhadap sebaran konsentrasi polutan. Jika H diperkecil akan didapatkan hasil sebaran konsentrasi yang lebih besar dan jaraknya jangkauannya semakin dekat. Sebaliknya jika H diper besar maka nilai konsentrasi polutan akan semakin kecil dan jarak jangkauannya akan semakin jauh. Selanjutnya pengaruh dari kecepatan angin (v) juga akan sangat berpengaruh, dimana $v = 3 \text{ m/s}$ dibandingkan $v = 2 \text{ m/s}$ akan mengakibatkan perbedaan nilai dari konsentrasi polutan dan jarak jangkauannya berbeda. Sehingga dari hasil penelitian dapat disimpulkan dalam pembuatan tinggi cerobong pabrik sangat dianjurkan dibuat tinggi.
7.	Analisis Sebaran Polutan SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> dan NO <sub>x</sub> dari Sumber	Bambang Rahadi1, Evi Kurniati, Annaz	2019	Laju emisi pada 6 Titik sangat beragam. Parameter SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , dan NO <sub>x</sub> tertinggi terjadi di Jalan Raya Malang-Gempol sebesar $256.432 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ , $5,378.769 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ dan $685.278 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ . terjadi di Pola

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
	Bergerak pada Jalan Arteri Kota Malang	Tasya Imaya		persebaran yang terbentuk adalah menyebar pada jalan raya dengan laju emisi tertinggi terdapat pada Jalan Raya Malang-Gempol.
8.	<i>Analysis of particulate matter and carbon monoxide emission rates from vehicles in a Shanghai tunnel</i>	Qinghai Yang, Henggen Shen, and Zhen Liang	2020	faktor emisi Karbon Monoksida, PM2.5, dan NO <sub>x</sub> kendaraan ringan di Shanghai menurun, dan emisi Karbon Monoksida <sub>2</sub> faktor menurun pada tingkat yang relatif stabil setiap tahun. Selain itu, semua faktor emisi melebihi tingkat penurunan yang diprediksi sebesar 2%.
9.	<i>Characterization of the vehicle emissions in the Greater Taipei Area through vision-based traffic analysis system and its impacts on urban air quality</i>	I-Chun Tsai, Chen-Ying Lee, Shih-Chun Candice Lung, Chih-Wen Su	2021	Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan data lalu lintas waktu nyata meningkatkan kinerja model CMAQ, terutama untuk konsentrasi Karbon Monoksida (KARBON MONOKSIDA) dan partikel halus (PM2.5). Menurut tes sensitivitas untuk total dan emisi kendaraan di Area Taipei Raya, emisi kendaraan berkontribusi pada >90% Karbon Monoksida, 80% Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ), dan sekitar 50% PM2.5 di area pusat kota Taipei. Kontribusi emisi kendaraan dipengaruhi oleh emisi kendaraan dan kondisi meteorologi. Hubungan antara data kamera pengintai, emisi kendaraan, dan model kualitas

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
				udara regional dalam penelitian ini juga dapat digunakan untuk mengeksplorasi dampak peristiwa khusus (misalnya akhir pekan panjang dan penguncian Karbon MonoksidaVID-19) terhadap kualitas udara.
10.	<i>Vehicle emissions in a middle-sized city of China: Current status and future trends</i>	Shida Sun et al.	2020	Kebijakan konvensional, seperti scrapping kendaraan beremisi tinggi, dapat diimbangi di masa mendatang. Empat kemungkinan baru kebijakan kontrol dievaluasi, termasuk VPC, PTP, NEP, dan FTO. Itu pengurangan emisi paling signifikan diamati di bawah FTO untuk Karbon Monoksida, NOx, dan NOX, dan di bawah VPC untuk VOC. Jumlah dan komposisi emisi menunjukkan perbedaan yang signifikan di tingkat kabupaten, menunjukkan kondisi lokal seharusnya dipertimbangkan dalam perumusan kebijakan selain konsistensi nasional.

Sumber: Hasil Analisa, 2023

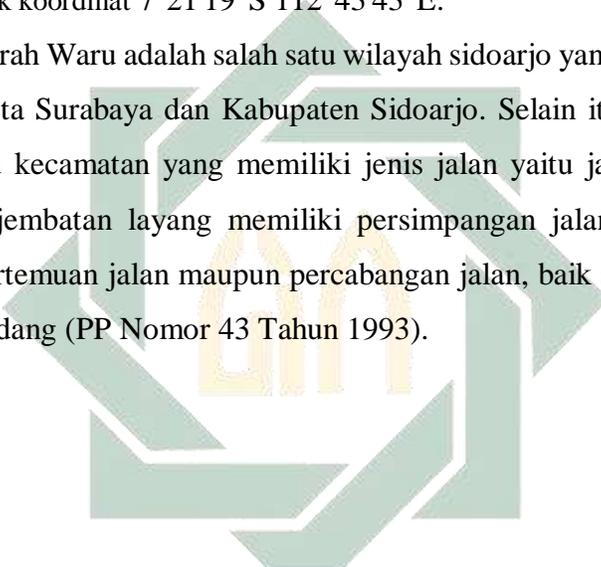
## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

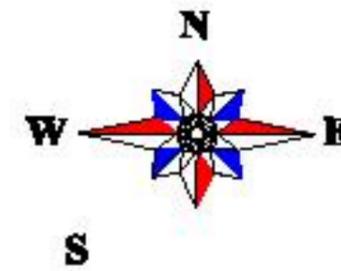
#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi Penelitian ini dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'20''\text{S } 112^{\circ}43'44''\text{E}$ . Terdapat dua jalan dengan 4 fase pergerakan yang digunakan sebagai titik sampling penelitian yaitu Jalan Raya Waru dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'20''\text{S } 112^{\circ}43'45''\text{E}$  dan Jalan Letjend Sutoyo dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'19''\text{S } 112^{\circ}43'43''\text{E}$ .

Daerah Waru adalah salah satu wilayah Sidoarjo yang merupakan pembatas antara Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Selain itu daerah Waru adalah salah satu kecamatan yang memiliki jenis jalan yaitu jalan layang yang tepat dibawah jembatan layang memiliki persimpangan jalan. Persimpangan jalan adalah pertemuan jalan maupun percabangan jalan, baik sebidang ataupun yang tidak sebidang (PP Nomor 43 Tahun 1993).



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**PETA LOKASI TITIK  
SAMPLING**

Keterangan :

 Lokasi Penelitian



Sumber:

Google Earth

Dibuat Oleh :

**Diaz Wanda Prathwi  
H06216003**

Dosen Pembimbing

**Ida Munirida, M.Si, M.T.  
Arqad Priyadi M.Eng**

Skala Gambar

**Tanpa Skala**



**GAMBAR 3. 1 PETA LOKASI PENELITIAN  
SKALA NTS**

### 3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul “Pemodelan Karbon Monoksida Dan NO<sub>x</sub> Pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo Menggunakan Metode Gaussian” akan dilakukan selama 6 bulan yaitu mulai Februari sampai dengan Juli 2023.

### 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di persimpangan bawah jembatan Layang Waru Sidoarjo, lokasi titik sampling ditentukan mengikuti pedoman yang terdapat dalam SNI 19-7119-2005 bagian 9 yang mengatur penentuan lokasi pengambilan sampel Karbon Monoksida untuk uji pemantauan kualitas udara di sepanjang jalan. Penulis memilih lokasi sampling di titik persimpangan bawah jembatan Layang Waru yang merupakan persimpangan antara Jalan Raya Waru dan Jalan Letjend Sutoyo. Pemilihan lokasi titik sampling harus mewakili kondisi udara di daerah persimpangan sehingga dapat mencerminkan kualitas udara di persimpangan bawah jembatan Layang Waru. Penentuan lokasi titik sampling mengacu pada Gambar 3.3 yang disesuaikan dengan SNI 19-7119.9-2005.



**Gambar 3. 2** Penentuan Lokasi Titik Sampling

Sumber: SNI 19-7119.9-2005

Pemilihan lokasi titik sampel juga mengikuti panduan yang tercantum dalam SNI 19-7119.6.9-2005 bagian 6, yang menekankan bahwa data yang diperoleh harus mencerminkan kondisi daerah yang sedang diamati.

Berdasarkan aturan tersebut, terdapat 5 titik lokasi yang dipilih untuk pengambilan sampel yang dapat mewakili persimpangan bawah Jembatan Layang Waru di Sidoarjo. Berikut adalah klasifikasi lokasi titik sampel dalam penelitian ini:

1. Lokasi titik sampel 1 terletak di Jalan Raya Waru, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Raya Waru



**Gambar 3. 3** Lokasi Titik Sampling 1

2. Lokasi titik sampel 2 terletak di Jalan Letjend Sutoyo, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Raya Waru



**Gambar 3. 4** Lokasi Titik Sampling 2

3. Lokasi titik sampel 3 terletak di Jalan Letjend Sutoyo, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Letjend Sutoyo.



**Gambar 3. 5** Lokasi Titik Sampling 3

4. Lokasi titik sampel 4 terletak di Jalan Raya Waru, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Letjend Sutoyo dan Jalan Raya Waru.



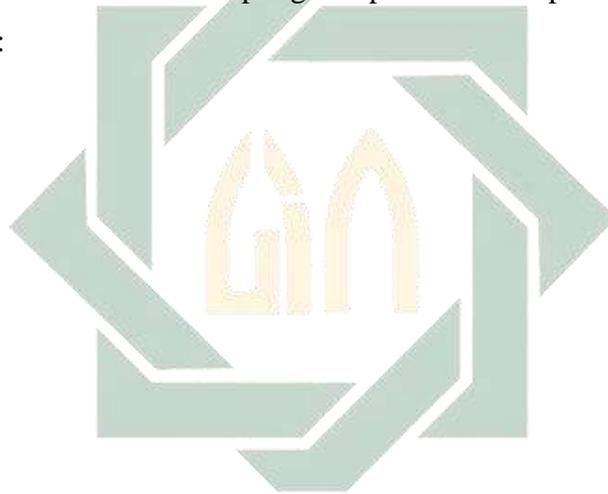
**Gambar 3. 6** Lokasi Titik Sampling 4

5. Lokasi titik sampel 5 terletak di Jalan Raya Waru sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Raya Waru dan Jalan Letjend Sutoyo.

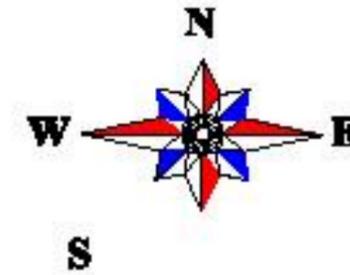


**Gambar 3. 7** Lokasi Titik Sampling 5

Adapun peta lokasi titik sampling dan peta situasi dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9 berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**PETA LOKASI TITIK  
SAMPLING**

Keterangan :

 Lokasi Titik Sampling

Sumber:

Google Earth

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Prathel  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murnianda, M.Si, M.T.  
Arqael Fribadi M.Eng

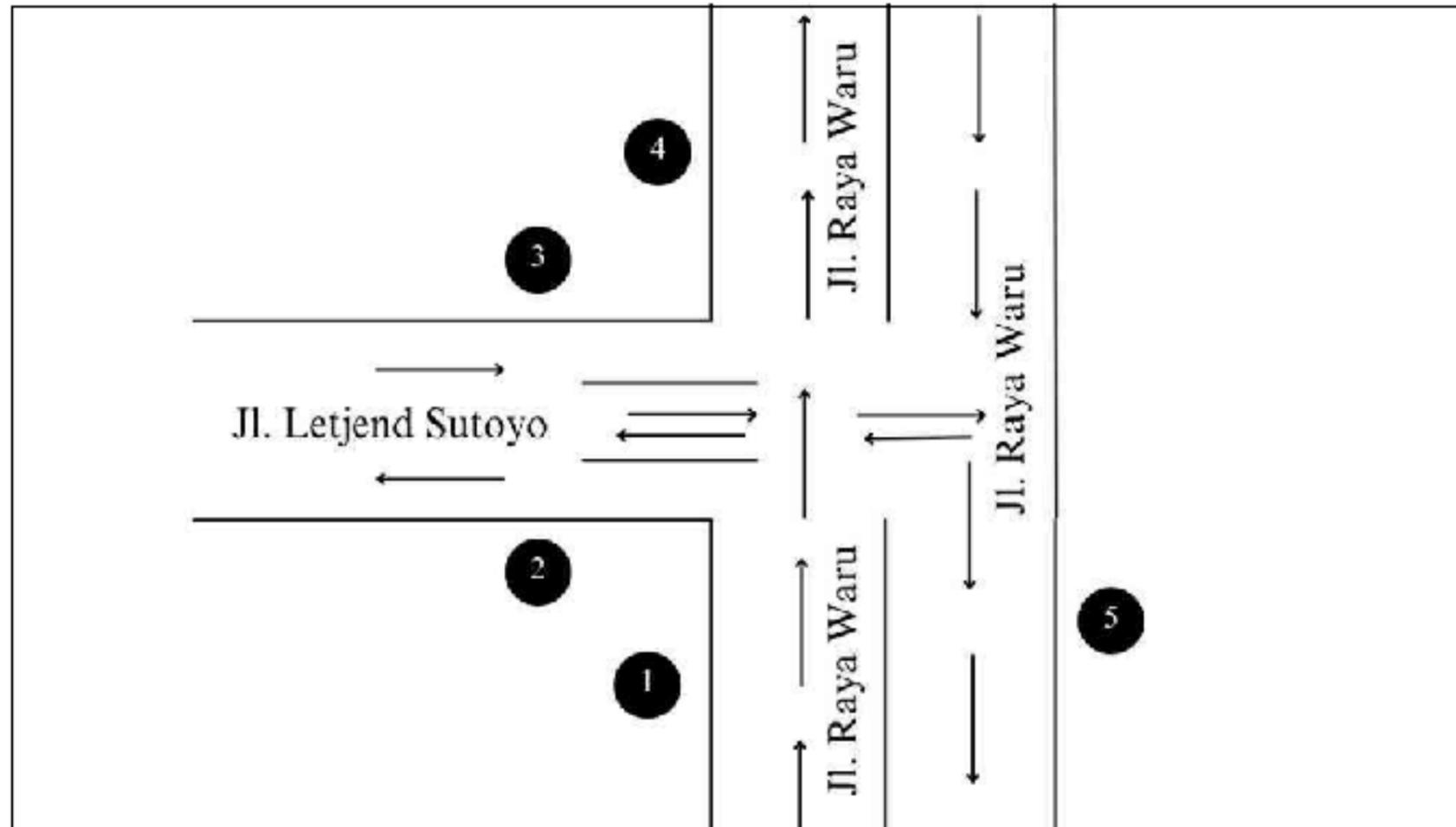
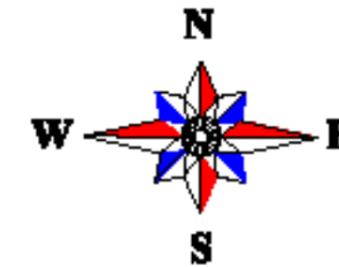
Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 3. 8 PETA LOKASI TITIK SAMPLING**

**SKALA NTS**



**GAMBAR 3. 9 PETA SITUASI**  
**SKALA NTS**



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 3.9 PETA  
SITUASI**

Keterangan :

● Titik Lokasi Sampling

Sumber:

Google Earth

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratiwi  
H05218003

Dosen Pembimbing

Ide Munirida, M.Si, M.T.  
Arqael Pribeadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala

### **3.4 Waktu Pengambilan Sampel**

Pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida dilakukan selama tiga hari dengan interval pengambilan sampel selama satu jam, sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri LH Nomor 12 tahun 2010 dan jumlah kendaraan bermotor Sukirman, 1994. Pengukuran dilakukan pada dua hari libur dan satu hari kerja, yaitu pada hari Sabtu sebagai representasi setengah hari kerja dan setengah hari libur, hari Minggu sebagai representasi hari libur, dan hari Senin sebagai representasi hari kerja.

#### **3.4.1 Interval waktu pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida**

Permen LH Nomor 12 Tahun 2010 menyatakan bahwa waktu interval untuk pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida adalah sebagai berikut:

- a. Waktu Pagi hari pada jam 06.00-09.00
- b. Waktu Siang hari pada jam 12.00-14.00
- c. Waktu Sore hari pada jam 16.00-18.00

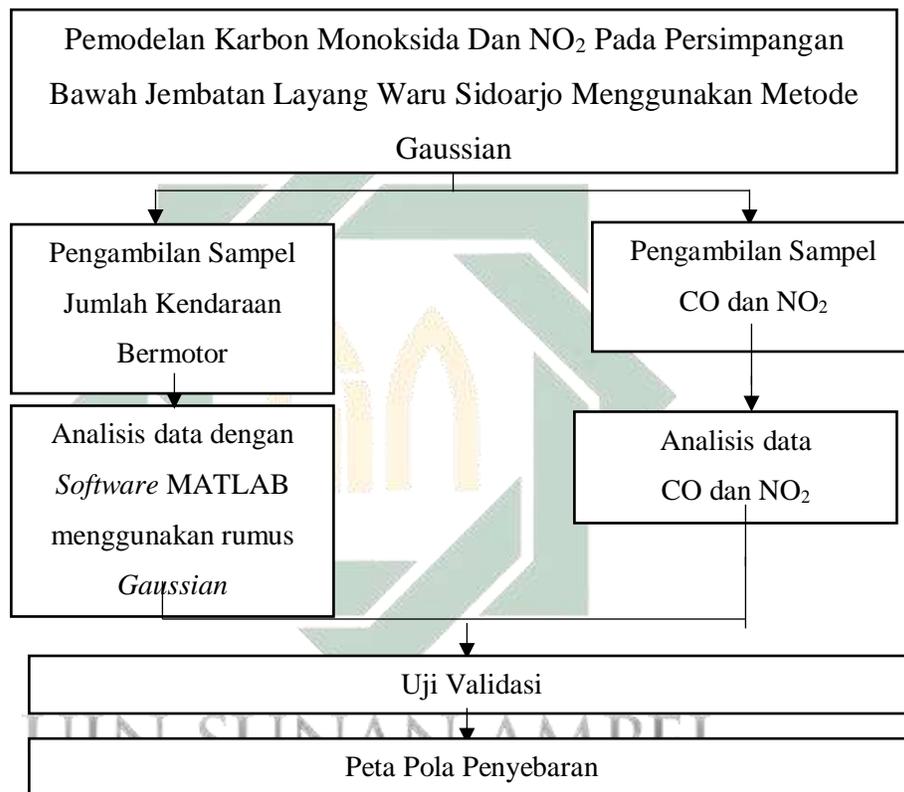
#### **3.4.2 Interval Waktu Pengukuran Kendaraan Bermotor**

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari, maka sangat Karbon Monoksida Karbon Monoksida jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan (Sukirman, 1994).

### **3.5 Kerangka Pikir Penelitian**

Pada dasarnya, kerangka pikir penelitian merupakan sebuah sistem atau metode yang dirancang secara sistematis dengan tujuan untuk mencapai hasil penelitian yang optimal dan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Dalam gambar yang disajikan di bawah ini, dapat dilihat Karbon Monoksida dari kerangka pikir penelitian yang terdiri dari beberapa komponen yang saling terkait dan harus dipertimbangkan secara cermat. Penelitian ini dilakukan untuk

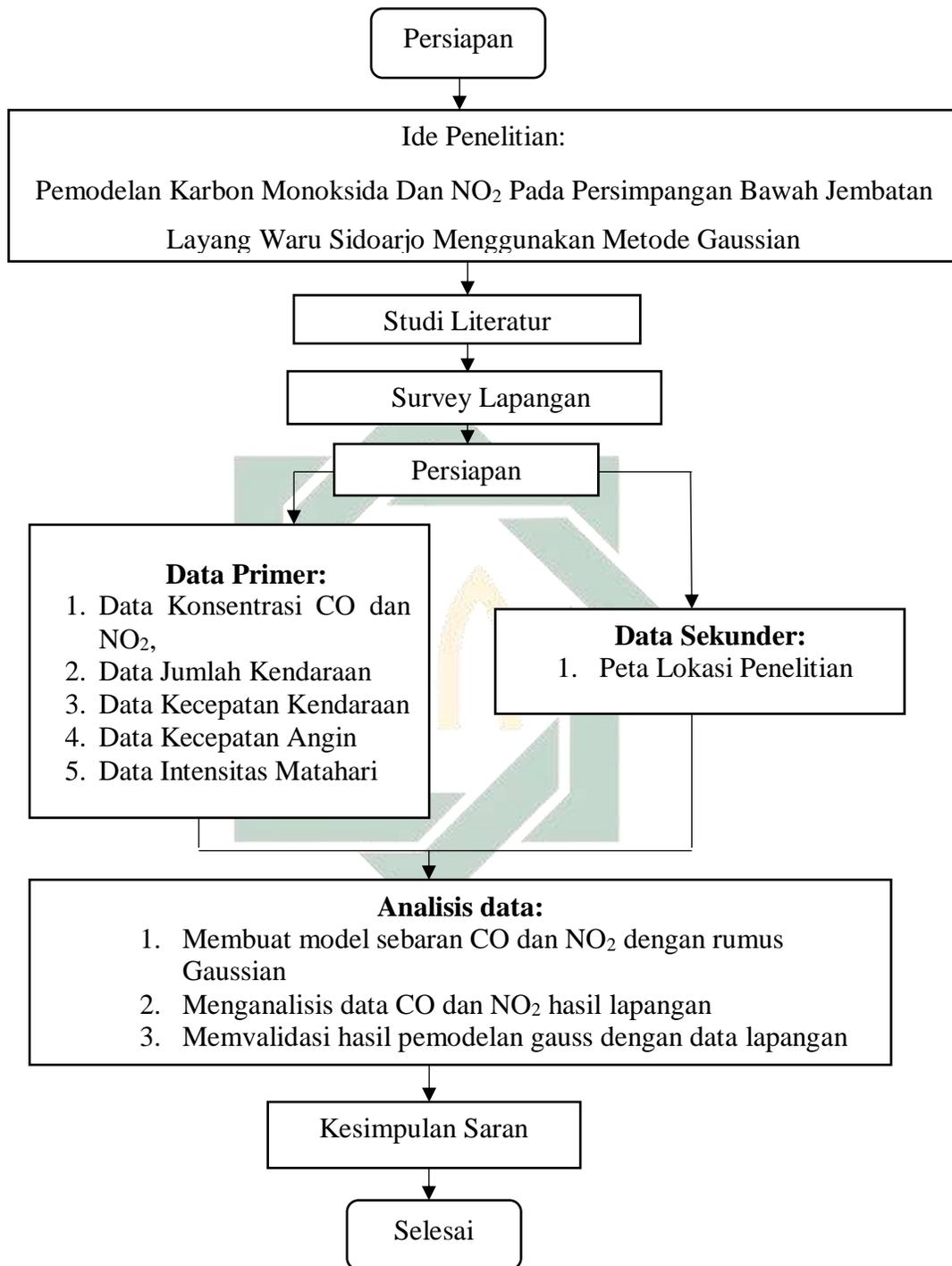
mengetahui Prediksi dispersi polutan. Prediksi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari adanya kendaraan bermotor terhadap kualitas udara di daerah sekitar. Untuk melakukan pemodelan dispersi emisi ini diperlukan suatu penelitian terhadap kondisi meteorologi dan data statistik emisi yang dikeluarkan sumber. Selanjutnya dari kajian dan pembahasan itu dapat menghasilkan kesimpulan dan saran untuk pedoman penelitian yang akan datang.



**Gambar 3. 10** Kerangka Pikir

### 3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang memuat penelitian ini dimulai dari tahap persiapan, pelaksanaan, pengolahan data, dan tahap akhir yaitu tahap penyusunan laporan.



**Gambar 3. 11** Tahapan Penelitian

### 3.6.1 Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan merupakan langkah awal dalam penelitian yang melibatkan pengumpulan informasi terkait atau penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian. Selanjutnya, dilakukan observasi terhadap lokasi penelitian yang akan dilakukan serta menjalankan prosedur pengelolaan yang diperlukan untuk mendapatkan persetujuan penelitian dari pihak terkait.

### 3.6.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

#### 1. Metode Pengumpulan Data

##### a. Data Primer

Dibawah ini merupakan data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini , antara lain:

**Tabel 3. 1** Data Primer

No	Parameter	Alat Ukur	Sumber
1.	Konsentrasi Karbon Monoksida	<i>CO Analyzer</i>	SNI 7119:10:2011
2.	Konsentrasi Nitrogen Dioksida	<i>Imoinger dan Spektrofotometer</i>	SNI 19-7119.2-2005
3.	Jumlah Kendaraan Bermotor	<i>Aplikasi Traaffic Count</i>	Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997
4.	Kecepatan Kendaraan	<i>Video dan Speed Gun</i>	MKJI dan Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT), 2020
5.	Kecepatan Angin	<i>Anemometer</i>	SNI 3851-2-2018

6.	Intensitas Sinar Matahari	<i>Lux Meter</i>	SNI 7062:16:2004
----	---------------------------	------------------	------------------

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Data primer diperoleh secara langsung dengan mengambil sampel setiap parameter yang diuji, dalam hal ini konsentrasi Karbon Monoksida menggunakan *CO Analyzer* dan NO<sub>2</sub> menggunakan *Impinger*, jumlah kendaraan dengan perhitungan manual atau software handphone (*Counter*), dan kecepatan angin dengan alat *anemometer*.

b. Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang didapat dari beberapa literatur seperti penelitian terkait dan peta lokasi penelitian.

2. Teknik Pengambilan Sampel

a. Pengambilan Sampel Konsentrasi Karbon Monoksida

Pengambilan Karbon Monoksida konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dilakukan dengan metode pembacaan secara langsung (real time sampling) menggunakan alat pengukur CO analyzer. Alat ini dilengkapi dengan sistem sensor yang sensitif terhadap konsentrasi Karbon Monoksida. Prinsip kerja alat ini adalah jika ada keberadaan konsentrasi Karbon Monoksida maka sensor alat ini akan mendeteksi keberadaan konsentrasi Karbon Monoksida dan secara otomatis menunjukkan nilai Konsentrasi Karbon Monoksida (SNI 7119:10:2011). Berikut merupakan alat *CO Analyzer*:



**Gambar 3. 12** CO Analyzer

Hasil perhitungan CO analyzer akan mengeluarkan data dengan satuan ppm, hasil pengukuran tersebut harus diubah ke dalam satuan  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  untuk dapat dibandingkan dengan baku mutu terkait. Nilai baku mutu dihitung dalam kondisi ruang yaitu 1 atm dan  $25^\circ\text{C}$  atau  $298^\circ\text{K}$ / Satuan ppm akan dapat diubah dengan menggunakan rumus berikut (Mihelcic, 1999):

$$C \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = C \text{ ppm} \times MW \times \frac{(1000 P)}{(RT)} \dots \text{Rumus (3. 1)}$$

Dimana:

P = Tekanan Udara (1 atm)

M = Berat Senyawa Karbon Monoksida

R = Konstanta Gas universal (0,0821)

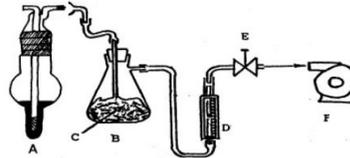
T = Temperatur ( $25^\circ\text{C}$  atau  $298^\circ\text{K}$ )

b. Pengambilan Sampel Nitrogen Dioksida

Impinger digunakan untuk mengambil Sampel Nitrogen Dioksida, yang merupakan wadah untuk mengumpulkan sampel uji yang memiliki ujung silinder kaca di bagian bawahnya dan memiliki porositas dengan diameter maksimum  $60 \mu$  (mikron). Fungsi dari impinger ini adalah untuk memudahkan penyerapan gas Nitrogen Dioksida ke dalam larutan penjerap. Berikut langkah kerja pengambilan sampel Nitrogen Dioksida mengacu pada SNI 19-7119.2-2005 Udara ambien – Bagian 2: Cara uji kadar Nitrogen

Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dengan metoda *Griess Saltzman* menggunakan *spektrofotometer*:

1. Susun peralatan pengambilan contoh uji seperti pada gambar berikut:



**Gambar 3. 13** Peralatan Pengambilan Contoh Uji

Sumber: SNI 19-7119.2-2005

2. Masukkan larutan penjerap Griess Saltzman sebanyak 10 mL ke dalam botol penjerap. Atur botol penjerap agar terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung.
3. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur kecepatan alir 0,4 L/menit, setelah stabil catat laju alir awal (F1).
4. Lakukan pengambilan Contohuji selama 1 jam dan catat temperatur dan tekanan udara.
5. Setelah 1 jam catat laju alir akhir (F2) dan kemudian matikan pompa penghisap.
6. Analisis dilakukan di lapangan segera setelah pengambilan Contohuji.

Berikut merupakan pembuatan kurva kalibrasi untuk konsentrasi Nitrogen Dioksida :

1. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat.
2. Masukkan masing-masing 0,0 mL; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL; 0,8 mL dan 1,0 mL larutan standar nitrit menggunakan pipet volumetrik atau buret mikro ke dalam tabung uji 25 mL.

3. Tambahkan larutan penjerap sampai tanda tera. kocok dengan baik dan biarkan selama 15 menit agar pembentukan warna sempurna.
4. Ukur serapan masing-masing larutan standar dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.
5. Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah Nitrogen Dioksida ( $\mu\text{g}$ ). A adalah botol penjerap (fritted bubbler); D adalah flow meter yang dapat mengukur laju alir 0,4 L/menit; B adalah perangkap uap (mist trap); E adalah kran pengatur; C adalah arang aktif atau soda lime; F adalah pompa.

Pengujian contoh uji:

1. Masukkan larutan Karbon Monoksida contoh uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, lalu ukur intensitas warna merah muda yang terbentuk pada panjang gelombang 550 nm.
2. Baca serapan contoh uji kemudian hitung konsentrasi dengan menggunakan kurva kalibrasi.
3. Lakukan langkah-langkah diatas untuk larutan penjerap yang diukur sebagai larutan blanko

Berikut perhitungan yang digunakan untuk mengetahui besaran konsentrasi pada Nitrogen Dioksida menggunakan alat Impinger dengan metode Grietz Saltzman:

1. Konsentrasi Nitrogen Dioksida dalam larutan standar  
Jumlah Nitrogen Dioksida ( $\mu\text{g}$ ) tiap 1 mL larutan standar yang digunakan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$NO_2 = \frac{a}{100} \times \frac{46}{69} \times \frac{1}{f} \times \frac{10}{1000} \times 10^6 \dots\dots \text{Rumus (3. 2)}$$

Dimana:

$NO_2$  = jumlah Nitrogen Dioksida dalam larutan standar  
 $NaNO_2$  ( $\mu\text{g/mL}$ )

a = berat NaNO<sub>2</sub> yang ditimbang (g)

46 = berat molekul Nitrogen Dioksida

69 = berat molekul NaNO<sub>2</sub>

f = faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO<sub>2</sub> yang menghasilkan warna yang setara dengan 1 mol NO<sub>2</sub> (nilai f = 0,82)

10/1000 = faktor pengenceran dari larutan induk NaNO<sub>2</sub>

10<sup>6</sup> = konversi dari gram ke µg.

## 2. Volum contoh uji udara yang diambil

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760} \quad \dots \text{ Rumus (3. 3)}$$

Dimana:

V = volum udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25° C, 760 mmHg

F1 = laju alir awal (L/menit)

F2 = laju alir akhir (L/menit)

t = durasi pengambilan contoh uji (menit)

P<sub>a</sub> = tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)

T<sub>a</sub> = temperatur rata-rata selama pengambilan Karbon contoh uji (K)

298 = konversi temperatur pada kondisi normal (25°C) ke dalam Kelvin

760 = tekanan udara standar (mmHg)

## 3. Konsentrasi NO di udara ambien

$$C = \frac{b}{V} \times \frac{10}{25} \times 1000 \quad \dots \text{ Rumus (3. 4)}$$

Dimana:

C = konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara (µg/Nm<sup>3</sup>)

b = jumlah NO<sub>2</sub> dari contoh uji hasil perhitungan dari kurva kalibrasi (µg);

V = volum udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25 C,760 mmHg

10/25 = faktor pengenceran

1000 = konversi liter ke m

c. Perhitungan Data Kendaraan bermotor

Jumlah kendaraan akan dikumpulkan secara manual dengan mencatat setiap kendaraan yang melintasi lokasi titik sampel selama periode sampling yang berlangsung yaitu selama satu jam. Jenis kendaraan bermotor yang akan dihitung yaitu sebagai berikut:

- Sepeda motor
- Kendaraan ringan
- Kendaraan berat.

Data kendaraan yang telah dikumpulkan akan dihitung untuk mengetahui jumlah kendaraan setiap detik dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kendaraan/Detik} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan}}{3600} \dots\dots \text{Rumus (3. 5)}$$

Untuk tahap selanjutnya yaitu menghitung laju emisi pada kendaraan. Laju emisi merujuk pada jumlah polutan yang diproduksi oleh kendaraan dalam satu kilometer perjalanan. Tingkat emisi dapat dihitung dengan memasukkan variabel kecepatan rata-rata kendaraan pada ruas jalan yang diprediksi menggunakan persamaan sebagai berikut: (Pedoman Teknik PUPR No.017/T/BM/1999)

$$qCO = 867,92 V^{-0,8648} \dots\dots \text{Rumus (3. 6)}$$

$$q_{NOx} = 0,0005V^2 - 0,0656V + 3,6586 \quad \dots \text{ Rumus (3. 7)}$$

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

Setelah menghitung laju emisi langkah selanjutnya yaitu menghitung kekuatan emisi (Q), kekuatan emisi merujuk pada jumlah massa polutan yang dilepaskan ke atmosfer oleh sumber polusi lalu lintas dalam satuan waktu tertentu. Kekuatan emisi lalu lintas pada periode padat seperti pagi dan sore hari dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Pedoman Teknik PUPR No.017/T/BM/1999):

$$Q = n \times q \quad \dots \text{ Rumus (3. 8)}$$

Dimana:

n = hasil pengali emisi CO (smp/detik)

q = laju emisi (gr/km)

Selanjutnya menghitung koefisien dispersi menggunakan persamaan Pasquill-Gifford McCullen untuk area perkotaan atau urban menggunakan persamaan berikut (Hasibuan dkk., 2015):

$$\sigma = (1 + \sqrt{x}) K \quad \dots \text{ Rumus (3. 9)}$$

Dimana:

$\sigma$  = koefisien dispersi (m)

x = jarak searah dengan angin (m)

d. Pengukuran Kecepatan Kendaraan



**Gambar 3. 14** Speed Gun

Speed Gun sendiri digunakan dengan tujuan untuk menjaga batas kecepatan maksimal kendaraan yang melaju. Teknologi penangkap kecepatan ini pada dasarnya memiliki prinsip kerja menggunakan frekwensi dan gelombang suara seperti radar. Cara kerja dari Speed gun yaitu akan mengukur seberapa cepat kendaraan melaju menggunakan kecepatan laser mencapai objek lalu memantulkannya kembali. Speed gun yang diklaim akurat bisa mendeteksi atau mengukur kecepatan kendaraan sejauh maksimal 300 meter (BPJT 2020). Selain menggunakan Speed Gun kecepatan kendaraan dihitung dengan memvideo kondisi kendaraan dan dihitung melalui rumus sebagai berikut (MKJI,1999):

$$V = \frac{s}{t}$$

..... Rumus (3. 10)

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

s = Jarak yang ditempuh (Km)

t = Waktu (jam)

e. Pengukuran Kecepatan angin



**Gambar 3. 15** Anemometer Digital

Kecepatan angin diukur menggunakan alat anemometer digital, dengan kipas sebagai sensor data. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara memegang anemometer secara vertikal atau menaruhnya di atas penyangga. Angka kecepatan angin akan ditampilkan secara otomatis pada speedometer. Anemometer digital merupakan alat yang terdiri dari tombol-tombol dan layar tampilan (*display*). Anemometer digital memiliki tiga skala pengukuran yaitu meter/sekon, km/jam, dan north. Pada anemometer digital pengukuran dapat dilakukan berulang-ulang dan data akan otomatis tersimpan dalam memori (SNI 3851-2-2018)

f. Pengukuran Intensitas Matahari



### Gambar 3. 16 Luxmeter Digital

Menurut SNI 16-7062-2004 Tata Cara penggunaan *luxmeter* adalah sebagai berikut:

- (1) Hidupkan *luxmeter* yang telah dikalibrasi dengan membuka penutup sensor
- (2) Bawa alat ke tempat titik pengukuran yang telah ditentukan
- (3) Baca hasil pengukuran pada layar monitor setelah menunggu beberapa saat sehingga didapat nilai angka yang stabil
- (4) Catat hasil pengukuran
- (5) Matikan *luxmeter* setelah selesai dilakukan

#### 3.6.3 Tahap Pengolahan Data

- a) Konsentrasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan pemodelan menggunakan metode Gaussian

Data yang didapatkan dari hasil sampling yaitu Karbon Monoksida (CO) dan NO<sub>x</sub> akan dibandingkan dengan peraturan terkait yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, selanjutnya hasil emisi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida dari data kendaraan bermotor dihitung menggunakan rumus Gaussian sebagai berikut (Holzbecher, 2006):

$$C = \frac{Q}{4\pi x \sqrt{\sigma_y \sigma_z}} \exp\left(-\frac{vy^2}{4x\sigma_y}\right) \left[ \exp\left(-\frac{v(z-H)^2}{4x\sigma_z}\right) + \exp\left(-\frac{v(z+H)^2}{4x\sigma_z}\right) \right] \exp\left(\frac{\lambda}{v}x\right)$$
$$C = \frac{Q}{\pi \mu \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right)\right)$$

..... Rumus (3. 11)

Dimana:

C = Konsentrasi polutan pada titik  $x,y,z$  ( $g/m^3$ )

Q = Laju emisi polutan ( $g/s$ )

= Kecepatan angin ( $m/s$ )

= Tetapan dispersi secara horisontal terhadap sumbu  $x$  ( $m$ )

= Tetapan dispersi secara horisontal terhadap sumbu  $y$  ( $m$ )

H = Tinggi pencemar ( $m$ )

$y$  = Jarak sebaran ( $m$ )

exp = eksponensial

- b) Pemodelan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo berdasarkan model Gaussian

Perangkat lunak MATLAB digunakan oleh banyak peneliti matematika sebagai alat untuk memodelkan berbagai permasalahan, termasuk peristiwa alam yang terjadi dalam keadaan nyata. Dalam konteks ini, MATLAB dapat digunakan untuk merumuskan model matematika berupa persamaan fungsi pencemaran yang terjadi di lokasi tertentu. Metode ini sering disebut sebagai metode analitik, yang umumnya tidak mudah untuk diimplementasikan langsung dalam MATLAB. Namun, MATLAB dapat digunakan sebagai alat implementasi untuk memodelkan sebaran polutan udara, termasuk Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida.

- c) Validitas bentuk model Gaussian dengan hasil data lapangan menggunakan rumus MAPE

Uji validasi model bertujuan untuk membandingkan data hasil pemodelan dengan data lapangan guna menentukan sejauh mana kesesuaian antara keduanya. Validasi ini penting untuk memastikan bahwa hasil pemodelan akurat dan dapat diandalkan.

Dalam proses validasi, salah satu metode yang dapat digunakan adalah pengujian MAPE (Mean Absolute Percentage Error) yang melibatkan perhitungan menggunakan rumus tertentu. Hasil dari uji validasi ini kemudian menjadi dasar dalam penyusunan model secara keseluruhan. (Wardhani, dkk. 2020):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \quad \dots \text{ Rumus (3. 12)}$$

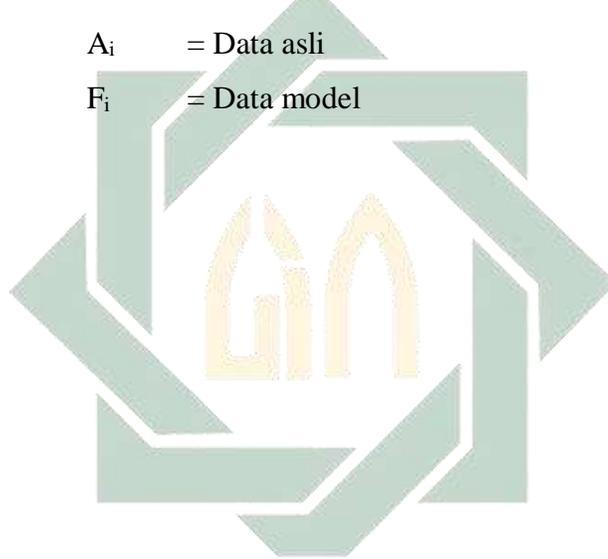
Dimana:

MAPE = Mean Absolute Percentage Error

n = Jumlah data

$A_i$  = Data asli

$F_i$  = Data model



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum**

Secara geografis, Jalan Raya Waru merupakan perbatasan antara kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Menurut Dinas Perhubungan (Dishub) Sidoarjo jalan Raya Waru merupakan Jalan Nasional dan merupakan jenis jalan arteri karena memiliki lebar jalan sebesar 12000 milimeter dan kecepatan rata2 60km/ jam (MJKI) .Batas wilayah dari Jalan Raya Waru yaitu sebelah utara merupakan Kota Surabaya, Sebelah Timur Selat Madura, Sebelah Selatan Kecamatan Gedangan dan Kecamatan Sedati dan sebelah Barat Kecamatan Taman. Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo merupakan persimpangan dengan tingkat kemacetan yang cukup tinggi dikarenakan merupakan arah menuju Terminal Bungurasih yang merupakan terminal terbesar di Indonesia. Penelitian ini dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo dikarenakan persimpangan ini merupakan persimpangan yang sering mengalami kepadatan kendaraan yang mengakibatkan pada kemacetan khususnya pada pagi hari dan sore hari. Salah satu karakteristik yang unik dari Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo adalah bahwa ini adalah simpang tiga dengan empat fase pergerakan kendaraan. Selain itu, persimpangan ini juga dilewati oleh jalur kereta api, di mana waktu tunggu rata-rata saat kereta api melintas berkisar antara 72 hingga 240 detik. Di sisi lain, Persimpangan Margorejo adalah persimpangan yang menghubungkan Jalan Letjend Sutoyo dengan Jalan Raya Waru, yang merupakan bagian dari jalan arteri Surabaya-Waru. Jalan Raya Waru sendiri merupakan salah satu akses utama yang penting menuju luar kota dan termasuk dalam jaringan jalan nasional. Oleh karena itu, volume lalu lintas di Jalan Raya Waru padat (Dinas Perhubungan, 2020).



**Gambar 4. 1** Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penempatan titik sampling dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru, dengan rincian lokasi titik sampling yang terdapat dalam Gambar 3.3 hingga Gambar 3.7. Sampel yang diambil meliputi konsentrasi Karbon Monoksida, konsentrasi nitrogen dioksida, jumlah kendaraan, intensitas cahaya, suhu, arah angin, dan kecepatan angin. Penentuan jumlah titik sampling didasarkan pada standar SNI 19-7119.9-2005, serta beberapa kriteria lain seperti kepadatan lalu lintas dan kondisi meteorologi. Berdasarkan peraturan dan kriteria tersebut, total ada 5 titik pengambilan sampel yang ditentukan. Berikut adalah kondisi eksisting dari 5 lokasi pengambilan sampel.

a. Titik Sampling 1

Titik sampling 1 terletak di sebelah selatan Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru tepatnya di Jalan Raya Waru dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'21''S$   $112^{\circ}43'44''E$  dengan rute kendaraan dari arah Sidoarjo ke arah Surabaya. Titik satu memiliki lebar jalan 8000 mm dan merupakan deretan pertokoan dan perusahaan dan juga bank. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, jumlah kendaraan, suhu, intensitas cahaya dan kecepatan angin.



**Gambar 4. 2** Kondisi Lapangan Titik 1

b. Titik Sampling 2

Titik sampling 2 terletak di sebelah barat Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru tepatnya di Jalan Letjend Sutoyo dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'20''S$   $112^{\circ}43'43''E$  dengan rute kendaraan dari arah Kecamatan Gedangan Sidoarjo menuju Kecamatan Taman. Di Titik ini merupakan titik yang jumlah kendaraan yang melintas relatif sedikit karena merupakan arah keluar terminal dan didominasi dengan rumah penduduk. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, jumlah kendaraan, suhu, intensitas cahaya dan kecepatan angin.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 4. 3** Kondisi Lapangan Titik 2

c. Titik Sampling 3

Titik sampling 3 terletak di sebelah barat Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru tepatnya di Jalan Letjend Sutuyo dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'19''\text{S}$   $112^{\circ}43'43''\text{E}$  dengan rute kendaraan dari arah Sidoarjo menuju Surabaya. Titik ini merupakan arah keluar terminal bungurasih sehingga pada titik ini lebih didominasi kendaraan berjenis Bus. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, jumlah kendaraan, suhu, intensitas cahaya dan kecepatan angin.



**Gambar 4. 4** Kondisi Lapangan Titik 3

d. Titik Sampling 4

Titik sampling 4 terletak di sebelah Utara Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru tepatnya di Jalan Raya Waru dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'18''S$   $112^{\circ}43'44''E$  dengan rute kendaraan dari arah Sidoarjo menuju Surabaya. Titik ini merupakan jalan yang mana kendaraan berasal dari titik 1 dan titik 3 serta terdapat putar balik bagi pengendara motor yang dari Surabaya mau kembali ke Surabaya dimana tempat putar balik berada di bawah jembatan layang Waru yang hendak menuju ke daerah Surabaya sehingga kendaraan yang melintas relatif beragam mulai dari kendaraan motor hingga kendaraan berat. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, jumlah kendaraan, suhu, intensitas cahaya dan kecepatan angin.



**Gambar 4. 5** Kondisi Lapangan Titik 4

e. Titik Sampling 5

Titik sampling 5 terletak di sebelah Selatan Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru tepatnya di Jalan Raya Waru dengan titik koordinat  $7^{\circ}21'20''S$   $112^{\circ}43'45''E$  dengan rute kendaraan dari arah Surabaya menuju Sidoarjo. Titik ini merupakan titik masuk bagi masyarakat yang berdomisili di Surabaya untuk melakukan aktivitas di Sidoarjo baik yang hendak bekerja maupun hendak sekolah karena di titik ini merupakan titik yang mengarah ke perkantoran , pabrik , dan juga sekolah SMA juga terdapat rel kereta di jalur sebelah kiri sehingga sering menyebabkan kemacetan apabila kereta api sedang melintas. Pada titik ini dilakukan pengambilan sampel Karbon Monoksida, Nitrogen Dioksida, jumlah kendaraan, suhu, intensitas cahaya dan kecepatan angin.



**Gambar 4. 6** Kondisi Lapangan Titik 5

## **4.2 Hasil Konsentrasi Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo Berdasarkan Pemodelan Menggunakan Metode Gaussian**

### **4.2.1 Hasil Pengukuran Data Meteorologi**

#### **a. Kecepatan Angin**

Pengukuran atau pengambilan sampel kecepatan angin dilaksanakan pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo menggunakan 5 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, yaitu pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023, Minggu tanggal 7 Mei 2023, dan Senin tanggal 8 Mei 2023. Setiap titik sampel diukur selama 15 menit. Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Informasi mengenai arah angin didapatkan dari data resmi Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) tahun 2023. Berikut adalah hasil pengukuran kecepatan angin yang diperoleh selama periode pengukuran tersebut:

##### **1) Pagi Hari**

Pada pukul 07.00-09.00 WIB dilakukan pengukuran kecepatan angin. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada

interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

**Tabel 4. 1** Pengukuran Kecepatan Angin Pagi Hari

Kecepatan Angin (m/s)			
Titik	Pagi Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	3,2	3,8	3,2
2	3,6	3,5	3,6
3	3,5	3,5	3,9
4	3,9	3,6	3,6
5	3,7	3,3	3,9
Rata-Rata	3,6	3,5	3,6

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.7, terlihat bahwa rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu pagi hari memiliki nilai tertinggi pada hari Sabtu dan Senin dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 3,6 m/s. Sementara itu, kecepatan angin rata-rata terendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 3,5 m/s. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas masyarakat yang masih tinggi pada hari Senin dan Sabtu, baik dalam hal bekerja maupun bersekolah di pagi hari, yang mempengaruhi kecepatan angin. Jika melihat hasil pengukuran secara keseluruhan, kecepatan angin tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu pagi hari terjadi pada hari Senin dan Sabtu di titik 3,5 pada hari Senin dan titik 4 pada hari Sabtu, dengan nilai sebesar 3,9 m/s. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 1, yaitu sebesar 3,2 m/s.

## 2) Siang Hari

Pada pukul 12.00-14.00 WIB dilakukan pengukuran kecepatan angin. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada

interval waktu siang hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut:

**Tabel 4. 2** Pengukuran Kecepatan Angin Siang Hari

Kecepatan Angin (m/s)			
Titik	Siang Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	2,8	3,7	3,7
2	3,8	3,9	3,9
3	2,9	3,2	3,5
4	3,7	3,4	3,8
5	3,9	3,1	3,6
Rata-Rata	3,4	3,5	3,7

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.8, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin, dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 3,7 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata terendah terjadi pada hari Sabtu, dengan nilai rata-rata sebesar 3,4 m/s. Jika dilihat secara keseluruhan dari hasil pengukuran, nilai kecepatan angin tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu siang hari terjadi pada hari Minggu dan Senin di titik 2, dengan nilai sebesar 3,9 m/s. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Sabtu di titik 1, dengan nilai sebesar 2,8 m/s. Hal ini dikarenakan pada senin siang merupakan jam beristirahat dan beribadah bagi para pekerja dan sekolah maupun masyarakat di titik 2 merupakan area pemukiman yang banyak membuka usaha makanan, sedangkan pada hari sabtu siang merupakan hari setengah weekdays dan weekend yang mana kebanyakan pekerja pada jam tersebut sudah pulang dan beberapa sekolah juga sudah libur dan pada titik 1 merupakan area yang didominasi perusahaan kecil maupun bank

### 3) Sore Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu sore hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

**Tabel 4. 3** Pengukuran Kecepatan Angin Sore Hari

Kecepatan Angin (m/s)			
Titik	Sore Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	3,6	3,4	3,4
2	3,7	3,6	3,8
3	3,8	3,4	3,7
4	3,2	3,5	3,8
5	3,9	3,4	3,4
Rata-Rata	3,6	3,4	3,6

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.9, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dan Senin, dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 3,6 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata terendah terjadi pada hari Minggu, dengan nilai rata-rata sebesar 3,4 m/s. Jika melihat hasil pengukuran secara keseluruhan, nilai kecepatan angin tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru selama interval waktu sore hari terjadi pada hari Sabtu di titik 5, dengan nilai sebesar 3,9 m/s. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Sabtu di titik 4, dengan nilai sebesar 3,2 m/s. Hal ini dikarenakan pada hari sabtu merupakan hari bersantai yang mana pada titik 5 adalah arah dari surabaya menuju ke sidoarjo sedangkan titik 4 merupakan area sidoarjo menuju surabaya khususnya menuju terminal bungurasih yang mana pada hari sabtu aktivitas terminal lumayan sepi.

Kecepatan angin yang rendah memengaruhi kadar bahan pencemar di udara terkumpul pada suatu tempat karena tidak terjadi penyebaran udara sehingga menyebabkan kadar bahan pencemar menjadi tinggi (BAPEDAL Jatim, 2009).

**b. Sinar Matahari (Lux)**

Pengukuran atau pengambilan sampel intensitas sinar matahari dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru menggunakan 5 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, yaitu pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023, Minggu tanggal 7 Mei 2023, dan Senin tanggal 8 Mei 2023. Setiap titik sampel diukur selama 15 menit. Alat yang digunakan untuk mengukur intensitas sinar matahari adalah Luxmeter. Berikut ini adalah hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang diperoleh selama periode pengukuran tersebut:

1) Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-09.00 WIB. Hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

**Tabel 4. 4** Pengukuran Sinar Matahari Pagi Hari

Intensitas Cahaya (lux)			
Titik	Pagi Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	58266,7	57659,0	62925,0
2	58966,7	55044,0	59980,0
3	58366,7	59502,7	61834,0
4	60333,3	59318,3	78711,3
5	61133,3	59586,3	65148,0
Rata-rata	59413,3	58222,1	65719,7

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.10, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata intensitas sinar matahari pada Persimpangan Bawah Jembatan

Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Senin, dengan rata-rata intensitas sinar sebesar 65719,7 Lux. Sedangkan intensitas sinar matahari rata-rata terendah terjadi pada hari Minggu, dengan nilai rata-rata sebesar 58222,1 Lux. Jika dilihat secara keseluruhan dari hasil pengukuran, nilai sinar matahari tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu pagi hari terjadi pada hari Senin di titik 4, dengan nilai sebesar 78711,3 Lux. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Minggu di titik 2, dengan nilai sebesar 55044,0 Lux. Hal ini dikarenakan pada kemacetan di hari senin pagi terjadi hampir di semua titik khususnya pada titik 4 sehingga menyebabkan penumpukan CO yang berpengaruh terhadap tingginya sinar matahari, sedangkan pada hari minggu pagi kondisi jalan relative sepi dikarenakan hari weekend dan pada titik 2 tidak terjadi kemacetan sehingga keadaan sinar matahari relative normal

2) Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada

Tabel 4.11 berikut:

**Tabel 4. 5** Pengukuran Sinar Matahari Siang Hari

Titik	Intensitas Cahaya (lux))		
	Pagi Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	61266,7	60467,3	84851,3
2	60200,0	59090,0	60905,3
3	60966,7	57916,7	67406,0
4	62366,7	59593,3	86398,3
5	62633,3	62635,7	87503,0
rata -rata	61486,7	59940,6	77412,8

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.11, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata intensitas sinar matahari pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin, dengan rata-rata intensitas sinar sebesar 77412,8 Lux. Sedangkan intensitas sinar matahari rata-rata terendah terjadi pada hari Minggu, dengan nilai rata-rata sebesar 59940,6 Lux. Jika dilihat secara keseluruhan dari hasil pengukuran, nilai sinar matahari tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu siang hari terjadi pada hari Senin di titik 5, dengan nilai sebesar 87503,0 Lux. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Minggu di titik 3, dengan nilai sebesar 57916,7 Lux. Hal ini dikarenakan pada kemacetan di hari senin siang terjadi hampir di semua titik khususnya pada titik 5 sehingga menyebabkan penumpukan CO yang berpengaruh terhadap tingginya sinar matahari, sedangkan pada hari minggu siang kondisi jalan relative sepi dikarenakan hari weekend dan pada titik 3 tidak terjadi kemacetan sehingga keadaan sinar matahari relative normal

### 3) Sore Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut:

**Tabel 4. 6** Pengukuran Sinar Matahari Sore Hari

Intensitas Cahaya (Lux)			
Titik	Pagi Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	26800,0	48715,3	71963,0
2	54303,3	52643,7	59798,0
3	56274,7	53419,7	64484,3
4	64865,7	61789,0	74092,3

5	62961,7	59314,3	66398,3
Rata-rata	53041,1	55176,4	67347,2

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Dari Tabel 4.12, dapat disimpulkan bahwa rata-rata intensitas sinar matahari pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Senin, dengan nilai rata-rata sebesar 67347,2 Lux. Sedangkan sinar matahari rata-rata paling rendah terjadi pada hari Sabtu, dengan nilai rata-rata sebesar 53041,1 Lux. Jika dilihat secara keseluruhan dari hasil pengukuran, nilai sinar matahari tertinggi pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama interval waktu sore hari terjadi pada hari Senin di titik 4, dengan nilai sebesar 74092,3 Lux. Sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Sabtu di titik 1, dengan nilai sebesar 26800,0 Lux. Hal ini dikarenakan pada kemacetan di hari senin sore terjadi hampir di semua titik khususnya pada titik 4 sehingga menyebabkan penumpukan CO yang berpengaruh terhadap tingginya sinar matahari, sedangkan pada hari sabtu sore kondisi jalan relative sepi dikarenakan hari weekend dan pada titik 1 tidak terjadi kemacetan sehingga keadaan sinar matahari relative normal

Berikut adalah hasil rekapitulasi rata-rata intensitas sinar matahari dari hasil pengukuran yang telah dikategorikan melalui tabel 2.7:

Tabel 4. 7 Hasil Rata-rata pengukuran Sinar Matahari

<b>Sinar Matahari (Lux)</b>			
<b>Waktu</b>	<b>Hari</b>		
	<b>Sabtu</b>	<b>Minggu</b>	<b>Senin</b>
Pagi	59.413 (Kuat)	58.222 (Kuat)	65.719 (Kuat)
Siang	61.486 (Kuat)	59.940 (Kuat)	77.412 (Kuat)
Sore	53.041 (Kuat)	55.176 (Kuat)	67.347 (Kuat)

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil perhitungan tersebut diperoleh dari rata-rata intensitas sinar matahari pada 5 titik pengamatan yang dilakukan pada hari dan interval waktu yang sama. Berdasarkan tabel tersebut, kategori intensitas sinar matahari dalam penelitian ini tergolong dalam kategori Kuat, sesuai dengan referensi pada Tabel 2.7.

Pada kondisi normal ketika tidak ada faktor anthropogenik (aktivitas manusia), suhu udara menunjukkan hubungan yang cenderung konsisten berbanding lurus terhadap konsentrasi gas Karbon Monoksida. Namun ketika terdapat faktor anthropogenik, maka hubungan antara suhu udara terhadap gas Karbon Monoksida menjadi tidak konsisten. Ketidak konsistenan tersebut diduga karena adanya pengaruh aktivitas manusia yang beraneka ragam seperti aktivitas transportasi, perdagangan, dan lain-lain (Andriani dkk, 2019).

Fardiaz (1992) menyatakan bahwa meningkatnya sinar matahari akan menyebabkan peningkatan sinar ultraviolet yang diikuti dengan kenaikan kadar Ozon ( $O_3$ ) dan kadar  $NO_2$  akan meningkat kembali saat intensitas matahari sudah sudah berkurang yaitu pada sore hari. Hal ini sesuai dengan hasil yang di dapatkan di lapangan bahwa kondisi konsentrasi  $NO_2$  pada siang hari dan sore hari berbeda. Selain dipengaruhi oleh jumlah kendaraan sebagai faktor utama, hal ini juga dipengaruhi oleh perbedaan temperatur udara yang terjadi.

### **c. Stabilitas Atmosfer**

Penentuan stabilitas atmosfer udara Pasquill-Gifford secara berkala di Persimpangan Jembatan Layang Waru Sidoarjo bergantung pada faktor meteorologi, yaitu kecepatan angin dan intensitas sinar matahari. Kategori stabilitas atmosfer Pasquill-Gifford dapat ditemukan pada Tabel 2.6.

Berikut adalah hasil analisis kelas stabilitas atmosfer pada penelitian ini:

**Tabel 4. 8** Kelas Stabilitas Atmosfer

Hari	Waktu	Kecepatan Angin(m/s)	Sinar Matahari	Stabilitas Atmosfer
Sabtu 6/05/2023	Pagi	3,6	Kuat	B
	Siang	2,9	Kuat	B
	Sore	3,6	Kuat	B
Minggu 7/05/2023	Pagi	3,5	Kuat	B
	Siang	3,5	Kuat	B
	Sore	3,4	Kuat	B
Senin 8/05/2023	Pagi	3,6	Kuat	B
	Siang	3,7	Kuat	B
	Sore	2,2	Kuat	B

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Data tersebut diperoleh dari rata-rata kecepatan angin dan intensitas sinar matahari pada 5 titik selama hari dan interval waktu yang sama. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa kategori stabilitas atmosfer dalam penelitian ini adalah kelas B (tidak stabil). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Aslim (2019), polutan pada siang hari cenderung terlokalisasi di sekitar sumber polusi, sementara pada malam hari konsentrasi polutan terlihat lebih tinggi dan tersebar lebih merata, termasuk dalam jarak yang lebih jauh. Sebaran polutan dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer. Semakin stabil atmosfer, polutan akan tersebar lebih jauh, sedangkan jika atmosfer tidak stabil, polutan akan tersebar lebih dekat dengan sumbernya.

Setelah mengetahui kategori stabilitas atmosfer, langkah selanjutnya adalah menghitung koefisien dispersi menggunakan persamaan McCullen yang berlaku untuk area perkotaan. Perhitungan dispersi dilakukan dengan mengasumsikan jarak pada arah angin (x) sebesar 0,1 km. Perhitungan koefisien dispersi mengacu pada rumus 3.9, di mana nilai koefisien I, J, dan K dapat ditemukan pada Tabel 2.6.

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan koefisien dispersi untuk Karbon Monoksida (CO). Diketahui kecepatan angin pada hari Sabtu di titik 1 dengan interval waktu pagi hari sebesar 2,6 m/s, dan intensitas sinar matahari sebesar 9.215 lux, yang menghasilkan kategori stabilitas atmosfer kelas B (sedang tidak stabil). Nilai IJK berdasarkan Tabel 2.6 untuk  $\sigma_y$  adalah I=320, J=0,4, K=-0,5, sementara untuk  $\sigma_z$  adalah I=240, J=1, K=0,5. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma_y &= Ix(I + Jx)^K \\ &= 320 \times 0,1 \times (1 + (0,4 \times 0,1))^{(-0,5)} \\ &= 31,3786 \text{ m} \\ \sigma_z &= Ix(I + Jx)^K \\ &= 240 \times 0,1 \times (1 + (1 \times 0,1))^{(0,5)} \\ &= 25,1714 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, hasil perhitungan koefisien dispersi  $\sigma_y$  dan  $\sigma_z$  pada hari Sabtu di titik 1 dengan interval waktu pagi hari termasuk dalam kategori B (sedang tidak stabil). Nilai koefisien dispersi  $\sigma_y$  adalah sebesar 31,3786 m, sedangkan  $\sigma_z$  adalah sebesar 25,1714 m.

#### 4.2.2 Hasil Pengukuran Kendaraan Bermotor

Pengambilan sampel kendaraan bermotor dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo dengan menggunakan 5 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, yaitu pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023, Minggu tanggal 7 Mei 2023, dan Senin tanggal 8 Mei 2023. Setiap titik sampel diukur selama 1 jam sesuai dengan metode yang dijelaskan dalam penelitian Sukirman (1994). Kendaraan bermotor yang diukur dibedakan menjadi 3 kategori, yaitu sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Pengukuran kendaraan bermotor dilakukan secara manual dengan menggunakan aplikasi Traffic Counter.

Berikut ini adalah hasil pengukuran kendaraan bermotor yang diperoleh selama kegiatan pengukuran di lapangan.

a. Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-08.00 WIB. Hasil perhitungan kendaraan bermotor yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut:

**Tabel 4. 9** Perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Pagi Hari

Titik	Sabtu 6/05/2023				Minggu 7/05/2023				Senin 8/05/2023			
	MC	LV	HV	Total	MC	LV	H V	Tota l	MC	LV	HV	Total
1	4016	478	136	<b>4630</b>	2554	361	91	<b>3006</b>	4870	384	120	<b>5374</b>
2	1480	154	54	<b>1688</b>	1364	168	40	<b>1572</b>	1162	149	32	<b>1343</b>
3	3174	372	54	<b>3600</b>	1483	285	45	<b>1813</b>	4314	455	54	<b>4823</b>
4	4154	660	218	<b>5032</b>	2161	445	72	<b>2678</b>	3790	842	85	<b>4717</b>
5	3930	267	93	<b>4290</b>	3223	255	64	<b>3542</b>	6640	587	27	<b>7254</b>

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Keterangan:

MC = Sepeda Motor

LV = Kendaraan Ringan

HV = Kendaraan Berat

Dari Tabel 4.15, dapat disimpulkan bahwa pada hari Senin, jumlah kendaraan bermotor terbanyak terjadi di titik 5 dengan jumlah sebanyak 7.254 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor terendah terjadi pada hari Senin di titik 2 dengan jumlah sebanyak 1.343 unit.

b. Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-13.00 WIB. Hasil perhitungan kendaraan bermotor yang dilakukan pada interval waktu siang pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut:

**Tabel 4. 10** perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari

Titik	Sabtu 6/05/2023				Minggu 7/05/2023				Senin 8/05/2023			
	MC	LV	HV	Tota l	MC	LV	HV	Tota l	MC	LV	HV	Tota l
1	3277	615	270	<b>4162</b>	2807	697	116	<b>3620</b>	2633	477	454	<b>3564</b>
2	2167	274	79	<b>2520</b>	1178	300	20	<b>1498</b>	1633	237	147	<b>2017</b>
3	1842	572	90	<b>2504</b>	1362	675	47	<b>2084</b>	1872	480	105	<b>2457</b>
4	2582	812	272	<b>3666</b>	3859	649	247	<b>4755</b>	2767	674	324	<b>3765</b>
5	2490	893	130	<b>3513</b>	3713	259	90	<b>4062</b>	4355	509	365	<b>5229</b>

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Keterangan:

MC = Sepeda Motor

LV = Kendaraan Ringan

HV = Kendaraan Berat

Dari Tabel 4.16, dapat dilihat bahwa pada hari Senin, jumlah kendaraan bermotor terbanyak tercatat di titik 5 dengan jumlah sebesar 5.229 unit, sementara jumlah kendaraan bermotor terendah terjadi pada hari Minggu di titik 2 dengan jumlah sebesar 1.498 unit..

c. Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-17.00 WIB.

Hasil perhitungan kendaraan bermotor yang dilakukan pada interval waktu sore hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut:

**Tabel 4. 11** Perhitungan Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari

Titik	Sabtu 6/05/2023				Minggu 7/05/2023				Senin 8/05/2023			
	MC	LV	HV	Tota l	MC	LV	HV	Tota l	MC	LV	HV	Tota l
1	3965	912	280	<b>5157</b>	2012	470	463	<b>2945</b>	4510	1006	353	<b>5869</b>
2	2348	232	44	<b>2624</b>	1490	196	20	<b>1706</b>	2521	204	106	<b>2831</b>
3	2214	590	73	<b>2877</b>	1675	302	51	<b>2028</b>	2835	425	66	<b>3326</b>
4	4721	953	170	<b>5844</b>	4439	1063	109	<b>5611</b>	4856	722	159	<b>5737</b>
5	4351	378	107	<b>4836</b>	4613	339	77	<b>5029</b>	6105	709	125	<b>6939</b>

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Keterangan:

- MC = Sepeda Motor
- LV = Kendaraan Ringan
- HV = Kendaraan Berat

Dari Tabel 4.17, terlihat bahwa pada hari Senin, jumlah kendaraan bermotor paling tinggi tercatat di titik 5 dengan total 5.229 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor paling rendah terjadi pada hari Minggu di titik 2 dengan jumlah kendaraan sebanyak 1.498 unit.

### 4.2.3 Perhitungan Kekuatan Emisi

Perhitungan kekuatan emisi dapat dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, kita perlu menentukan kecepatan rata-rata kendaraan bermotor. Selanjutnya, kita dapat menghitung jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam satu detik. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai satuan mobil penumpang, yang mengacu pada jumlah penumpang rata-rata per kendaraan. Terakhir, kita dapat menghitung laju emisi dengan menggunakan faktor emisi yang relevan, seperti emisi CO<sub>2</sub> per kilometer atau emisi partikulat per kendaraan.

#### a. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan Bermotor

Data kecepatan rata-rata kendaraan bermotor pada penelitian ini diambil dengan menggunakan 2 metode yaitu menggunakan *speed gun* dan secara manual dengan memvideo arus lalu lintas selama 1 jam dan dihitung secara manual dengan menentukan jarak pemantauan 20 meter lalu dihitung menggunakan rumus 3.10. Berikut adalah hasil pengukuran kecepatan rata-rata kendaraan bermotor yang didapatkan secara manual selama pengukuran:

**Tabel 4. 12** Hasil Pengukuran Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor

Hari	Waktu	Jenis Kendaraan		
		MC	LV	HV
Sabtu	Pagi	16	12	11
	Siang	16	11	11
	Sore	15	11	11

Minggu	Pagi	16	13	12
	Siang	16	12	11
	Sore	16	11	11
Senin	Pagi	14	12	11
	Siang	16	12	11
	Sore	15	11	12

Sumber: Hasil Analisa, 2023

**Tabel 4. 13** Hasil pengukuran Kecepatan Rata-Rata Kendaraan Bermotor menggunakan Speed Gun

Hari	Waktu	Jenis Kendaraan		
		MC	LV	HV
Sabtu	Pagi	18	15	13
	Siang	16	12	12
	Sore	17	15	12
Minggu	Pagi	17	16	15
	Siang	18	18	12
	Sore	18	17	13
Senin	Pagi	16	15	12
	Siang	19	15	14
	Sore	18	17	13

Sumber: Speed gun, 2023

Keterangan:

MC = Sepeda Motor

LV = Kendaraan Ringan

HV = Kendaraan Berat

Tabel 4.18 mencatat hasil rekapitulasi data mengenai kecepatan rata-rata kendaraan bermotor di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo selama 3 hari. Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa kecepatan rata-rata kendaraan bermotor di lokasi tersebut cenderung stabil. Kecepatan rata-rata tertinggi untuk sepeda motor (MC) adalah 16 km/jam, sedangkan kecepatan rata-rata terendah adalah 14 km/jam. Untuk kendaraan ringan (LV), kecepatan rata-rata tertinggi adalah 13 km/jam, sementara kecepatan rata-rata terendah adalah 11 km/jam. Sedangkan untuk kendaraan berat (HV),

kecepatan rata-rata tertinggi adalah 12 km/jam, dan kecepatan rata-rata terendah adalah 11 km/jam. Data kecepatan tersebut kemudian dilakukan validasi menggunakan alat ukur speedgun yang diambil pada tanggal 17 Juni – 19 Juni dan didapat hasil presentasi sebagai berikut :

- Sabtu:

Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual

$$= \frac{16+12+11+16+11+11+15+11+11}{9}$$

$$= 13 \text{ km/jam}$$

Rata-Rata Speed Gun

$$= \frac{18+15+13+16+12+12+17+15+12}{9}$$

$$= 14 \text{ km/jam}$$

Presentase

$$= \frac{\text{Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual}}{\text{Rata-Rata Speed Gun}} \times 100\%$$

$$= \frac{13 \text{ km/jam}}{14 \text{ km/jam}} \times 100\%$$

$$= 93\%$$

- Minggu:

Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual

$$= \frac{16+13+12+16+12+11+16+11+11}{9}$$

$$= 13 \text{ km/jam}$$

Rata-Rata Speed Gun

$$= \frac{17+16+15+18+18+12+18+17+13}{9}$$

$$= 16 \text{ km/jam}$$

Presentase

$$= \frac{\text{Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual}}{\text{Rata-Rata Speed Gun}} \times 100\%$$

$$= \frac{13 \text{ km/jam}}{16 \text{ km/jam}} \times 100\%$$

$$= 81\%$$

- Senin:

Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual

$$= \frac{14+12+11+16+12+11+15+11+12}{9}$$

$$= 13 \text{ km/jam}$$

Rata-Rata Speed Gun

$$= \frac{16+15+12+19+15+14+18+17+13}{9}$$

$$= 15 \text{ km/jam}$$

Presentase

$$= \frac{\text{Rata-Rata Kecepatan Kendaraan Data Manual}}{\text{Rata-Rata Speed Gun}} \times 100\%$$

$$= \frac{13 \text{ km/jam}}{15 \text{ km/jam}} \times 100\%$$

$$= 87\%$$

#### b. Perhitungan Laju emisi (q)

Dalam perhitungan laju emisi kendaraan bermotor (q), rumus yang digunakan adalah rumus 3.7. Untuk menghitung laju emisi, hanya diperlukan data mengenai kecepatan rata-rata kendaraan bermotor. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan hasil laju emisi kendaraan bermotor. Diberikan data kecepatan rata-rata kendaraan bermotor pada hari Sabtu, titik 1 dengan interval pagi hari sebagai berikut: kecepatan rata-rata sepeda motor (MC) sebesar 20 km/jam, kendaraan ringan (LV) sebesar 14 km/jam, dan kendaraan berat (HV) sebesar 12 km/jam. Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya:

$$\begin{aligned} q_{CO}(MC) &= 867,92 \times (V^{-0,8648}) \\ &= 867,92 \times (20^{-0,8648}) \\ &= 64,18 \text{ } g^r / km \end{aligned}$$

$$q_{CO}(LV) = 867,92 \times (V^{-0,8648})$$

$$\begin{aligned}
&= 867,92 \times (14^{-0,8648}) \\
&= 90,23 \text{ gr}/\text{km} \\
q\text{CO(HV)} &= 867,92 \times (V^{-0,8648}) \\
&= 867,92 \times (12^{-0,8648}) \\
&= 104,79 \text{ gr}/\text{km}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil laju emisi kendaraan bermotor (q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 64,18 gr/km, kendaraan ringan (LV) 90,23 gr/km, kendaraan berat (HV) 104,79 gr/km.

Perhitungan laju Emisi NO pada kendaraan bermotor berdasarkan rumus 3.8 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
q\text{NO(MC)} &= 0,0005 V^2 - 0,0656 V + 3,6586 \\
&= 0,0005 (20)^2 - 0,0656 (20) + 3,6586 \\
&= 42,96 \text{ gr}/\text{km}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
q\text{NO(LV)} &= 0,0005 V^2 - 0,0656 V + 3,6586 \\
&= 0,0005 (14)^2 - 0,0656 (14) + 3,6586 \\
&= 11,98 \text{ gr}/\text{km}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
q\text{NO(HV)} &= 0,0005 V^2 - 0,0656 V + 3,6586 \\
&= 0,0005 (12)^2 - 0,0656 (12) + 3,6586 \\
&= 7,80 \text{ gr}/\text{km}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh hasil laju emisi kendaraan bermotor (q) pada hari Sabtu, titik 1 dengan interval pagi hari sebagai berikut: untuk sepeda motor (MC) sebesar 42,96 gram per kilometer, kendaraan ringan (LV) sebesar 11,98 gram per kilometer, dan kendaraan berat (HV) sebesar 7,80 gram per kilometer.

### c. Perhitungan Kendaraan Per Detik

Untuk mendapatkan hasil kendaraan per-detik, dapat menggunakan rumus 3.5 dengan data jumlah kendaraan bermotor. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan kendaraan per-detik pada hari Sabtu, titik 1 dengan interval pagi hari: terdapat 4016 unit sepeda motor (MC), 478 unit kendaraan ringan (LV), dan 136 unit kendaraan berat (HV). Perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\text{Sepeda Motor} = \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600}$$

$$= \frac{4016}{3600} = 1,12$$

$$\text{Kendaraan Ringan} = \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600}$$

$$= \frac{478}{3600} = 0,13$$

$$\text{Kendaraan Berat} = \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600}$$

$$= \frac{136}{3600} = 0,04$$

Dengan mengacu pada perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan per detik pada Sabtu pagi di titik 1 adalah sebagai berikut: sepeda motor (MC) memiliki kecepatan 1,12, kendaraan ringan (LV) memiliki kecepatan 0,13, dan kendaraan berat (HV) memiliki kecepatan 0,04.

### d. Satuan Mobil Penumpang

Dalam penelitian ini, satuan mobil penumpang (smp) yang merupakan normalisasi dari volume kendaraan bermotor dapat dihitung menggunakan tabel 2.4. Lokasi penelitian ini adalah Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo, yang terletak di Kota Sidoarjo, kota metropolitan terbesar di Provinsi Jawa Timur

setelah Surabaya, seperti yang dijelaskan dalam data Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Kementerian PU (2022).

Dalam tabel 2.4, faktor pengali emisi Karbon Monoksida untuk Kota Metropolitan adalah sebagai berikut: sepeda motor (MC) sebesar 0,6, kendaraan ringan (LV) sebesar 1, dan kendaraan berat (HV) sebesar 1,97. Sedangkan faktor pengali emisi NO untuk Kota Metropolitan adalah sepeda motor (MC) sebesar 0,6, kendaraan ringan (LV) sebesar 1, dan kendaraan berat (HV) sebesar 1,45.

Untuk menghitung nilai satuan mobil penumpang (smp), dapat menggunakan rumus yang diberikan.

$$SMP = \left( \frac{Kend}{Detik} \right) \times FaktorPengali CO/NO$$

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai satuan mobil penumpang (n) berdasarkan data kecepatan kendaraan per detik pada hari Sabtu di titik 1 dengan interval pagi hari. Dalam contoh ini, nilai kecepatan kendaraan adalah sebagai berikut: sepeda motor (MC) 1,12, kendaraan ringan (LV) 0,13, dan kendaraan berat (HV) 0,04. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned} SMP(n) MC &= \left( \frac{Kend}{Detik} \right) \times FaktorPengali CO \\ &= 1,12 \times 0,6 \end{aligned}$$

$$= 0,67 \text{ smp/detik}$$

$$SMP(n) LV = \left( \frac{Kend}{Detik} \right) \times FaktorPengali CO$$

$$= 0,13 \times 1$$

$$= 0,13 \text{ smp/detik}$$

$$SMP(n) HV = \left( \frac{Kend}{Detik} \right) \times FaktorPengali CO$$

$$= 0,04 \times 1,97$$

$$= 0,07 \text{ smp/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan nilai satuan mobil penumpang (n) Karbon Monoksida pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 0,67 smp/detik, kendaraan ringan (LV) 0,13 dmp/detik, kendaraan berat (HV) 0,07 smp/detik. Sedangkan Satuan mobil penumpang (n) NO adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SMP(n) MC} &= \left( \text{Kend} / \text{Detik} \right) \times \text{FaktorPengali NO} \\ &= 1,12 \times 0,6 \\ &= 0,67 \text{ smp} / \text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SMP(n) LV} &= \left( \text{Kend} / \text{Detik} \right) \times \text{FaktorPengali NO} \\ &= 0,13 \times 1 \\ &= 0,13 \text{ smp} / \text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SMP(n) HV} &= \left( \text{Kend} / \text{Detik} \right) \times \text{FaktorPengali NO} \\ &= 0,04 \times 1,67 \\ &= 0,05 \text{ smp} / \text{detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan nilai satuan mobil penumpang (n) NO pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 0,67 smp/detik, kendaraan ringan (LV) 0,13 dmp/detik, kendaraan berat (HV) 0,05 smp/detik.

**e. Hasil Perhitungan Kekuatan Emisi (Q)**

Perhitungan kekuatan emisi (Q) didapatkan dengan menggunakan rumus 3.8. Data yang dibutuhkan untuk menghitung hasil kekuatan emisi (Q) adalah data satuan mobil penumpang (n) dan laju emisi (q). Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kekuatan emisi (Q).

- **Kekuatan Emisi CO**

Diketahui data satuan mobil penumpang (n) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 0,67, kendaraan ringan (LV) 0,13, dan kendaraan berat (HV) 0,04. Sedangkan untuk data laju emisi (q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 64,18, kendaraan ringan (LV) 90,23, dan kendaraan berat (HV) 104,79, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q(\text{MC}) &= n \times q \\ &= 0,67 \times 64,18 \\ &= 42,96 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(\text{LV}) &= n \times q \\ &= 0,13 \times 90,23 \\ &= 11,98 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(\text{HV}) &= n \times q \\ &= 0,05 \times 104,79 \\ &= 7,80 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total} &= Q(\text{MC}) + Q(\text{LV}) + Q(\text{HV}) \\ &= 42,96 + 11,98 + 7,80 \\ &= 62,74 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh hasil perhitungan kekuatan emisi (Q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 42,96 gr/detik, kendaraan ringan (LV) 11,98 gr/detik, kendaraan berat (HV) 7,80 gr/detik. Sehingga kekuatan emisi total pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari sebesar 62,74 gr/detik.

- **Kekuatan Emisi NO<sub>2</sub>**

Diketahui data satuan mobil penumpang (n) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 0,67, kendaraan

ringan (LV) 0,13, dan kendaraan berat (HV) 0,047 Sedangkan untuk data laju emisi (q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 2,53, kendaraan ringan (LV) 2,85, dan kendaraan berat (HV) 2,97, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q(\text{MC}) &= n \times q \\ &= 0,67 \times 2,53 \\ &= 1,69 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(\text{LV}) &= n \times q \\ &= 0,13 \times 2,85 \\ &= 0,38 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(\text{HV}) &= n \times q \\ &= 0,07 \times 2,97 \\ &= 0,16 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q(\text{MC}) + Q(\text{LV}) + Q(\text{HV}) \\ &= 1,69 + 0,38 + 0,16 \\ &= 2,24 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan kekuatan emisi (Q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 1,69 gr/detik, kendaraan ringan (LV) 0,38 gr/detik, kendaraan berat (HV) 0,16 gr/detik. Sehingga kekuatan emisi total pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari sebesar 2,24 gr/detik. Beban Emisi NO<sub>2</sub> memang relatif lebih kecil dibandingkan dengan CO. Hal ini tentunya disebabkan karena faktor emisi kedua jenis pencemar tersebut yang berbeda. Pada pembakaran bahan bakar kendaraan, produksi emisi CO memang lebih besar dibandingkan dengan NO<sub>2</sub> (Kristi dan Boedisantoso, 2015).

Berikut adalah hasil perhitungan kekuatan emisi (Q) CO dan NO pada titik lain.

### 1) Hasil Perhitungan Pagi Hari

Perhitungan nilai total kekuatan emisi (Q) dapat dilakukan dengan memperhitungkan jumlah kendaraan, kecepatan rata-rata kendaraan, kendaraan per-detik, nilai satuan mobil penumpang (smp), dan laju emisi. Hasil perhitungan total kekuatan emisi (Q) selama 3 hari pada 5 titik dengan interval waktu pagi hari tersaji dalam tabel 4.19 berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**Tabel 4. 14** Perhitungan Kekuatan Emisi Pagi Hari

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	4016	20	1,12	0,67	0,67	64,18	42,96	2,53	1,69
		Kendaraan Ringan	478	14	0,13	0,13	0,13	90,23	11,98	2,85	0,38
		Kendaraan Berat	136	12	0,04	0,07	0,05	104,79	7,80	2,97	0,16
		Total	4630						62,74		2,24
	Minggu	Sepeda Motor	2554	12	0,71	0,43	0,43	101,53	43,22	2,95	1,25
		Kendaraan Ringan	361	10	0,10	0,10	0,10	114,24	11,46	3,03	0,30
		Kendaraan Berat	91	11	0,03	0,05	0,04	110,59	5,51	3,01	0,11
		Total							60,18		1,67
	Senin	Sepeda Motor	4870	12	1,35	0,81	0,81	97,28	78,96	2,91	2,36
		Kendaraan Ringan	384	10	0,11	0,11	0,11	113,75	12,13	3,03	0,32
		Kendaraan Berat	91	9	0,03	0,05	0,04	121,99	6,07	3,07	0,11
		Total							97,16		2,80
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	1480	19	0,41	0,25	0,25	65,50	16,16	2,55	0,63
		Kendaraan Ringan	154	14	0,04	0,04	0,04	85,70	3,67	2,81	0,12
		Kendaraan Berat	54	12	0,02	0,03	0,02	94,65	2,80	2,89	0,06
		Total	1688				0		22,62		0,81
	Minggu	Sepeda Motor	1364	19	0,38	0,23	0,23	67,55	15,36	2,59	0,59
		Kendaraan Ringan	168	14	0,05	0,05	0,05	85,70	4,00	2,81	0,13
		Kendaraan Berat	40	12	0,01	0,02	0,02	97,66	2,14	2,92	0,05
		Total									

S U R A B A Y A

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
	Senin	Total					0		21,49		0,77
		Sepeda Motor	1162	16	0,32	0,19	0,19	76,41	14,80	2,71	0,52
		Kendaraan Ringan	149	14	0,04	0,04	0,04	87,45	3,62	2,83	0,12
		Kendaraan Berat	32	13	0,01	0,02	0,01	92,52	1,62	2,87	0,04
		Total					0		20,04		0,68
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	3174	14	0,88	0,53	0,53	88,15	46,63	2,83	1,50
		Kendaraan Ringan	372	11	0,10	0,10	0,10	107,99	11,16	2,99	0,31
		Kendaraan Berat	54	10	0,02	0,03	0,02	115,47	3,41	3,04	0,07
		Total	3600					0		61,20	
	Minggu	Sepeda Motor	1483	18	0,41	0,25	0,25	68,29	16,88	2,60	0,64
		Kendaraan Ringan	285	15	0,08	0,08	0,08	81,53	6,45	2,77	0,22
		Kendaraan Berat	45	11	0,01	0,02	0,02	102,44	2,52	2,95	0,05
		Total						0		25,86	
	Senin	Sepeda Motor	4314	14	1,20	0,72	0,72	84,50	60,75	2,80	2,01
		Kendaraan Ringan	455	13	0,13	0,13	0,13	92,04	11,63	2,87	0,36
		Kendaraan Berat	54	13	0,02	0,03	0,02	93,79	2,77	2,88	0,06
		Total						0		75,16	
Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	4154	11	1,15	0,69	0,69	102,96	71,28	2,96	2,05
		Kendaraan Ringan	660	9	0,18	0,18	0,18	121,31	22,24	3,07	0,56
		Kendaraan Berat	93	9	0,03	0,05	0,04	119,46	6,08	3,06	0,11
		Total	4907					0		99,61	
			Sepeda Motor	2161	15,	0,60	0,36	0,36	81,31	29,29	2,76

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
	Minggu	Kendaraan Ringan	445	12	0,12	0,12	0,12	96,14	11,88	2,90	0,36
		Kendaraan Berat	72	11	0,02	0,04	0,03	107,59	4,24	2,99	0,09
		Total					0		45,41		1,44
	Senin	Sepeda Motor	3790	14	1,05	0,63	0,63	84,03	53,08	2,79	1,76
		Kendaraan Ringan	842	11	0,23	0,23	0,23	105,80	24,74	2,98	0,70
		Kendaraan Berat	85	11	0,02	0,05	0,03	107,90	5,02	2,99	0,10
		Total					0		82,84		2,56
Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	3930	11	1,09	0,66	0,66	101,81	66,69	2,95	1,93
		Kendaraan Ringan	267	10	0,07	0,07	0,07	117,33	8,70	3,05	0,23
		Kendaraan Berat	93	9	0,03	0,05	0,04	118,75	6,04	3,05	0,11
		Total	4290				0		81,43		2,27
	Minggu	Sepeda Motor	3713	13	1,03	0,62	0,62	89,55	55,42	2,85	1,76
		Kendaraan Ringan	259	12	0,07	0,07	0,07	100,96	7,26	2,94	0,21
		Kendaraan Berat	90	10	0,03	0,05	0,04	109,40	5,39	3,00	0,11
		Total					0		68,07		2,08
	Senin	Sepeda Motor	6640	11	1,84	1,11	1,11	101,83	112,70	2,95	3,26
		Kendaraan Ringan	587	10	0,16	0,16	0,16	111,24	18,14	3,01	0,49
		Kendaraan Berat	27	9	0,01	0,01	0,01	118,65	1,75	3,05	0,03
		Total					0		132,59		3,79

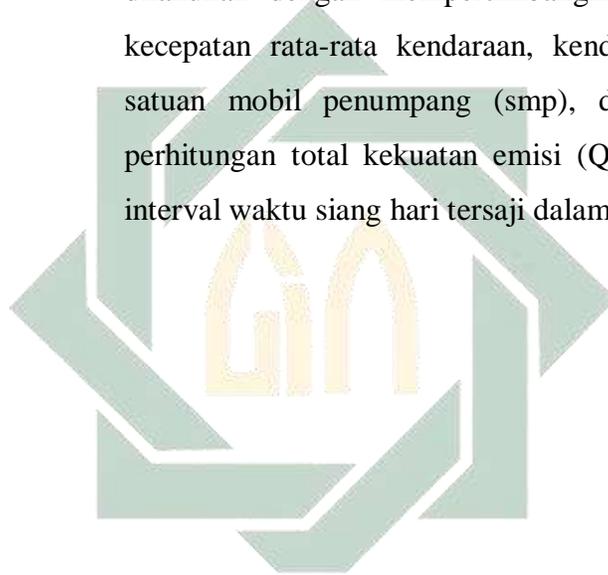
Sumber: Hasil Analisa, 2023

UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

Dari Tabel 4.19 Kekuatan Emisi Karbon Monoksida pada pagi hari terbesar terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 132,59 gr/detik, sedangkan kekuatan Emisi Nitrogen Dioksida pada pagi hari tertinggi terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 3,79 gr/detik.

## 2) Hasil Perhitungan Siang Hari

Perhitungan nilai total kekuatan emisi (Q) dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah kendaraan, kecepatan rata-rata kendaraan, kendaraan per-detik, nilai satuan mobil penumpang (smp), dan laju emisi. Hasil perhitungan total kekuatan emisi (Q) pada 5 titik dengan interval waktu siang hari tersaji dalam tabel 4.20 berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**Tabel 4. 15** Perhitungan Kekuatan Emisi Siang Hari

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO (q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	3277	21	0,91	0,55	0,55	60,95	33,29	2,48	1,35
		Kendaraan Ringan	615	14	0,17	0,17	0,17	87,07	14,87	2,82	0,48
		Kendaraan Berat	270	10	0,08	0,15	0,11	112,51	16,62	3,02	0,33
		Total	4162				0,00		64,79		2,16
	Minggu	Sepeda Motor	2807	12	0,78	0,47	0,47	100,17	46,86	2,94	1,37
		Kendaraan Ringan	697	10	0,19	0,19	0,19	115,67	22,40	3,04	0,59
		Kendaraan Berat	116	9	0,03	0,06	0,05	124,58	7,91	3,08	0,14
		Total					0,00		77,16		2,11
	Senin	Sepeda Motor	2633	17	0,73	0,44	0,44	72,96	32,02	2,66	1,17
		Kendaraan Ringan	477	10	0,13	0,13	0,13	115,55	15,31	3,04	0,40
		Kendaraan Berat	454	10	0,13	0,25	0,18	115,97	28,81	3,04	0,56
		Total					0,00		76,14		2,13
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	2167	16	0,60	0,36	0,36	76,22	27,53	2,70	0,98
		Kendaraan Ringan	274	13	0,08	0,08	0,08	92,84	7,07	2,88	0,22
		Kendaraan Berat	79	12	0,02	0,04	0,03	99,78	4,31	2,93	0,09
		Total	2520				0,00		38,91		1,29
	Minggu	Sepeda Motor	1178	20	0,33	0,20	0,20	64,22	12,61	2,53	0,50
		Kendaraan Ringan	300	13	0,08	0,08	0,08	88,88	7,41	2,84	0,24
		Kendaraan Berat	20	12	0,01	0,01	0,01	95,23	1,04	2,90	0,02
		Total					0,00		21,06		0,76
	Senin	Sepeda Motor	1633	19	0,45	0,27	0,27	66,19	18,01	2,56	0,70

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO (q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
		Kendaraan Ringan	237	15	0,07	0,07	0,07	79,29	5,22	2,74	0,18
		Kendaraan Berat	147	14	0,04	0,08	0,06	84,14	6,77	2,79	0,17
		Total					0,00		30,00		1,04
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	1842	17	0,51	0,31	0,31	71,85	22,06	2,65	0,81
		Kendaraan Ringan	572	10	0,16	0,16	0,16	117,16	18,62	3,05	0,48
		Kendaraan Berat	90	10	0,03	0,05	0,04	110,44	5,44	3,01	0,11
		Total	2504				0,00		46,11		1,41
	Minggu	Sepeda Motor	1362	19	0,38	0,23	0,23	66,26	15,04	2,57	0,58
		Kendaraan Ringan	675	12	0,19	0,19	0,19	95,23	17,86	2,90	0,54
		Kendaraan Berat	47	12	0,01	0,03	0,02	98,57	2,54	2,92	0,06
		Total					0,00		35,43		1,18
	Senin	Sepeda Motor	1872	17	0,52	0,31	0,31	73,74	23,01	2,67	0,83
		Kendaraan Ringan	480	13	0,13	0,13	0,13	91,25	12,17	2,86	0,38
		Kendaraan Berat	105	11	0,03	0,06	0,04	104,47	6,00	2,97	0,13
		Total					0,00		41,18		1,34
Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	2582	11	0,72	0,43	0,62	102,63	44,16	2,95	1,84
		Kendaraan Ringan	812	10	0,23	0,23	0,14	116,99	26,39	3,04	0,41
		Kendaraan Berat	272	9	0,08	0,15	0,08	125,27	18,65	3,09	0,23
		Total	3666				0,00		89,20		2,49
	Minggu	Sepeda Motor	3859	15	1,07	0,64	0,93	80,45	51,74	2,75	2,57
		Kendaraan Ringan	649	10	0,18	0,18	0,11	116,85	21,06	3,04	0,33
		Kendaraan Berat	247	9	0,07	0,14	0,07	125,13	16,91	3,09	0,21
		Total					0,00		89,72		3,11
	Senin	Sepeda Motor	2767	15	0,77	0,46	0,67	80,77	37,25	2,76	1,84

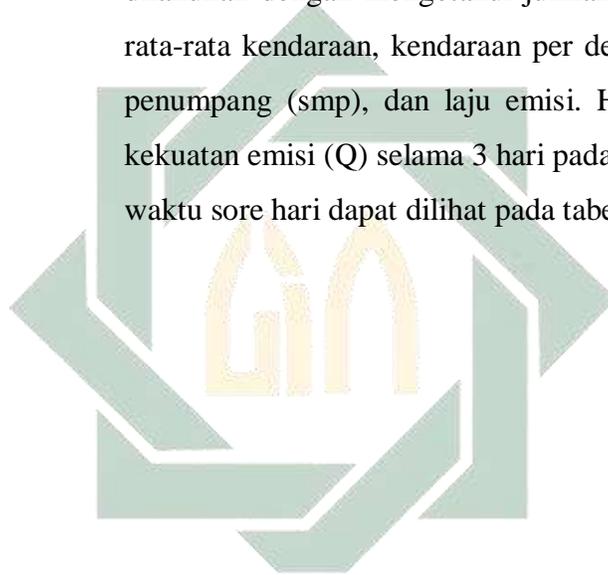
Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO (q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
		Kendaraan Ringan	674	12	0,19	0,19	0,11	96,55	18,08	2,91	0,33
		Kendaraan Berat	324	9	0,09	0,18	0,09	122,84	21,78	3,08	0,28
		Total					0,00		77,10		2,45
Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	2490	11	0,69	0,42	0,42	101,51	42,13	2,95	1,22
		Kendaraan Ringan	893	9	0,25	0,25	0,25	123,74	30,69	3,08	0,76
		Kendaraan Berat	130	9	0,04	0,07	0,05	120,18	8,55	3,06	0,16
		Total	3513				0,00		81,37		2,15
	Minggu	Sepeda Motor	3713	13	1,03	0,62	0,62	89,55	55,42	2,85	1,76
		Kendaraan Ringan	259	12	0,07	0,07	0,07	100,96	7,26	2,94	0,21
		Kendaraan Berat	90	10	0,03	0,05	0,04	109,40	5,39	3,00	0,11
		Total					0,00		68,07		2,08
	Senin	Sepeda Motor	4355	11	1,21	0,73	0,73	102,89	74,68	2,96	2,15
		Kendaraan Ringan	509	10	0,14	0,14	0,14	118,20	16,71	3,05	0,43
		Kendaraan Berat	365	9	0,10	0,20	0,15	121,71	24,31	3,07	0,45
		Total					0,00		115,70		3,03

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Dari Tabel 4.19 Kekuatan Emisi Karbon Monoksida pada siang hari terbesar terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 115,70 gr/detik, sedangkan kekuatan Emisi Nitrogen Dioksida pada siang hari tertinggi terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 3,03 gr/detik.

### 3) Hasil Perhitungan Sore Hari

Perhitungan nilai total kekuatan emisi (Q) dapat dilakukan dengan mengetahui jumlah kendaraan, kecepatan rata-rata kendaraan, kendaraan per detik, nilai satuan mobil penumpang (smp), dan laju emisi. Hasil perhitungan total kekuatan emisi (Q) selama 3 hari pada 5 titik dengan interval waktu sore hari dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**Tabel 4. 16** Perhitungan Kekuatan Emisi Sore Hari

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	3965	21	1,10	0,66	0,66	61,47	40,62	2,49	1,64
		Kendaraan Ringan	912	13	0,25	0,25	0,25	93,20	23,61	2,88	0,73
		Kendaraan Berat	280	10	0,08	0,15	0,11	115,31	17,67	3,03	0,34
		Total	5157				0		81,90		2,71
	Minggu	Sepeda Motor	2012	13	0,56	0,34	0,34	88,84	29,79	2,84	0,95
		Kendaraan Ringan	470	11	0,13	0,13	0,13	105,85	13,82	2,98	0,39
		Kendaraan Berat	463	9	0,13	0,25	0,19	126,06	31,94	3,09	0,58
		Total					0		75,55		1,92
	Senin	Sepeda Motor	4510	14	1,25	0,75	0,75	87,07	65,45	2,82	2,12
		Kendaraan Ringan	1006	9	0,28	0,28	0,28	120,79	33,75	3,06	0,86
		Kendaraan Berat	353	10	0,10	0,19	0,14	116,56	22,52	3,04	0,43
		Total					0		121,72		3,41
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	2348	15	0,65	0,39	0,39	79,71	31,19	2,75	1,07
		Kendaraan Ringan	232	12	0,06	0,06	0,06	94,88	6,11	2,89	0,19
		Kendaraan Berat	44	12	0,01	0,02	0,02	99,73	2,40	2,93	0,05
		Total	2624				0		39,71		1,31
	Minggu	Sepeda Motor	1490	19	0,41	0,25	0,25	66,97	16,63	2,58	0,64
		Kendaraan Ringan	196	13	0,05	0,05	0,05	91,88	5,00	2,87	0,16
		Kendaraan Berat	20	13	0,01	0,01	0,01	90,02	0,99	2,85	0,02
		Total					0		22,62		0,82

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)
	Senin	Sepeda Motor	2521	17	0,70	0,42	0,42	72,79	30,58	2,66	1,12
		Kendaraan Ringan	204	14	0,06	0,06	0,06	86,69	4,91	2,82	0,16
		Kendaraan Berat	106	14	0,03	0,06	0,04	86,69	5,03	2,82	0,12
		Total					0		40,52		1,40
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	2214	14	0,62	0,37	0,37	88,15	32,53	2,83	1,05
		Kendaraan Ringan	590	9	0,16	0,16	0,16	119,82	19,64	3,06	0,50
		Kendaraan Berat	73	11	0,02	0,04	0,03	108,06	4,32	2,99	0,09
		Total	2877				0		56,48		1,64
	Minggu	Sepeda Motor	1675	20	0,47	0,28	0,28	62,69	17,50	2,51	0,70
		Kendaraan Ringan	302	12	0,08	0,08	0,08	100,71	8,45	2,94	0,25
		Kendaraan Berat	51	12	0,01	0,03	0,02	99,73	2,78	2,93	0,06
		Total					0		28,73		1,01
	Senin	Sepeda Motor	2835	15	0,79	0,47	0,47	79,19	37,42	2,74	1,29
		Kendaraan Ringan	425	13	0,12	0,12	0,12	90,78	10,72	2,86	0,34
		Kendaraan Berat	66	13	0,02	0,04	0,03	93,75	3,39	2,88	0,08
		Total					0		51,52		1,71
Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	4721	10	1,31	0,79	0,79	110,89	87,25	3,01	2,37
		Kendaraan Ringan	953	10	0,26	0,26	0,26	115,22	30,50	3,03	0,80
		Kendaraan Berat	170	9	0,05	0,09	0,07	120,79	11,24	3,06	0,21
		Total					0		128,99		3,38
	Minggu	Sepeda Motor	4439	13	1,23	0,74	0,74	89,01	65,86	2,84	2,10
		Kendaraan Ringan	1063	9	0,30	0,30	0,30	125,27	36,99	3,09	0,91

Titik	Waktu	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Kec. Rata-rata	Kend/detik	Smp Karbon Monoksida (n)	SMP NO (n)	Laju Emisi Karbon Monoksida (q)	Kekuatan Emisi (Q)	Laju Emisi NO(q)	Kekuatan Emisi NO (Q)	
		Kendaraan Berat	109	10	0,03	0,06	0,04	118,40	7,06	3,05	0,13	
		Total					0		109,91		3,15	
	Senin	Sepeda Motor	4856	14	1,35	0,81	0,81	86,69	70,16	2,82	2,28	
		Kendaraan Ringan	722	10	0,20	0,20	0,20	117,07	23,48	3,04	0,61	
		Kendaraan Berat	159	10	0,04	0,09	0,06	109,66	9,54	3,00	0,19	
		Total					0		103,18		3,09	
	Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	4351	11	1,21	0,73	0,73	106,53	77,25	2,98	2,16
			Kendaraan Ringan	378	10	0,11	0,11	0,11	113,54	11,92	3,02	0,32
			Kendaraan Berat	107	9	0,03	0,06	0,04	120,58	7,06	3,06	0,13
			Total					0		96,23		2,61
Minggu		Sepeda Motor	4613	12	1,28	0,77	0,77	95,10	73,12	2,90	2,23	
		Kendaraan Ringan	339	10	0,09	0,09	0,09	113,31	10,67	3,02	0,28	
		Kendaraan Berat	77	10	0,02	0,04	0,03	113,39	4,78	3,02	0,09	
		Total					0		88,57		2,60	
Senin		Sepeda Motor	6105	13	1,70	1,02	1,02	93,96	95,60	2,89	2,94	
		Kendaraan Ringan	709	9	0,20	0,20	0,20	124,38	24,50	3,08	0,61	
		Kendaraan Berat	125	11	0,03	0,07	0,05	104,20	7,13	2,96	0,15	
		Total					0		127,23		3,69	

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Dari Tabel 4.19 Kekuatan Emisi Karbon Monoksida pada siang hari terbesar terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 127,23 gr/detik, sedangkan kekuatan Emisi Nitrogen Dioksida pada siang hari tertinggi terjadi pada Hari Senin di Titik 5 yaitu 3,69 gr/detik.

Hasil perhitungan pada interval waktu pagi hari, siang hari, dan sore hari akan diambil nilai rata-rata yang akan digunakan untuk menentukan hasil simulasi pada pemodelan *Gaussian*. Dari hasil data pengukuran yang sudah diambil maka didapat hasil rata-rata data selama 3 hari dalam 3 interval waktu sebagai berikut:

**Tabel 4. 17** Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi Karbon Monoksida

<b>Kekuatan Emisi Q CO (gr/detik)</b>			
<b>Waktu</b>	<b>Hari</b>		
	<b>Sabtu</b>	<b>Minggu</b>	<b>Senin</b>
Pagi	65,52	44,20	81,56
Siang	64,07	58,29	68,02
Sore	80,66	65,07	88,83

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Data tersebut menggambarkan hasil rata-rata total kekuatan emisi (Q) Karbon Monoksida (CO) pada 5 titik selama hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terbesar terjadi pada hari Senin dengan interval waktu sore hari, dengan nilai sebesar 88,83 gr/detik. Sementara itu, hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terendah terjadi pada hari Sabtu dengan interval waktu siang hari, dengan nilai sebesar 64,07 gr/detik, sedangkan hasil rata rata kekiatan emisi NO adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 18** Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi Nitrogen Dioksida

<b>Kekuatan Emisi Q NO (gr/detik)</b>			
<b>Waktu</b>	<b>Hari</b>		
	<b>Sabtu</b>	<b>Minggu</b>	<b>Senin</b>
Pagi	1,98	1,37	2,45
Siang	1,90	1,85	2,00
Sore	2,33	1,90	2,66

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Data tersebut menggambarkan hasil rata-rata total kekuatan emisi (Q) Nitrogen Monoksida (NO) pada 5 titik selama hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terbesar terjadi pada hari Senin dengan interval waktu sore hari, dengan nilai sebesar 2,66 gr/detik. Sementara itu, hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu pagi hari, dengan nilai sebesar 1,37 gr/detik.

#### **4.3 Hasil Pemodelan Karbon Monoksida Dan Nitrogen Dioksida Di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo Berdasarkan Model Gaussian**

##### **4.3.1 Hasil Simulasi Model Karbon Monoksida**

Pemodelan pola dispersi Karbon Monoksida dengan sumber kendaraan bermotor dilakukan dengan menggunakan simulasi model. Simulasi ini melibatkan pengukuran jumlah kendaraan bermotor untuk memperoleh nilai kekuatan emisi (Q). Selain itu, model Gaussian yang digunakan dalam simulasi juga membutuhkan data mengenai stabilitas atmosfer, yang mencakup karakteristik angin dan intensitas sinar matahari. Simulasi model ini dilakukan dalam bentuk 2 dimensi dengan menggunakan rumus Gaussian. Untuk melaksanakan simulasi tersebut, digunakan perangkat lunak MATLAB. Berikut ini adalah penjelasan lebih detail mengenai pemodelan dispersi Gaussian untuk parameter Karbon Monoksida menggunakan perangkat lunak MATLAB.

## 1. Hasil Simulasi Hari Sabtu Pagi

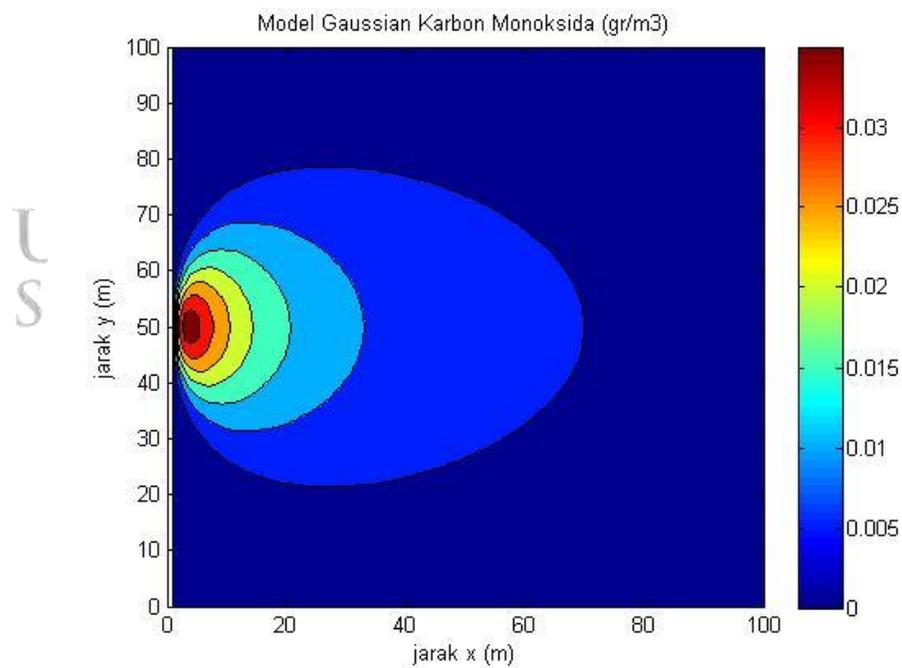
Simulasi model menggunakan perangkat lunak MATLAB dilakukan setelah data yang diperlukan untuk rumus Gaussian telah terpenuhi. Untuk simulasi model pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023 dengan interval waktu pagi hari

**Tabel 4. 19** Data Simulasi Model Sabtu Pagi

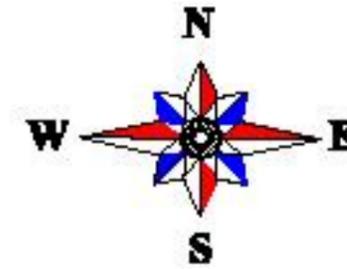
Hari Sabtu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	65,52
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 7** Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Pagi



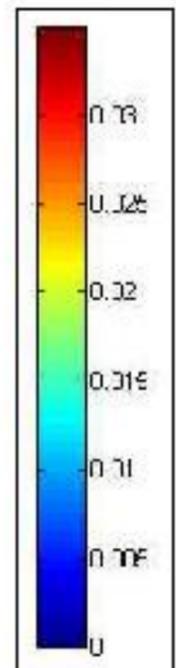
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.8 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SABTU PAGI**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

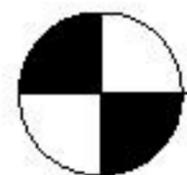
Diaz Wanda Pratwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ika Munandita, M.Si, M.T.  
Arqowi Priyadi, M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.8 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SABTU PAGI  
SKALA NTS**

Gambar 4.8 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.7 yaitu:

- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,035 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 4 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 5 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,025 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 10 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,022 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 18 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 23 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,017 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 35 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,006 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 70 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 65,52 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Sabtu pagi akan hilang pada jarak 70 m dari sumber polutan.

## 2. Hasil Simulasi Hari Sabtu Siang

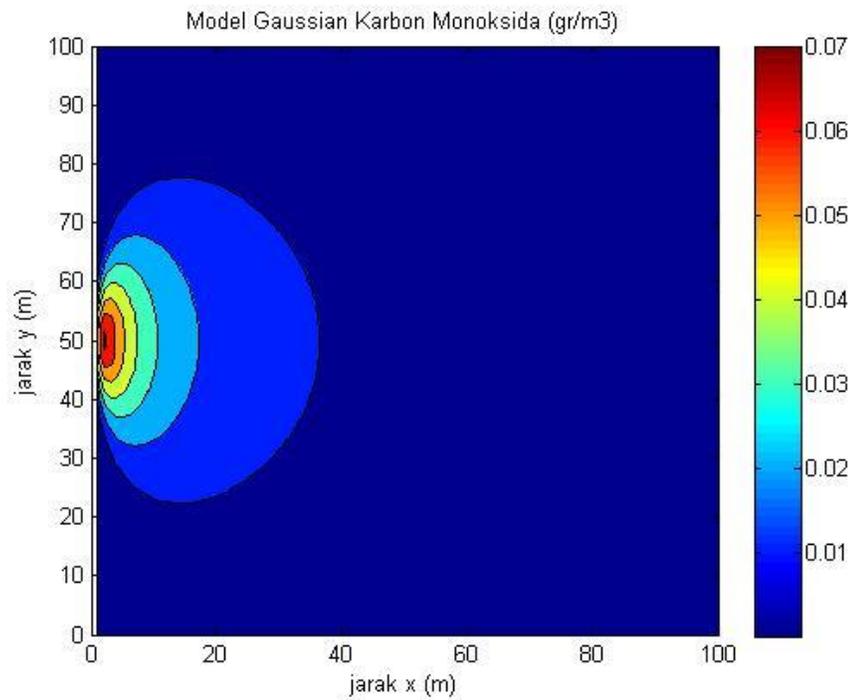
Simulasi model menggunakan perangkat lunak MATLAB dilakukan setelah semua data yang diperlukan untuk rumus Gaussian telah terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan untuk simulasi model pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2022 dengan interval waktu siang hari:

**Tabel 4. 20** Data Simulasi Model Sabtu Siang

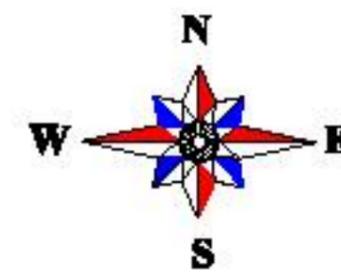
Hari Sabtu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	2,9
Q	68,64
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 9** Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Siang



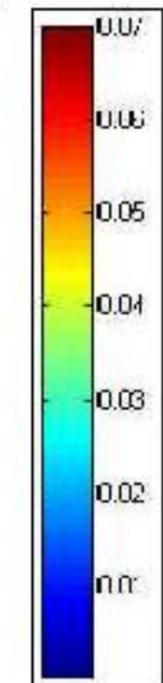
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.10 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SABTU SIANG**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Malib

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Prathwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murni Ida, M.Si, M.T.  
Arqad Priadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.10 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SABTU SIANG  
SKALA NTS**

Gambar 4.10 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.9 yaitu:

- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,045 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 8 m dari sumber pencemar.
- Konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,04 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 10 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida mencapai 0,035 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 12 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida adalah 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 15 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,025 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 17 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida adalah 0,02 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 19 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 39 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,01 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 77 m dari sumber pencemar.

Dengan mempertimbangkan kategori stabilitas atmosfer yang digambarkan sebagai B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s, dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 71,06 gr/s, dapat disimpulkan bahwa pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Sabtu Sore akan mulai berkurang pada jarak 77 m dari sumber polutan.

### 3. Hasil Simulasi Sabtu Sore

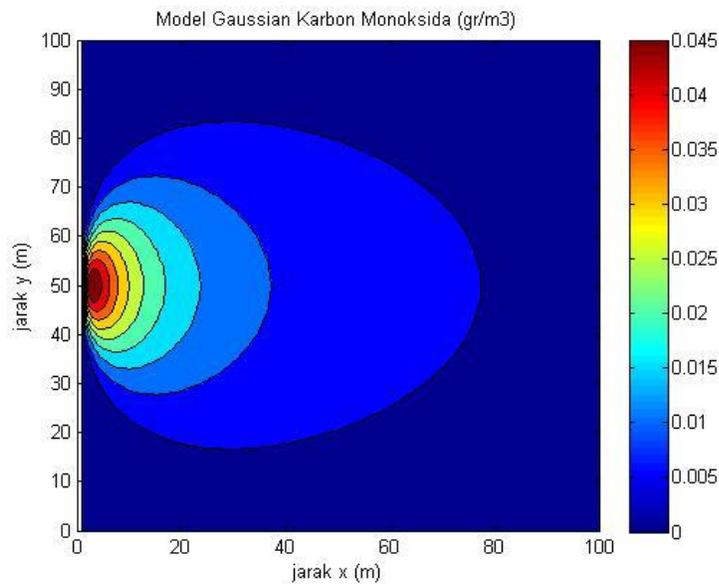
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan *software MATLAB*. Simulasi *MATLAB* dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus *Gaussian* terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan simulasi model hari Sabtu sore tanggal 6 Mei 2022 dengan interval waktu sore hari:

**Tabel 4. 21** Data Simulasi Model Sabtu Sore

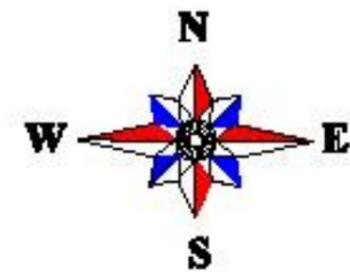
Hari Sabtu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	71,06
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 11** Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Sore



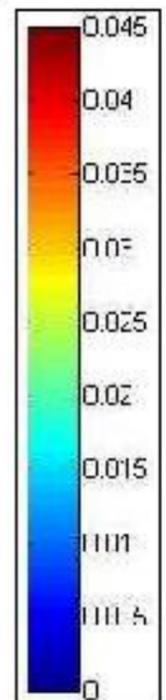
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.12 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SABTU SORE**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

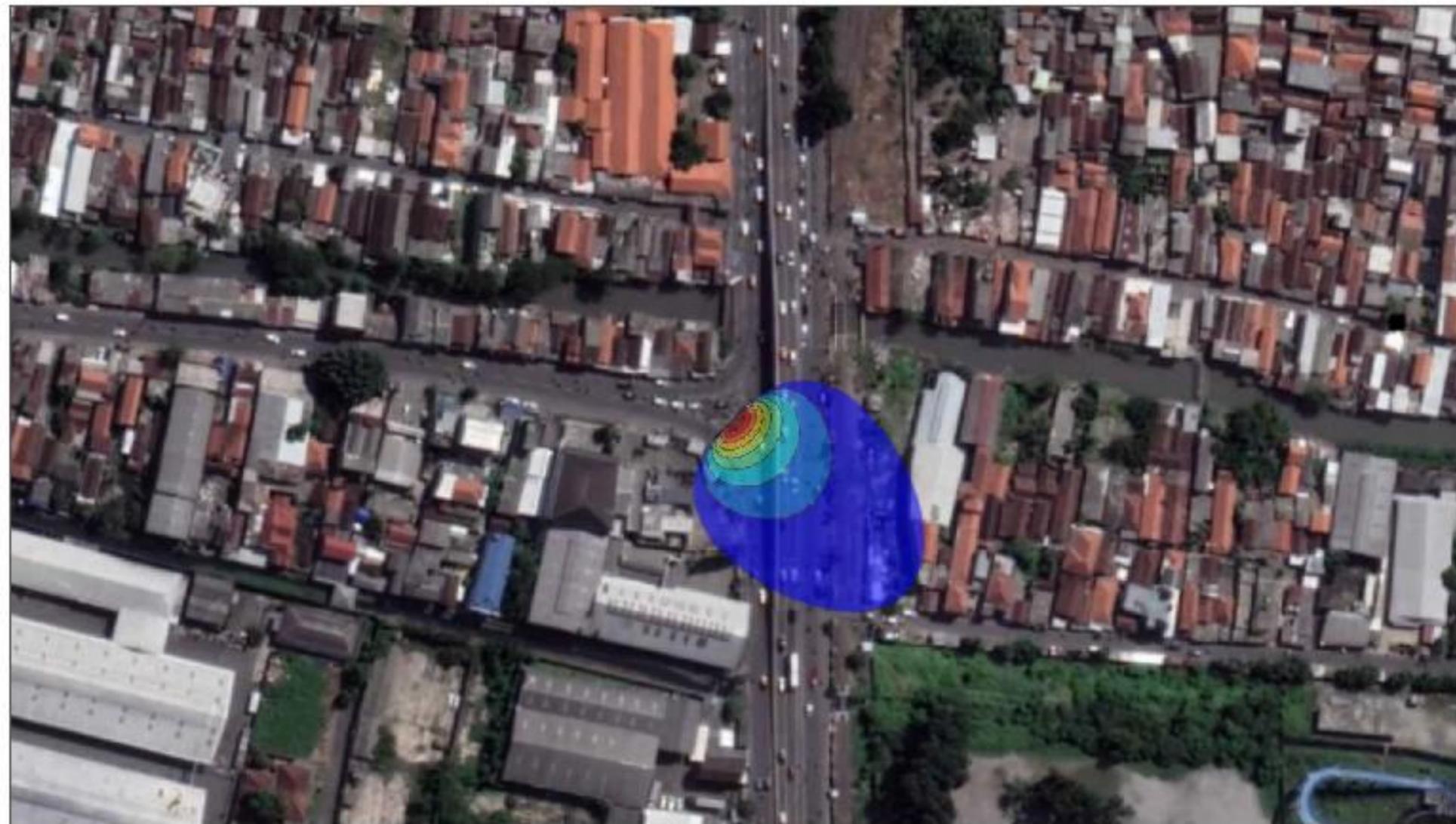
Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Munirida, M.Si, M.T.  
Arqod Priadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.12 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SABTU SORE  
SKALA NTS**

Gambar 4.12 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.11 yaitu:

- Pada jarak 8 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,045 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,04 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 12 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,035 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 15 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup>. Pada jarak 17 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,025 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 19 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,02 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 39 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 77 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 71,06 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Sabtu Sore akan hilang pada jarak 77 m dari sumber polutan.

#### **4. Hasil Simulasi Minggu Pagi**

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan

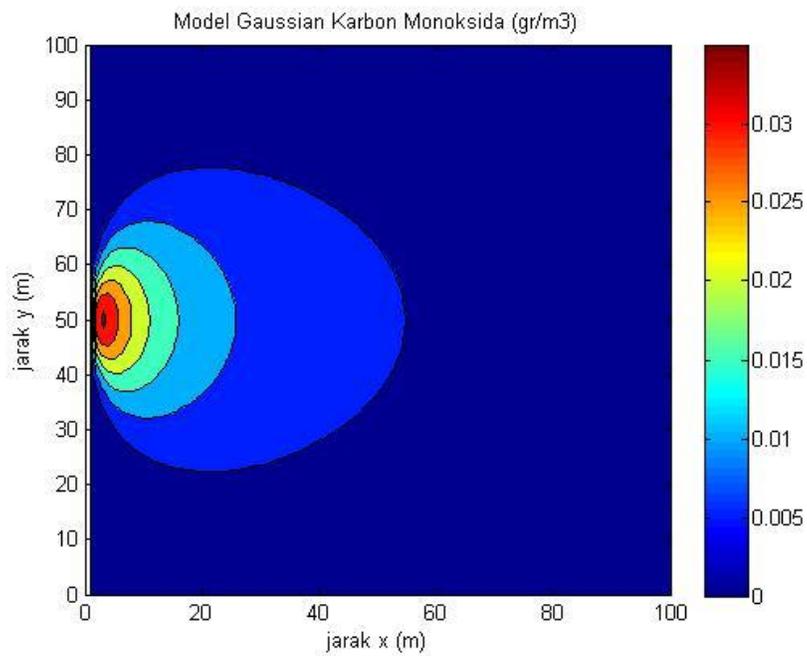
pada simulasi model hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu pagi hari

**Tabel 4. 22** Data Simulasi Model Minggu Pagi

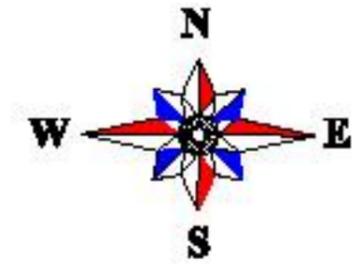
Hari Minggu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,5
Q	51,58
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 13** Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Pagi



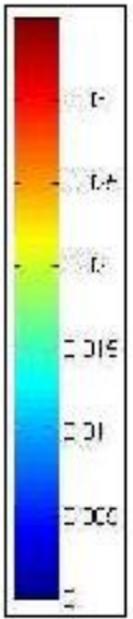
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.14 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA MINGGU PAGI**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

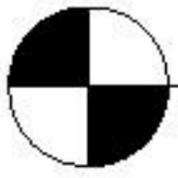
Diaz Wanda Pratiwi  
H03219003

Dosen Pembimbing

Ida Hurnikita, M.Si, M.T.  
Angrwi Pribeidi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.14 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA MINGGU PAGI  
SKALA NTS**

Gambar 4.14 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.13 yaitu.

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,04gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 0,5 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 5 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,025 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 12 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0225 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 16 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 19 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,01 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 25 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,075 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 57 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 51,58 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu Pagi akan hilang pada jarak 57 m dari sumber polutan.

##### **5. Hasil Simulasi Minggu Siang**

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan

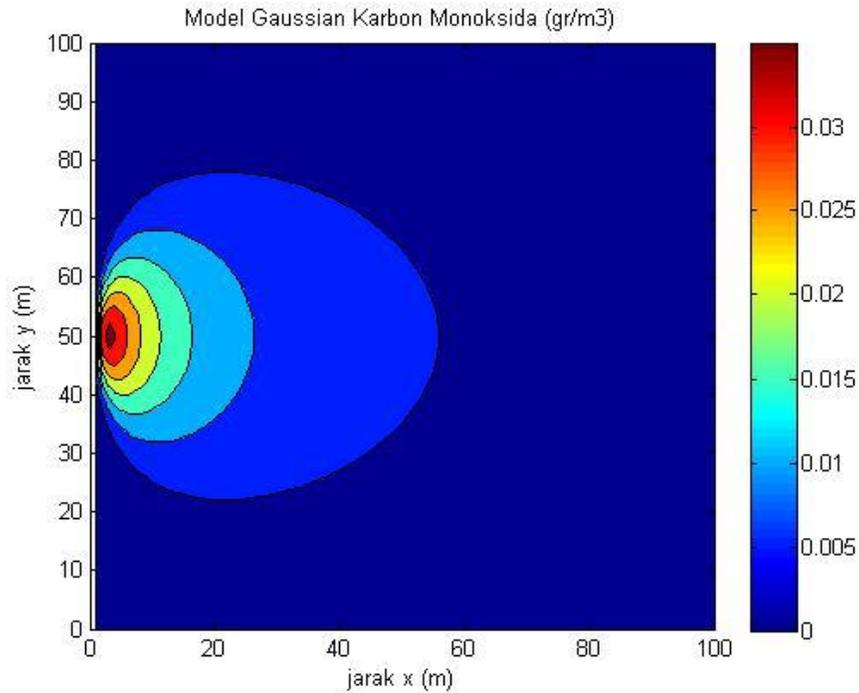
pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu Siang hari

**Tabel 4. 23** Data Simulasi Model Minggu Siang

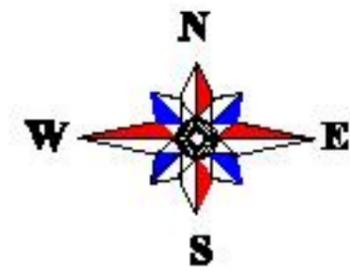
Hari Minggu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,5
Q	52,18
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 15** Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Siang



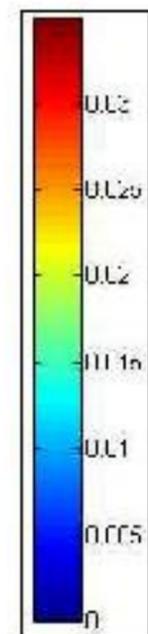
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.16 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA MINGGU SIANG**

Keterangan :



Burber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

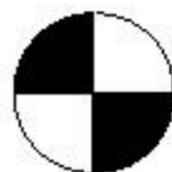
Diaz Wanda Pratwi  
H08219003

Dosen Pembimbing

Ida Munierida, M.Si, M.T.  
Angepri Prihadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.16 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA MINGGU SIANG  
SKALA NTS**

Gambar 4.16 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.15 yaitu:

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,035 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 1 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida mencapai 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 6 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,024 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 8 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida adalah 0,022 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 11 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 18 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida adalah 0,012 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 27 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,006 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 58 m dari sumber pencemar.

Dengan mempertimbangkan kategori stabilitas atmosfer yang digambarkan sebagai B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s, dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 52,18 gr/s, dapat disimpulkan bahwa pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu siang akan mulai berkurang pada jarak 58 m dari sumber polutan.

## 6. Hasil Simulai Minggu Sore

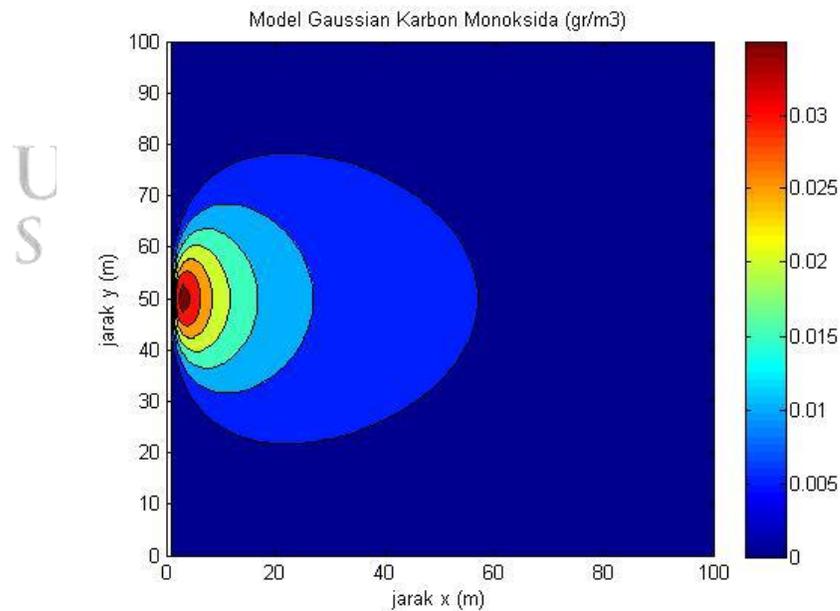
Pada simulasi model menggunakan software MATLAB, dilakukan setelah semua data yang diperlukan untuk rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang diperlukan untuk simulasi model pada hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu sore hari.

**Tabel 4. 24** Data Simulasi Model Minggu Sore

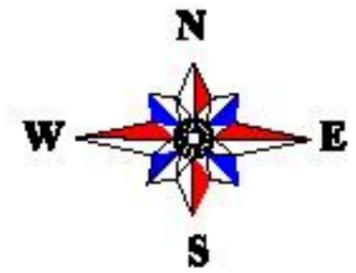
Hari Minggu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,4
Q	53,06
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 17** Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Sore



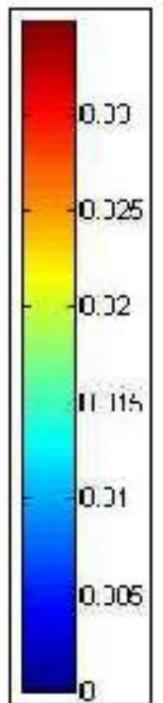
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :  
**GAMBAR 4.18 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA MINGGU SORE**



Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

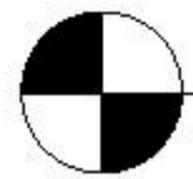
Diaz Wanda Pratiwi  
H05216003

Dosen Pembimbing

Ide Munirida, M.Si, M.T.  
Anqom Pribeid M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.18 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA MINGGU SORE**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.18 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.17 yaitu:

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,033 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 3 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 6 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,025 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 8 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,023 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 12 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,015 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 19 m dari sumber pencemar..
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,013 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 28 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,006 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 60 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,4 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 53,06 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu Sore akan hilang pada jarak 60 m dari sumber polutan.

## 7. Hasil Simulasi Senin Pagi

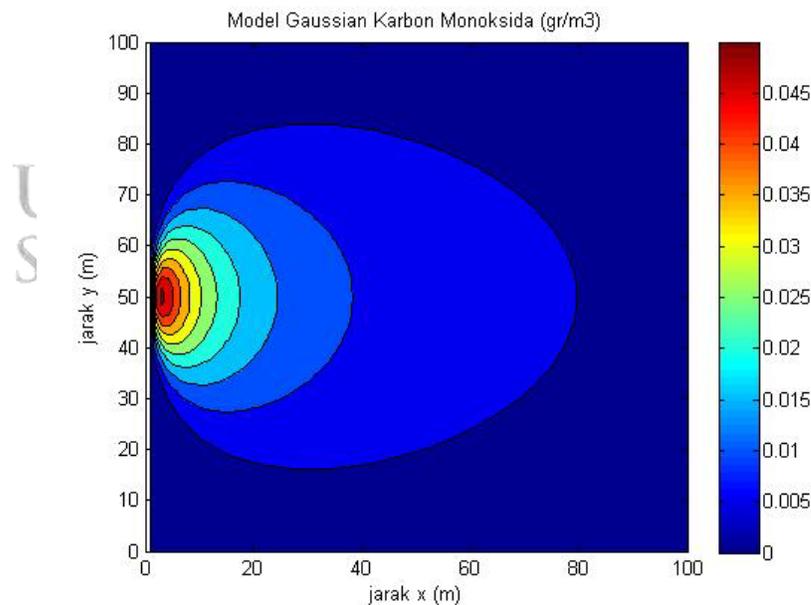
Pada simulasi model menggunakan perangkat lunak MATLAB, dilakukan setelah semua data yang diperlukan untuk rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan untuk simulasi model pada hari Senin tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu pagi hari

**Tabel 4. 25** Data Simulasi Model Senin Pagi

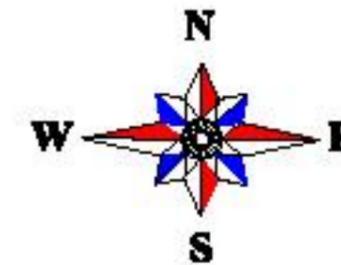
Hari Senin Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	73,01
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 19** Hasil Simulasi *Gaussian* Senin Pagi



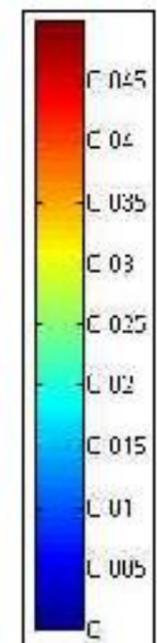
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

GAMBAR 4.20 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SENIN PAGI

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

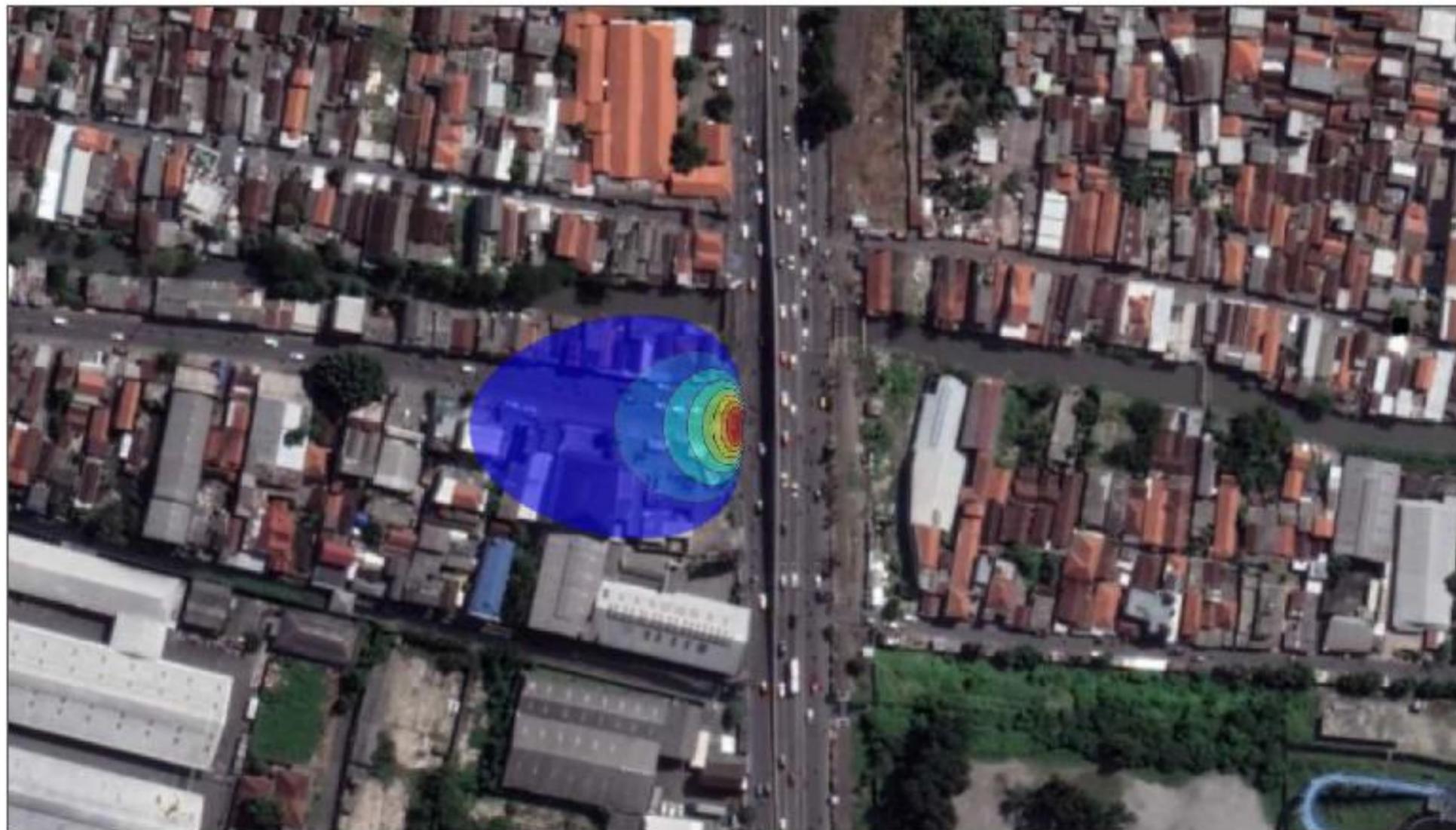
Diaz Wanda Pratiwi  
H06219003

Dosen Pembimbing

Ida Murfarida, M.Si, M.T.  
Arqowi Priyadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.20 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SENIN PAGI**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.20 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Barat. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.19 yaitu:

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,047 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 1 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,045 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 2 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,042 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 3 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,035 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 6 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 9 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0026 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 12 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,02 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 19 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,016 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 22 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,01 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 38 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,005 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 80 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 73,01 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin Pagi akan hilang pada jarak 80 m dari sumber polutan.

## 8. Hasil Simulasi Senin Siang

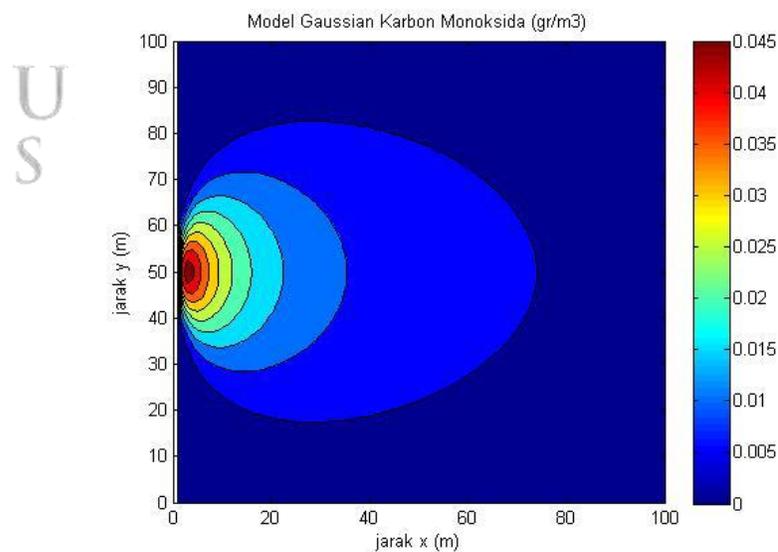
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Senin tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu siang hari

**Tabel 4. 26** Data Simulasi Model Senin Siang

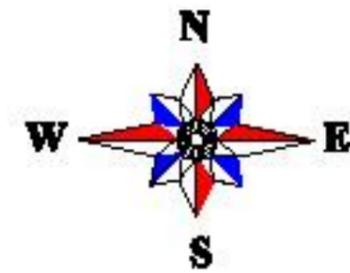
Hari Senin Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,7
Q	68,02
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 21** Hasil Simulasi *Gaussian* Senin Siang



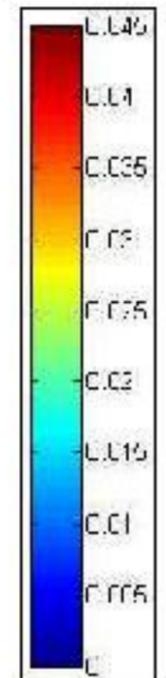
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.22 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SENIN SIANG**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

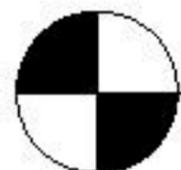
Diaz Wanda Prathal  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murninda, M.Si, M.T.  
August Pribeil M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.22 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SENIN SIANG**

**SKALA NTS**

Gambar 4.22 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur Laut. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.21 yaitu:

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,047 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 1 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,045 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 2 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,042 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 3 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,035 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 6 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,03 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 9 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0026 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 12 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,02 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 19 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,016 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 22 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,01 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 38 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,005 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 80 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 73,01 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin Pagi akan hilang pada jarak 80 m dari sumber polutan.

## 9. Hasil Simulasi Senin Sore

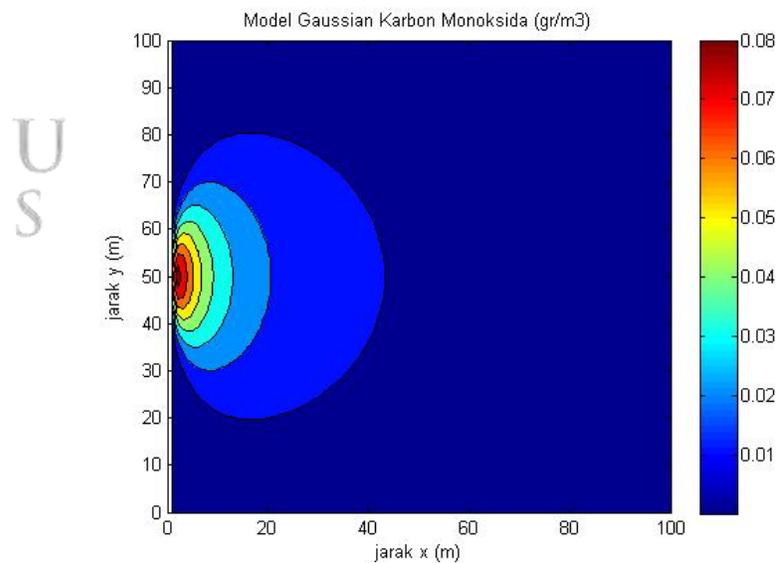
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Senin tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu sore hari

**Tabel 4. 27** Data Simulasi Model Senin Sore

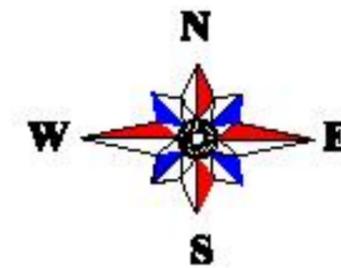
Hari Senin Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	2,2
Q	80,07
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 23** Hasil Simulasi *Gaussian* Senin sore



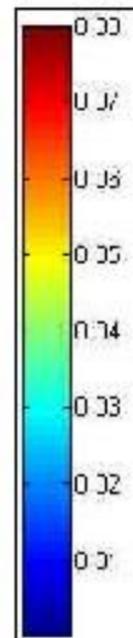
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.24 PETA  
SEBARAN KARBON  
MONOKSIDA SENIN SORE**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Metlab

Dibuat Oleh :

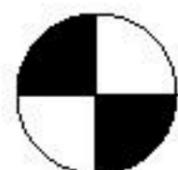
Diaz Wanda Prathwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Nurhuda, M.Si, M.T.  
Aqosul Fribedi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.24 PETA SEBARAN KARBON MONOKSIDA SENIN SORE**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.24 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.23 yaitu:

- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,08 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 1 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,07 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 3 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,06 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 5 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,05 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 8 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,04 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 11 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,032 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 18 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,021 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 22 m dari sumber pencemar.
- konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,012 gr/m<sup>3</sup> terletak sejauh 43 m dari sumber pencemar.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 80,07 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin Sore akan hilang pada jarak 43 m dari sumber polutan.

### 4.3.2 Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida

#### 1. Hasil Simulasi Hari Sabtu Pagi

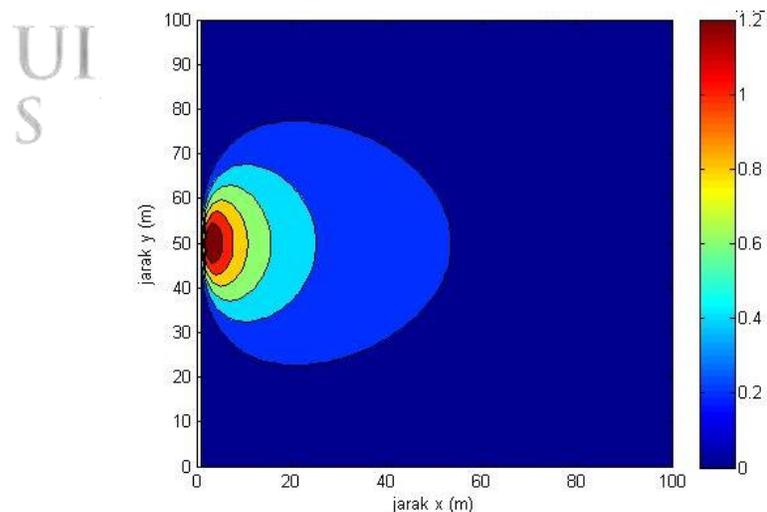
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023 dengan interval waktu pagi hari

**Tabel 4. 28** Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Pagi

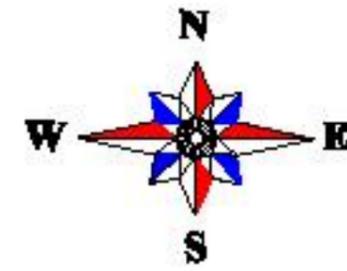
Hari Sabtu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	1,98
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 25** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Pagi



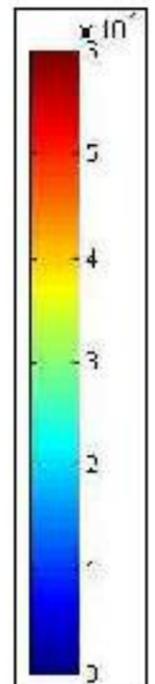
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.26 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SABTU PAGI**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Merlab

Dibuat Oleh :

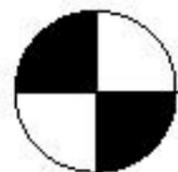
Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murtalia, M.Si, M.T.  
Arqoni Priyadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.26 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SABTU PAGI**

**SKALA NTS**

Gambar 4.26 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.25 yaitu:

- Pada jarak 6 m konsentrasinya adalah 0,0006 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 8 m adalah 0,0005 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 11 m adalah 0,0004 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 18 m adalah 0,0003 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 25 m adalah 0,0002 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 58 m adalah 0,00015 gr/m<sup>3</sup>.

Stabilitas atmosfer diklasifikasikan sebagai kategori B, menunjukkan ketidakstabilan sedang. Kecepatan angin diukur pada 3,6 m/s, dan kekuatan emisi kendaraan (Q) adalah 1,98 gr/s. Menurut pemodelan Gaussian, pola sebaran Nitrogen Dioksida pada Sabtu pagi akan menghilang pada jarak 58 m dari sumber pencemar.

## 2. Hasil Simulasi Hari Sabtu Siang

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023 dengan interval waktu Siang hari

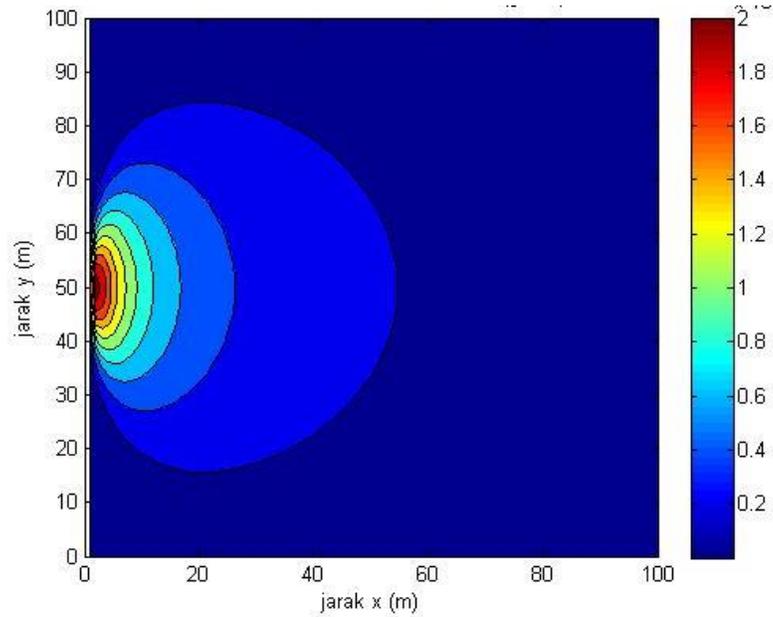
**Tabel 4. 29** Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Siang

Hari Sabtu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	2,9
Q	1,90

Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

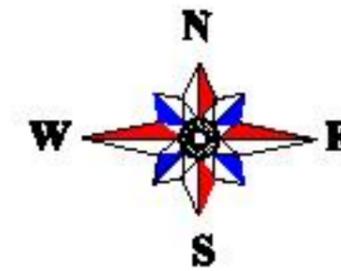
Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 27** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Siang

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



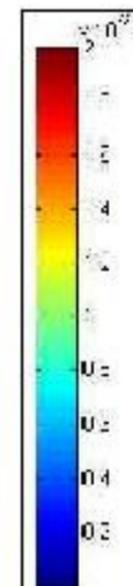
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.28 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SABTU SIANG**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murninda, M.Si, M.T.  
Arqowi Priadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.28 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SABTU SIANG**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.28 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.27 yaitu:

- Pada jarak 1 m konsentrasinya adalah 0,002 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 1,5 m adalah 0,0018 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 2 m adalah 0,0016 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 3 m adalah 0,0014 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 6 m adalah 0,0012 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 10 m adalah 0,001 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 13 m adalah 0,008 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 19 m adalah 0,006 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 30 m adalah 0,004 gr/m<sup>3</sup>;
- Pada 59 m adalah 0,002 gr/m<sup>3</sup>.

Stabilitas atmosfer diklasifikasikan sebagai kategori B, menunjukkan ketidakstabilan sedang. Kecepatan angin diukur pada 2,9 m/s, dan kekuatan emisi kendaraan (Q) adalah 1,9 gr/s. Menurut pemodelan Gaussian, pola sebaran Nitrogen Dioksida pada Sabtu sore akan menghilang pada jarak 59 m dari sumber pencemar.

### 3. Hasil Simulasi Hari Sabtu Sore

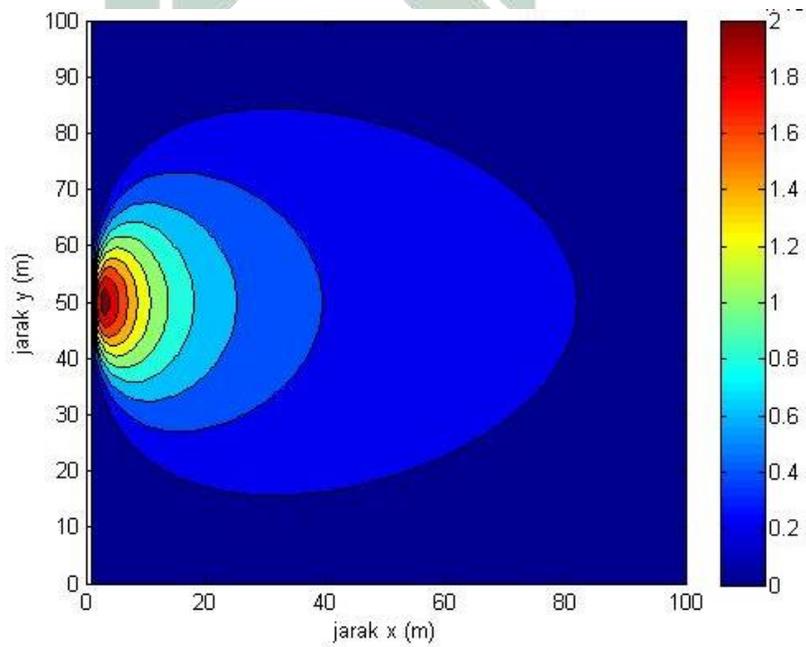
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023 dengan interval waktu sore hari

**Tabel 4. 30** Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Sabtu Sore

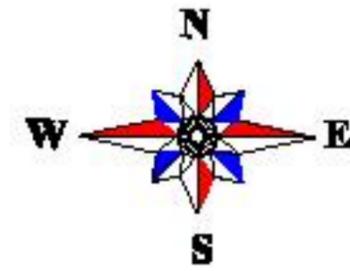
Hari Sabtu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	2,33
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 29** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Sabtu Sore



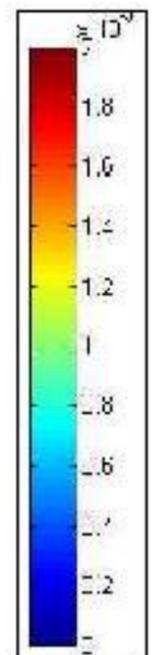
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.30 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SABTU SORE**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

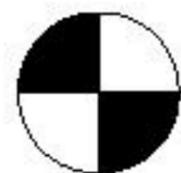
Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murtadha, M.Si, M.T.  
Anggel Priyadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.30 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SABTU SORE**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.30 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.29 yaitu:

- Pada jarak 2,3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,002 gr/m<sup>3</sup>
- Pada jarak 3,5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0018 gr/m<sup>3</sup>
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0016 gr/m<sup>3</sup>
- Pada jarak 7 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0014 gr/m<sup>3</sup>
- Pada jarak 9 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>
- Pada jarak 11 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0067 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 39 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,004 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 81 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,002 gr/m<sup>3</sup>

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,9 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 2,33 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Sabtu Sore akan hilang pada jarak 81 m dari sumber polutan.

#### 4. Hasil Simulasi Hari Minggu Pagi

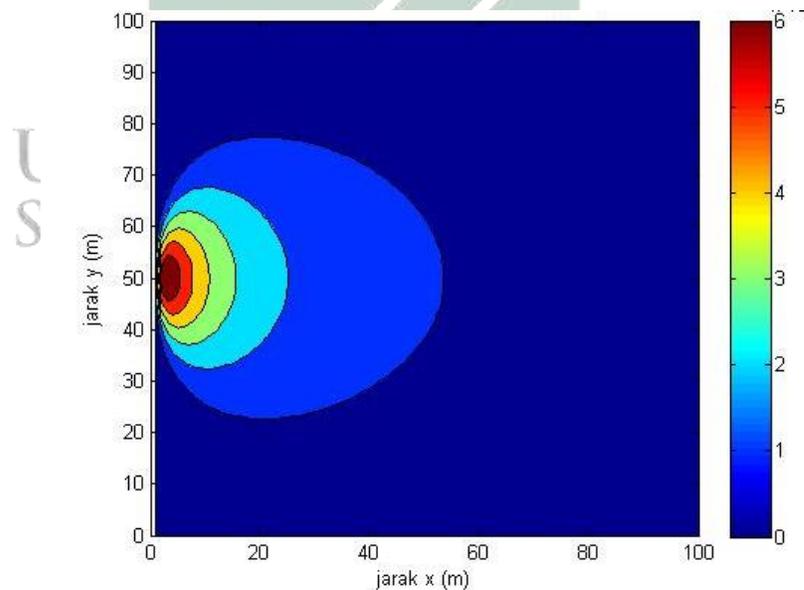
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu pagi hari

**Tabel 4. 31** Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Pagi

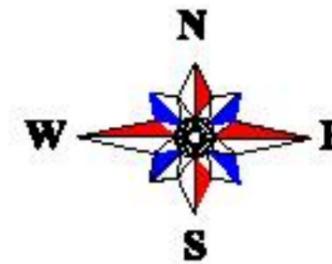
Hari Minggu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,5
Q	1,32
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 31** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Pagi



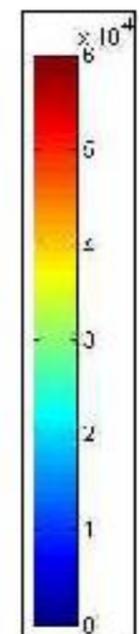
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.32 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA MINGGU PAGI**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ica Nurfarida, M.Si, M.T.  
Anqowi Pribeati M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.32 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA MINGGU PAGI**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.32 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.31 yaitu:

- Pada jarak 3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0005 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0016 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 9 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0004 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0003 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 54 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,00012 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 1,32 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu Pagi akan hilang pada jarak 54 m dari sumber polutan.

## **5. Hasil Simulasi Hari Minggu Siang**

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan

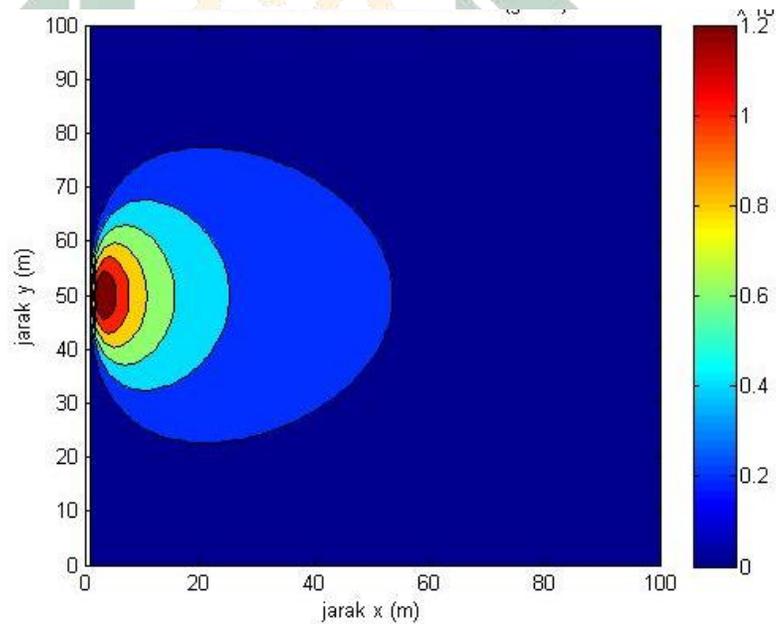
pada simulasi model hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu Siang hari

**Tabel 4. 32** Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Siang

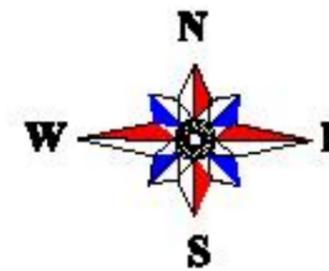
Hari Minggu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,5
Q	1,85
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



**Gambar 4. 33** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Siang



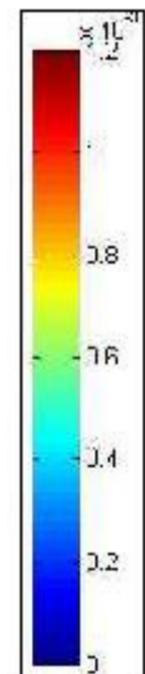
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.34 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA MINGGU SIANG**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Munfarida, M.Si, M.T.  
Arqael Pribadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.34 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA MINGGU SIANG**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.34 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.33 yaitu:

- Pada jarak 4 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 7 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 23 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0005 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 56 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,00034 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 1,85 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu Pagi akan hilang pada jarak 56 m dari sumber polutan.

## 6. Hasil Simulasi Hari Minggu Sore

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan

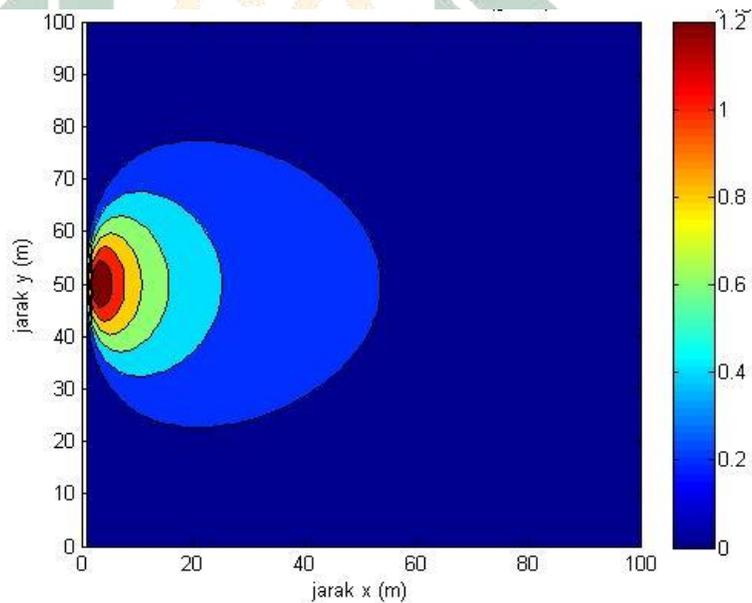
pada simulasi model hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 dengan interval waktu sore hari

**Tabel 4. 33** Data Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Sore

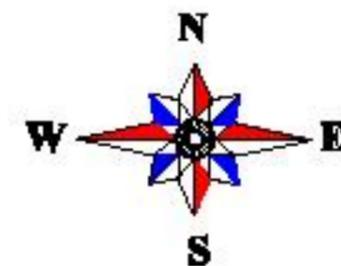
Hari Minggu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
Pi	3,14
V	3,4
Q	1,90
Jarak x dan y	50
H	0,5
Z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 35** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Minggu Sore



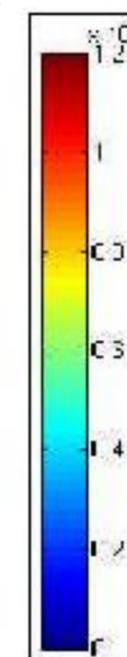
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.36 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA MINGGU SORE**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratiwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murniade, M.Si, M.T.  
Arqowi Priyadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.36 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA MINGGU SORE  
SKALA NTS**

Gambar 4.36 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.35 yaitu:

- Pada jarak 3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 23 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0005 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 56 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,00034 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,4 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 1,9 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Minggu siang akan hilang pada jarak 56 m dari sumber polutan.

## 7. Hasil Simulasi Hari Senin Pagi

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan

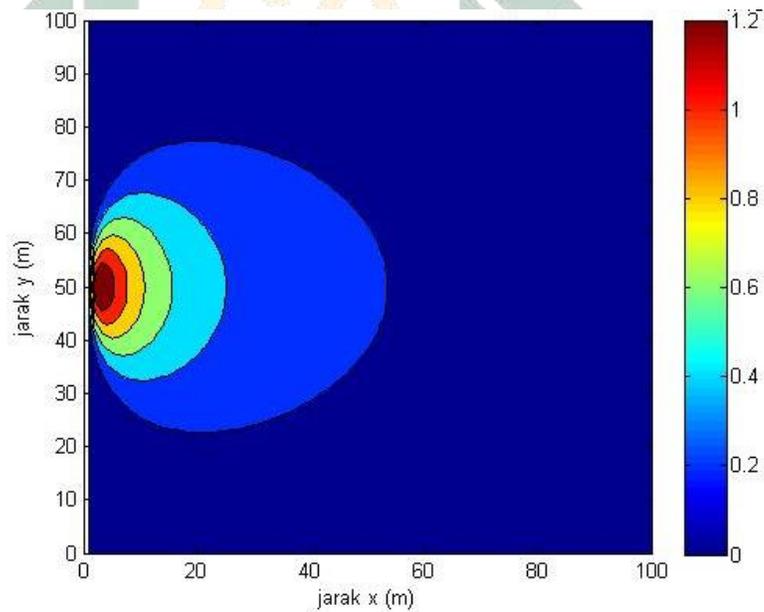
pada simulasi model hari Senin tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu Senin pagi

**Tabel 4. 34** Data Simulasi Model Nitrogen Dioksida Senin Pagi

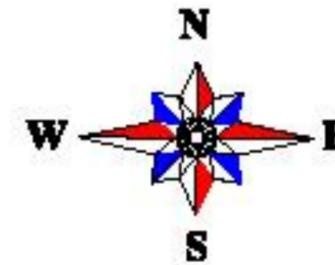
Hari Minggu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,6
Q	2,45
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 37** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Pagi



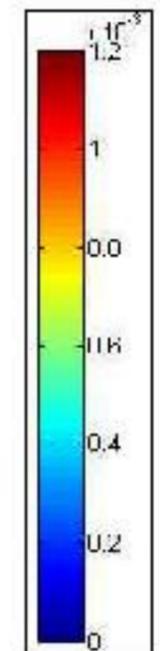
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.38 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SENIN PAGI**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

Diaz Wanda Pratwi  
H05218003

Dosen Pembimbing

Ida Nurhidaya, M.Si, M.T.  
Arqon Prizadi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.38 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SENIN PAGI**

**SKALA NTS**

Gambar 4.38 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Barat. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.37 yaitu:

- Pada jarak 3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 23 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0005 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 56 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,00034 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,6 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 2,45 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin Pagi akan hilang pada jarak 56 m dari sumber polutan.

## **8. Hasil Simulasi Hari Senin Siang**

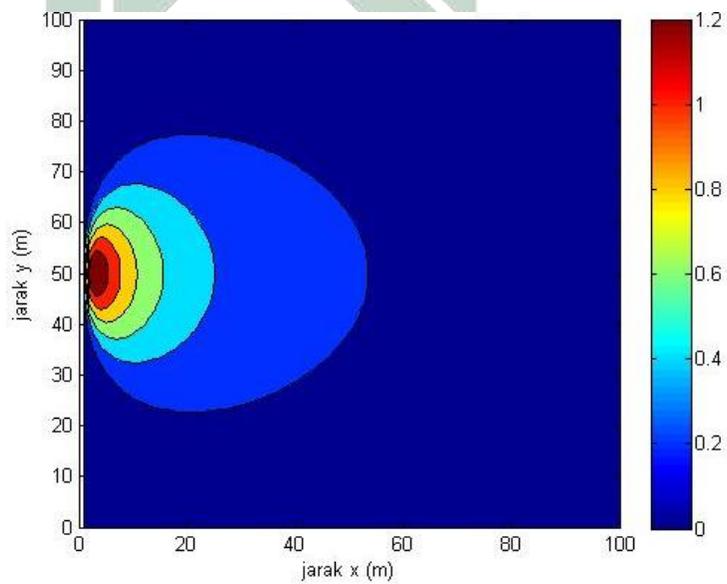
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Senin tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu siang hari

**Tabel 4. 35** Data Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Siang

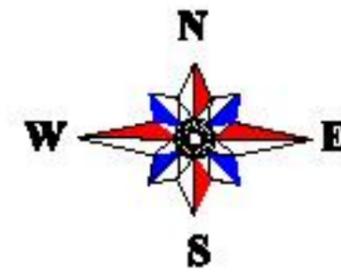
Hari Senin Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	3,7
Q	2,00
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 39** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Siang



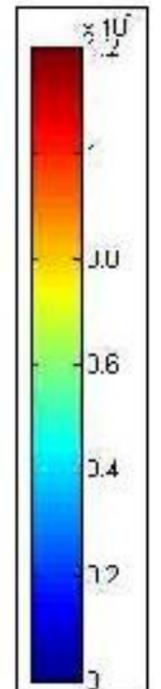
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MILAM NEGERI  
BURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.40 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SENIN SIANG**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

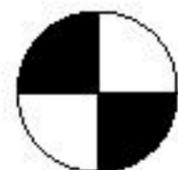
Diaz Wanda Prathwi  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Murniada, M.Si, M.T.  
Arqael Pribeidi M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.40 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SENIN SIANG**

**SKALA NTS**

Gambar 4.40 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Timur Laut. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.39 yaitu:

- Pada jarak 3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 23 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0005 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 22 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 56 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,00034 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,7 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 2 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin siang akan hilang pada jarak 56 m dari sumber polutan.

## 9. Hasil Simulasi Hari Senin Sore

Hasil simulasi model dilakukan menggunakan software MATLAB. Simulasi MATLAB dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus Gaussian terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan

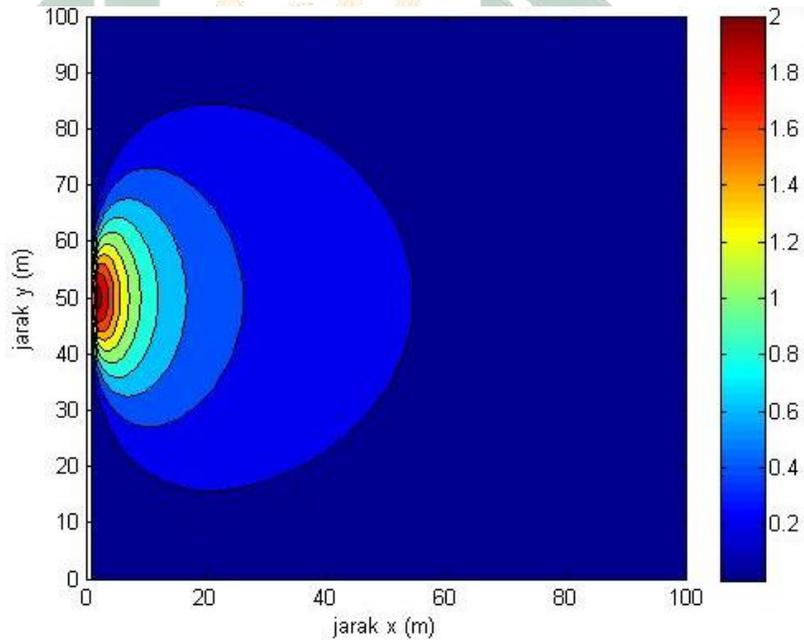
pada simulasi model hari Sabtu tanggal 8 Mei 2023 dengan interval waktu sore hari

**Tabel 4. 36** Data Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Sore

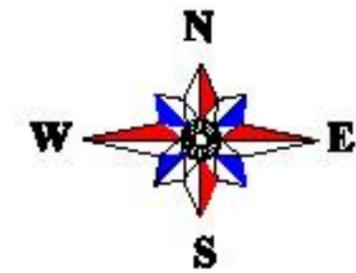
Hari Senin Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
Dy	31,3786
Dz	25,1714
pi	3,14
v	2,2
Q	2,66
Jarak x dan y	50
H	0,5
z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar :



**Gambar 4. 41** Hasil Simulasi Nitrogen Dioksida Senin Sore



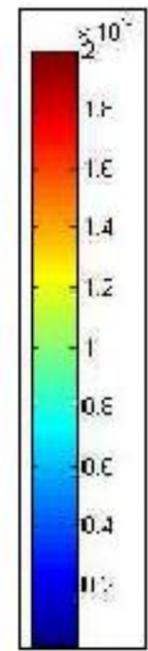
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN AMPEL SURABAYA

Tugas Akhir

Judul Gambar :

**GAMBAR 4.42 PETA  
SEBARAN NITROGEN  
DIOKSIDA SENIN SORE**

Keterangan :



Sumber:

Google Earth dan  
Matlab

Dibuat Oleh :

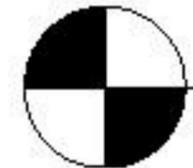
Diaz Wanda Prathel  
H05219003

Dosen Pembimbing

Ida Munfirda, M.Si, M.T.  
Arqel Pribeid M.Eng

Skala Gambar

Tanpa Skala



**GAMBAR 4.42 PETA SEBARAN NITROGEN DIOKSIDA SENIN SORE**  
**SKALA NTS**

Gambar 4.42 menggambarkan pola sebaran Karbon Monoksida dalam bentuk 2 dimensi. Berdasarkan data BMKG, 2023 pola sebaran arah angin menunjukkan ke arah Tenggara. Data pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida pada jarak-jarak tertentu dari sumber pencemar berdasarkan aplikasi matlab pada Gambar 4.41 yaitu:

- Pada jarak 1 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,002 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 1,5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0018 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 2,5 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0016 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 3 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0014 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 4 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0012 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 6 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,001 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 10 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0008 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 18 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0006 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 24 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0004 gr/m<sup>3</sup>.
- Pada jarak 58 m dari sumber pencemar, konsentrasi Karbon Monoksida sebesar 0,0002 gr/m<sup>3</sup>.

Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 2,26 gr/s, pola sebaran Karbon Monoksida pada pemodelan Gaussian pada hari Senin sore akan hilang pada jarak 58 m dari sumber polutan.

#### **4.4 Hasil Validitas Bentuk Model Gaussian Dengan Hasil Data Lapangan Menggunakan Rumus MAPE**

Proses validasi dilakukan untuk mengetahui data model yang dihasilkan sesuai dengan data lapangan. Berikut merupakan hasil pengukuran data lapangan:

##### **4.4.1 Hasil Pengukuran Karbon Monoksida**

Pengukuran atau pengambilan sampel Karbon Monoksida (CO) dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Surabaya dengan 6 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Sabtu tanggal 6 Mei 2023, Minggu tanggal 7 Mei 2023, dan Senin tanggal 8 Mei 2023. Waktu pengambilan sampel dilakukan dengan 3 interval waktu yaitu pagi hari (06.00-09.00), siang hari (12.00-14.00), dan sore hari (16.00-18.00) dengan durasi pengukuran selama 1 jam pada setiap interval, hal tersebut mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 tentang Pedoman Teknis Pemantauan Kualitas Udara Ambien, baku mutu Konsentrasi Karbon Monoksida pada Lampiran VII Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  atau sama dengan 8,8 ppm. Hasil Pengukuran yang dilakukan dinyatakan dalam satuan ppm karena alat yang digunakan adalah Karbon Monoksida Analyzer yang menghasilkan satuan ppm, satuan konsentrasi Karbon Monoksida dalam bentuk ppm harus dikonversi kedalam satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  agar dapat dibandingkan dengan baku mutu yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021.

Berikut merupakan salah satu Karbon Monoksida perhitungan yang dilakukan untuk mengkonversi satuan ppm menjadi satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , perhitungan menggunakan rumus 3.1. Diketahui konsentrasi Karbon Monoksida pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari sebesar 10,4 ppm, temperatur absolute =  $298^\circ \text{K}$ , tekanan udara = 1 atm, konstanta gas

universal = 0,0821 dan berat molekul (BM) Karbon Monoksida adalah 28 g/mol, maka konversi ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C \mu\text{g}/\text{m}^3 &= C \text{ ppm} \times MW \times \frac{(1000 P)}{(RT)} \\
 &= 14,4 \times 28 \times \frac{(1000 \times 1 \text{ atm})}{(0,0821 \text{ L atm}/\text{K mol} \times 301,8 \text{ K})} \\
 &= 16.314 \mu\text{g}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka nilai konsentrasi Karbon Monoksida pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari yang telah dikonversi sebesar  $16.314 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berikut adalah hasil perhitungan konversi Karbon Monoksida dengan satuan ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada titik lain.

a. Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-09.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.37 berikut:

**Tabel 4. 37** Pengukuran Karbon Monoksida Pagi Hari

Titik	Karbon Monoksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	16314	11476	16996
2	9205	7696	11667
3	11287	8451	13469
4	10907	9206	14892
5	9964	8272	20617
Rata-rata	11535	9020	15528

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Berdasarkan Tabel 4.37 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida sebesar  $15528 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dikarenakan pada hari senin merupakan hari awal

aktivitas bagi masyarakat. Sedangkan konsentrasi Karbon Monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 9020  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dikarenakan hari minggu merupakan hari libur yang mana aktivitas masyarakat di jalan tidak padat. Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Karbon Monoksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari senin pada titik 5 karena merupakan titik yang menghubungkan antara kota Surabaya dan Sidoarjo . yaitu sebesar 20617  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai terendah terjadi pada hari minggu pada titik 2 yaitu sebesar 7696  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  yang mana titik ini merupakan daerah masuk terminal dimana aktivitas di terminal menurun di hari libur.

b. Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.38 berikut:

**Tabel 4. 38** Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari

Titik	Karbon Monoksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Siang Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	15843	12233	15273
2	9773	6754	12042
3	8640	11002	10813
4	10434	12328	14132
5	8640	11002	16034
Rata-rata	10666	10664	13659

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan Tabel 4.38 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida sebesar

13659  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  karena hari senin merupakan hari kerja yang mana dijam tersebut merupakan jam istirahat bagi pekerja untuk mencari makan maupun hendak beraktivitas diluar aktivitas kantor. Sedangkan konsentrasi Karbon Monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 10664  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  karena merupakan hari weekend yang mana banyak masyarakat yang memilih untuk tidak beraktivitas dan beristirahat dirumah. Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Karbon Monoksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari senin pada titik 5 yaitu sebesar 16034  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  karena merupakan titik keluar kota surabaya dan titik masuk daerah sidoarjo sehingga pada siang akan banyak dilalui kendaraan, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari minggu pada titik 2. yaitu sebesar 6754  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  karena merupakan titik masuk terminal dan termasuk jalan yang menuju ke pemukiman warga dan sedikit terdapat perkantoran di area ini.

c. Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.39 berikut:

**Tabel 4. 39** Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari

Karbon Monoksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Titik	Sore Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	17844	10623	20137
2	10624	9111	14894
3	10909	10625	11474
4	12044	15272	19467
5	11381	14038	18890
Rata-rata	12560	11934	16973

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan Tabel 4.39 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi Karbon Monoksida sebesar  $16973 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . sedangkan konsentrasi Karbon Monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar  $11934 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Karbon Monoksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari senin pada titik 1. yaitu sebesar  $20137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai terendah terjadi pada hari minggu pada titik 2. yaitu sebesar  $9111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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 (Maharani, 2019).

#### **4.4.2 Hasil Pengukuran Nitrogen Dioksida**

Pengukuran atau pengambilan sampel Nitrogen Dioksida dilakukan di Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Surabaya menggunakan 5 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, yaitu pada Sabtu tanggal 6 Mei 2023, Minggu tanggal 7 Mei 2023, serta Senin tanggal 8 Mei 2023. Waktu pengambilan sampel terbagi menjadi 3 interval, yaitu pagi hari (06.00-09.00), siang hari (12.00-14.00), dan sore hari (16.00-18.00). Setiap interval memiliki durasi pengukuran selama 1 jam. Prosedur pengukuran ini mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 tentang Pedoman Teknis Pemantauan

Kualitas Udara Ambien. Baku mutu konsentrasi Karbon Monoksida yang digunakan adalah 200 µg/m<sup>3</sup> selama 1 jam, sebagaimana tercantum dalam Lampiran VII Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pengukuran atau pengambilan sampel Nitrogen Dioksida mengacu pada SNI 19-7119.2-2005 dengan metode *Griess Saltzman* menggunakan spektrofotometer. Pengambilan sampel di lapangan menggunakan alat impinger. Data pendukung yang dibutuhkan untuk menguji konsentrasi Nitrogen Dioksida yaitu suhu yang diperoleh dari CO Analyzer dan laju alir pada impinger.

Berikut merupakan salah satu Karbon Monoksida perhitungan konsentrasi Nitrogen Dioksida menggunakan rumus 3.3 dan 3.4 pada sabtu pagi hari. Data pendukung yang diperlukan yaitu suhu, laju alir, dan absorbansi spektrofotometer. Diketahui suhu yang didapat pada Karbon Monoksida Analyzer yaitu 30,4 ° C, setelah itu dikonversi ke Kelvin menjadi 303,4° K. Laju alir awal pada impinger yaitu 0,4 L/menit dan laju akhir 0,6 L/menit. Waktu sampling 60 menit. Absorbansi spektrofotometer yang didapat dari larutan penjerap pada impinger yaitu 0,045 µg , maka perhitungan konsentrasi Nitrogen Dioksida adalah sebagai berikut:

- Perhitungan Volume Karbon Monoksida contoh uji:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{F_1 + F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760} \\
 &= \frac{0,4 + 0,6}{2} \times 60 \times \frac{760}{303,4} \times \frac{298}{760} \\
 &= 29,5
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Konsentrasi NO di udara

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{b}{V} \times \frac{10}{25} \times 1000 \\
 &= \frac{0,4}{29,5} \times \frac{10}{25} \times 1000 \\
 &= 5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil Pengukuran Nitrogen Dioksida:

a. Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-09.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.40 berikut:

**Tabel 4. 40** Pengukuran Nitrogen Dioksida Pagi Hari

Nitrogen Dioksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Titik	Pagi Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	5,8	1,2	3,9
2	2,2	2,2	2,8
3	6,1	2,8	1,3
4	7,7	1,5	0,9
5	2,6	1,7	3,0
Rata-rata	4,9	1,9	2,4

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan Tabel 4.40 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida sebesar  $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . sedangkan konsentrasi Nitrogen Dioksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari senin pada titik 4 yaitu sebesar  $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai terendah terjadi pada hari senin pada titik 4 yaitu sebesar  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

b. Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.41 berikut:

**Tabel 4. 41** Pengukuran Nitrogen Dioksida Siang Hari

Nitrogen Dioksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Titik	Siang Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	13,6	2,6	12,7
2	4,2	6,2	3,1
3	2,8	3,1	0,9
4	9,9	12,6	10,0
5	2,2	1,2	12,0
Rata-rata	6,5	5,1	7,7

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan Tabel 4.41 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida sebesar  $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . sedangkan konsentrasi Nitrogen Dioksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar  $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari senin pada titik 1 yaitu sebesar  $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai terendah terjadi pada hari senin pada titik 3. yaitu sebesar  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

c. Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida yang dilakukan pada interval waktu sore hari pada 5 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.42 berikut:

**Tabel 4. 42** Pengukuran Nitrogen Dioksida Sore Hari

Nitrogen Dioksida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Titik	Sore Hari		
	Sabtu	Minggu	Senin
1	10,1	13,1	9,7
2	2,0	1,4	1,0

3	2,5	3,3	2,5
4	4,6	3,7	4,7
5	2,4	0,4	4,2
Rata-rata	4,3	4,4	4,4

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan Tabel 4.42 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Senin dan Minggu dengan rata-rata konsentrasi Nitrogen Dioksida sebesar 4,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . sedangkan konsentrasi Nitrogen Dioksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari sabtu dengan nilai rata-rata sebesar 4,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari minggu pada titik 1 yaitu sebesar 13,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai terendah terjadi pada hari minggu pada titik 5. yaitu sebesar 0,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.4.3 Uji Validasi MAPE

Nilai validasi MAPE Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida hasil perhitungan data lapangan dan data model menggunakan rumus 3.12. Berikut merupakan salah satu contoh uji validasi MAPE pada Sabtu Pagi:

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{\text{Data Lapangan} - \text{Data Model}}{\text{Data Lapangan}} \times 100\% \\
 &= \frac{11.535 \mu\text{g} - 11.334 \mu\text{g}}{11.535 \mu\text{g}} \times 100\% \\
 &= 174\%
 \end{aligned}$$

Uji Validasi Karbon Monoksida dan Nitrogen Dioksida dapat dilihat pada table 4.43 dan 4.43 berikut:

**Tabel 4. 43** Uji Validasi Karbon Monoksida

Hari	Waktu	Data Lapangan ( $\mu\text{g}$ )	Data Model ( $\mu\text{g}$ )	MAPE
Sabtu	Pagi	11535	11334	174%
	Siang	10666	14957	-4023%
	Sore	12560	12191	294%
Minggu	Pagi	9020	9065	-50%
	Siang	10664	9367	1217%
	Sore	11934	9579	1973%
Senin	Pagi	15528	12457	1978%
	Siang	13659	11397	1656%
	Sore	16973	22604	-3318%
Rata-Rata				11%

Sumber: Hasil Analisa, 2023

**Tabel 4. 44** Uji Validasi Nitrogen Dioksida

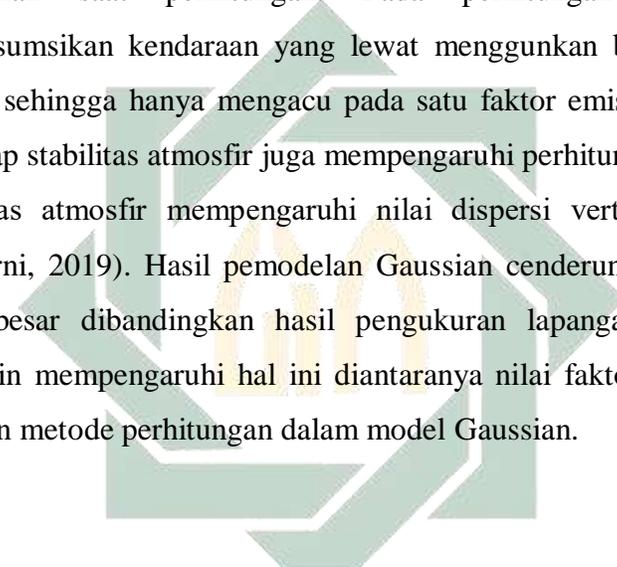
Hari	Waktu	Data Lapangan ( $\mu\text{g}$ )	Data Model ( $\mu\text{g}$ )	MAPE
Sabtu	Pagi	5	344	-695948%
	Siang	7	351	-526548%
	Sore	4	408	-933612%
Minggu	Pagi	2	232	-1225059%
	Siang	5	337	-643764%
	Sore	4	344	-779203%
Senin	Pagi	2	419	-1771421%
	Siang	8	336	-424716%
	Sore	4	465	-1040067%
Rata-Rata				893371%

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil validasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) Karbon Monoksida yang didapat dalam perhitungan yaitu sebesar 11%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai MAPE tergolong kedalam kategori nilai baik, berdasarkan (Wardhani dkk., 2022) menyatakan bahwa nilai MAPE dengan

range 10 – 20% menunjukkan bahwa kemampuan model peramalan baik. Sedangkan hasil validasi Nitrogen Dioksida sebesar 893.371% sehingga dinyatakan kurang baik.

Pada perhitungan pemodelan gauss, faktor emisi yang digunakan diasumsikan hanya bahan bakar bensin dan solar. Apabila dibandingkan hasil konsentrasi CO dan NO<sub>2</sub> antara weekdays (hari kerja) dengan weekend (akhir pekan), konsentrasi CO dan NO<sub>2</sub> 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 ( $\sigma_z$ ) perhitungan (Maharni, 2019). Hasil pemodelan Gaussian cenderung memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan hasil pengukuran lapangan. Banyak hal yang mungkin mempengaruhi hal ini diantaranya nilai faktor emisi, faktor cuaca, maupun metode perhitungan dalam model Gaussian.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pemodelan Karbon Monoksida menggunakan metode *Gaussian* pada Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi Karbon Monoksida tertinggi terjadi pada hari Senin Sore sebesar  $16.973 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan terkecil terjadi pada interval waktu Minggu pagi hari yaitu sebesar  $9.020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida tertinggi terjadi pada hari Sening siang hari yaitu sebesar  $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan nilai konsentrasi Nitrogen Dioksida terendah terjadi pada hari Minggu pagi yaitu sebesar  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
2. Hasil simulasi CO tertinggi terjadi pada hari Senin pagi yaitu sebesar  $16.793 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan jarak dispersi sejauh 80 meter, sedangkan simulasi CO terendah terjadi pada hari Minggu siang yaitu sebesar  $10.664 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan jarak dispersi sejauh 58 meter. Hasil Simulasi NO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada hari Senin siang yaitu sebesar  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan jarak dispersi sejauh 56 meter, sedangkan simulasi NO<sub>2</sub> terendah terjadi pada hari Minggu pagi yaitu sebesar  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan jarak dispersi sejauh 54 meter.
3. Hasil perhitungan uji validitas *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada bentuk model *Gaussian* Karbon Monoksida Persimpangan Bawah Jembatan Layang Waru Sidoarjo yaitu sebesar 11%. Hal ini menunjukkan bahwa model *Gaussian* pada penelitian ini tergolong dalam kategori baik. Sedangkan bendul model Gaussian Nitrogen Dioksida nilai validasi jauh lebih tinggi yaitu sebesar 893371%.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini antara lain:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan model solusi numerik lainnya untuk mengetahui model yang lebih efektif untuk digunakan pada dispersi Nitrogen Dioksida sumber kendaraan bermotor.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait cakupan lokasi penelitian yang lebih luas.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinda Laili Febriyanti, Pancahayani, S., & Muliady Faisal. (2022). Model Matematika Penyebaran Polusi Udara untuk Menentukan Jarak Aman Pemukiman dari Cerobong Asap Industri. *SPECTA Journal of Technology*, 6(1), 35–46. <https://doi.org/10.35718/specta.v6i1.692>
- Anwar, N. K., Gani, A., & Mahidin, M. (2020). Evaluasi Pengaruh Kendaraan Bermotor Terhadap Kualitas Udara Ambien Pada Berbagai Tipe Ruas Jalan Kota Banda Aceh. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 21(1), 21–30. <https://doi.org/10.25104/jptd.v21i1.974>
- Ardiansyah, R. (2021). Analisis Kepadatan Arus Lalu Lintas di Jalan Letjend Sutoyo Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. 17 Agustus 1945.
- Aslim, M. A. F. I., Ihsan, N., & Yani, A. (2019). Pemodelan Sebaran Polutan Udara Akibat Aktivitas Pltd Tello Kota Makassar Menggunakan Model Dispersi Gauss Modeling. *April*, 36–44.
- Awalananda, R., & Rusdiana, E. (2019). Efektivitas Penegakan Hukum Terhadap Pencemaran Udara Di Kecamatan Gresik Dan Kecamatan Kebomas. *Novum : Jurnal Hukum*, 6(1), 36–45.
- Catleya, F., Yustiani, Y. M., & Hasbiah, A. W. (2021). Tingkat Pencemaran Udara Karbon Monoksida Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Udara Skala Mikro Di Jalan Sudirman Jakarta. *Infomatek*, 23(1), 55–68. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v23i1.4016>
- Daryanto. (2004). *Masalah Pencemaran*. PT. Tarsito.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi air dan udara*. Kanisius. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=267593#>
- Fitriyah, Indriyani, Y. S., & Sumiardi, A. (2022). Pengaruh Kendaraan Bermotor Terhadap Pencemaran Udara Di Kecamatan Ciruas Serang Banten. *04(02)*, 89–98. <https://doi.org/doi.org/10.47080/josce.v4i02.2206>
- He, S., & Jiang, L. (2021). Identifying Karbon Monoksidanvergence in nitrogen oxides emissions from motor vehicles in China: A spatial panel data approach. *Journal*

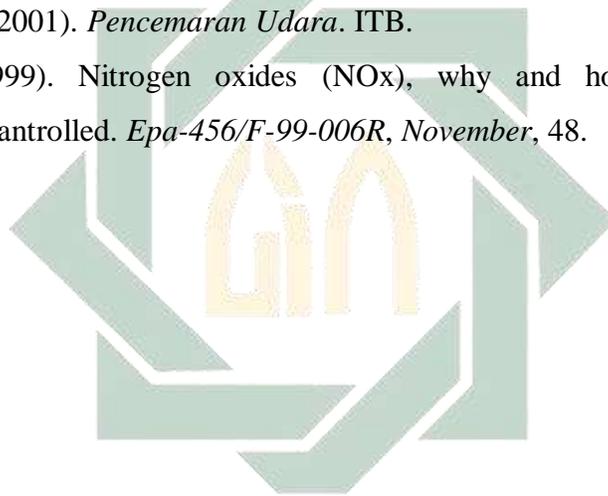
*of Cleaner Production*, 316(18), 128177.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128177>

Nevers, N. de. (2000). Air Pollution Karbon Monoksidadntrol Engineering. In *Handbook of Environmental Engineering*. McGraw-Hill.  
<https://doi.org/10.1002/9781119304418.ch15>

Rozalia, G., Yasin, H., & Ispriyanti, D. (2019). Penerapan Metode Ordinary Kriging Pada Pendugaan Kadar NITROGEN DIOKSIDA di Udara (Studi Kasus: Pencemaran Udara di Kota Semarang). *Karbon Monoksidadcept and Karbon Monoksidadmmunication*, null(23), 301–316. <https://doi.org/10.15797/Karbon Monoksidadntrol>.2019..23.009

Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara*. ITB.

US EPA. (1999). Nitrogen oxides (NOx), why and how they are Karbon Monoksidadntrolled. *Epa-456/F-99-006R*, November, 48.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A