

**PEMODELAN KARBON MONOKSIDA MENGGUNAKAN METODE
GAUSSIAN PADA PERSIMPANGAN MARGOREJO AHMAD YANI
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.)
pada Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun Oleh

MUHAMMAD TAFFAREL FARIDZI NAUFAL

NIM. H95218057

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Taffarel Faridzi Naufal

NIM : H95218057

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Pemodelan Karbon Monoksida Menggunakan Metode *Gaussian* Pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya”.

Demikian pernyataan keaslian yang saya buat dengan ~~seben~~benarnya. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Surabaya, 3 November 2022

Yang menyatakan,

10000
METERAI
TEMPEL
14FAJX151680500

(Muhammad Taffarel Faridzi Naufal)

NIM. H95218057

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Muhammad Taffarel Faridzi Naufal

NIM : H95218057

JUDUL : PEMODELAN KARBON MONOKSIDA MENGGUNAKAN
METODE *GAUSSIAN* PADA PERSIMPANGAN MARGOREJO
AHMAD YANI SURABAYA

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 10 Oktober 2022

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Yusrianti, MT.
NIP. 198210222014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Muhammad Taffarel Faridzi Naufal

NIM : H95218057

JUDUL : Pemodelan Karbon Monoksida Menggunakan Metode *Gaussian*
Pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi

Surabaya, 28 Oktober 2022

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I



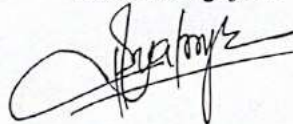
Ida Munfarida, M.Si., MT.
NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji II



Yusfianti, M.T
NIP. 198210222014032001

Dosen Penguji III



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

Dosen Penguji IV



Teguh Taruna Utama, M.T
NIP. 201603319



Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. A. Saepul Hamdani, M. Pd
NIP : 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : MUHAMMAD TAFFAREL FARIDZI NAUFAL
NIM : H95218057
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : mtaffarel3@gmail.com

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

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

PEMODELAN KARBON MONOKSIDA MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN

PADA PERSIMPANGAN MARGOREJO AHMAD YANI SURABAYA

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, 4 November 2022

Penulis

(Muhammad Taffarel Faridzi Naufal)

ABSTRAK

Karbon monoksida merupakan salah satu polutan yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satu sumber polutan karbon monoksida dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor. Lalu lintas yang padat dapat mengakibatkan polusi udara berupa karbon monoksida. Salah satu lalu lintas padat di Kota Surabaya adalah di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya, persimpangan ini menghubungkan antara Jalan Ahmad Yani dan Jalan Margorejo, selain itu, persimpangan ini merupakan salah satu jalan utama penghubung antara Surabaya dan Sidoarjo. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil lapangan karbon monoksida, memprediksi bentuk pemodelan karbon monoksida dengan model *Gaussian*, dan menghitung hasil validasi bentuk model dengan hasil data lapangan. Metode yang digunakan adalah pemodelan pola sebaran karbon monoksida sumber kendaraan bermotor dengan simulasi model *Gaussian* dengan bantuan *software MATLAB*. Penentuan titik lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6.9-2005 bagian 6 dengan total 6 titik sampel yang mewakili daerah persimpangan sehingga dapat menggambarkan kondisi kualitas udara pada persimpangan. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata data lapangan karbon monoksida hari Sabtu, Minggu, Senin berturut-turut adalah $14.336 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $13.615 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $16.881 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil jarak sebaran simulasi model *Gaussian* hari Sabtu Pagi; Siang; Sore berturut-turut adalah 54 m; 64; 76 m, Minggu Pagi; Siang; Sore berturut-turut adalah 34 m; 53 m; 54 m, Senin Pagi; Siang; Sore berturut-turut adalah 62 m; 65 m; 62 m. Hasil validasi bentuk model *Gaussian* dengan data lapangan menggunakan uji validasi *MAPE* sebesar 15,17%, hal ini menunjukkan bahwa hasil validasi tergolong kedalam kategori baik.

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

ABSTRACT

Carbon monoxide is a pollutant that harms human health and the environment. One source of carbon monoxide pollutants produced from motor vehicle emissions. Heavy traffic can cause air pollution in the form of carbon monoxide. One of the heavy traffic in the city of Surabaya is at the Margorejo Ahmad Yani intersection, this intersection connects Ahmad Yani Street and Margorejo Street, in addition, this intersection is one of the main roads connecting Surabaya and Sidoarjo. The objectives of this study were to determine the existing carbon monoxide field, predict the form of carbon monoxide modeling with the *Gaussian* model, and calculate the results of the validation of the model form with the results of field data. The research method used was modeling the distribution of carbon monoxide from motor vehicles with a *Gaussian* model simulation by using *MATLAB software*. Determination of location points based on SNI 19-7119.6.9-2005 section 6 with a total of 6 sample points representing the intersection area so that it can describe the air quality conditions at the intersection. The results showed that the average carbon monoxide data on Saturday, Sunday, and Monday were $14,336 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $13,615 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and $16,881 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. The results of the distribution distance of the *Gaussian* model on Saturday Morning; Afternoon; Evening were 54 m; 64; 76 m respectively, Sunday Morning; Afternoon; Evening were 34 m; 53 m; 54 m respectively, Monday Morning; Afternoon; Evening were 62 m; 65 m; 62 m respectively. The results of the validation of the *Gaussian* model form with field data using the MAPE validation test was 15.17%, this indicates that the validation results were in a good category.

Keywords: *Gaussian, Carbon Monoxide, Vehicle.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
KATA PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Udara	7
2.2 Pencemaran Udara	8
2.3 Sumber Pencemaran Udara	9
2.4 Baku Mutu Udara Ambien	11
2.5 Karbon Monoksida (CO)	13
2.6 Kendaraan Bermotor	14
2.7 Faktor Jam Puncak	15
2.8 Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang	16
2.9 Menghitung Dispersi	16
2.10 Model Sebaran <i>Gaussian</i>	18
2.11 Integrasi Keilmuan dan Keislaman	19
2.12 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Lokasi Penelitian	26
3.2 Waktu Penelitian	29
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel	29
3.4 Waktu Pengambilan Sampel	32

3.4.1	Jumlah Kendaraan Bermotor dan Konsentrasi CO	32
3.5	Kerangka Pikir Penelitian.....	32
3.6	Tahapan Penelitian	34
3.6.1	Tahap Persiapan Penelitian	36
3.6.2	Tahap Pelaksanaan Penelitian	36
3.6.3	Tahap Pengolahan Data.....	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Gambaran Umum	43
4.2	Penentuan Lokasi Sampling	44
4.2.1	Titik Sampling 1.....	44
4.2.2	Titik Sampling 2.....	45
4.2.3	Titik Sampling 3.....	45
4.2.4	Titik Sampling 4.....	46
4.2.5	Titik Sampling 5.....	46
4.2.6	Titik Sampling 6.....	47
4.3	Hasil Pengukuran Karbon Monoksida	48
4.3.1	Pengukuran Pagi Hari	49
4.3.2	Pengukuran Siang Hari	50
4.3.3	Pengukuran Sore Hari	51
4.4	Hasil Pengukuran Data Meteorologi	53
4.4.1	Kecepatan Angin.....	53
4.4.2	Sinar Matahari (Lux).....	57
4.4.3	Stabilitas Atmosfer.....	61
4.5	Hasil Pengukuran Kendaraan Bermotor.....	63
4.5.1	Pengukuran Pagi Hari	64
4.5.2	Pengukuran Siang Hari	64
4.5.3	Pengukuran Sore Hari	65
4.6	Perhitungan Kekuatan Emisi	68
4.6.1	Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor.....	68
4.6.2	Perhitungan Laju emisi (q).....	69
4.6.3	Perhitungan Kendaraan Per Detik	70
4.6.4	Satuan Mobil Penumpang	71
4.6.5	Hasil Perhitungan Kekuatan Emisi (Q).....	72
4.7	Perhitungan Model	82
4.7.1	Hasil Simulasi Model.....	83
4.7.2	Validasi Model	111

BAB V PENUTUP.....	112
5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN.....	1



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Site Plan.....	28
Gambar 3.3 Peta Penentuan Titik Sampling Pemantauan Kualitas Udara <i>Roadside</i>	29
Gambar 3.4 Peta Lokasi Titik Sampling	31
Gambar 3.5 Kerangka Pikir Penelitian.....	33
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 3.7 CO Analyzer.....	37
Gambar 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 4.2 Kondisi Lapangan Titik 1	45
Gambar 4.3 Kondisi Lapangan Titik 2	45
Gambar 4.4 Kondisi Lapangan Titik 3	46
Gambar 4.5 Kondisi Lapangan Titik 4	46
Gambar 4.6 Kondisi Lapangan Titik 5	47
Gambar 4.7 Kondisi Lapangan Titik 6	48
Gambar 4.8 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Pagi	84
Gambar 4.9 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Sabtu Pagi	85
Gambar 4.10 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Siang.....	87
Gambar 4.11 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Sabtu Siang	88
Gambar 4.12 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Sabtu Sore	90
Gambar 4.13 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Sabtu Sore.....	91
Gambar 4.14 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Pagi.....	93
Gambar 4.15 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Minggu Pagi.....	94
Gambar 4.16 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Siang.....	96
Gambar 4.17 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Minggu Siang.....	97
Gambar 4.18 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Minggu Sore.....	99
Gambar 4.19 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Minggu Sore	100
Gambar 4.20 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin Pagi	102
Gambar 4.21 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Senin Pagi	103
Gambar 4.22 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin Siang.....	105

Gambar 4.23 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Senin Siang	106
Gambar 4.24 Hasil Simulasi <i>Gaussian</i> Senin Sore	108
Gambar 4.25 Hasil Plot <i>Gaussian</i> Senin Sore.....	109



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Bahan Pencemar Sumber Bergerak.....	9
Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien	12
Tabel 2.3 Klasifikasi Kendaraan Bermotor	15
Tabel 2.4 Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang	16
Tabel 2.5 Stabilitas Atmosfer Pasquill-Gifford.....	17
Tabel 2.6 Konstanta Persamaan McCullen	17
Tabel 2.7 Kategori Intensitas Sinar Matahari.....	18
Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu.....	20
Tabel 4.1 Pengukuran Karbon Monoksida Pagi Hari.....	50
Tabel 4.2 Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari.....	51
Tabel 4.3 Pengukuran Karbon Monoksida Sore Hari	52
Tabel 4.4 Hasil Rata-rata Pengukuran Karbon Monoksida.....	52
Tabel 4.5 Pengukuran Kecepatan Angin Pagi Hari.....	54
Tabel 4.6 Pengukuran Kecepatan Angin Siang Hari.....	55
Tabel 4.7 Pengukuran Kecepatan Angin Sore Hari.....	56
Tabel 4.8 Hasil Rata-rata Pengukuran Kecepatan Angin.....	56
Tabel 4.9 Pengukuran Sinar Matahari Pagi Hari.....	58
Tabel 4.10 Pengukuran Sinar Matahari Siang Hari.....	59
Tabel 4.11 Pengukuran Sinar Matahari Sore Hari.....	59
Tabel 4.12 Hasil Rata-rata pengukuran Sinar Matahari.....	60
Tabel 4.13 Kelas Stabilitas Atmosfer.....	62
Tabel 4.14 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Pagi Hari	64
Tabel 4.15 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari	65
Tabel 4.16 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Sore Hari.....	65
Tabel 4.17 Hasil Rata-rata pengukuran Volume Kendaraan Bermotor	66
Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor	68
Tabel 4.19 Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang	71
Tabel 4.20 Perhitungan Kekuatan Emisi Pagi Hari.....	73
Tabel 4.21 Perhitungan Kekuatan Emisi Siang Hari.....	76
Tabel 4.22 Perhitungan Kekuatan Emisi Sore Hari.....	79

Tabel 4.23 Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi	82
Tabel 4.24 Data Simulasi Model Sabtu Pagi.....	83
Tabel 4.25 Data Simulasi Model Sabtu Siang.....	86
Tabel 4.26 Data Simulasi Model Sabtu Sore	89
Tabel 4.27 Data Simulasi Model Minggu Pagi	93
Tabel 4.28 Data Simulasi Model Minggu Siang	95
Tabel 4.29 Data Simulasi Model Minggu Sore.....	98
Tabel 4.30 Data Simulasi Model Senin Pagi.....	101
Tabel 4.31 Data Simulasi Model Senin Siang.....	105
Tabel 4.32 Data Simulasi Model Senin Sore	107
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan Validasi Model MAPE	111



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan elemen penting dalam kehidupan, namun perkembangan fisik pusat kota dan industri mengalami kemajuan serta peningkatan penggunaan transportasi memiliki dampak negatif terhadap kualitas udara di sekitar. Pencemaran udara merupakan proses masuknya bahan pencemar berupa partikel kecil dan gas atau aerosol ke dalam atmosfer sehingga masyarakat dapat merasakan dampak dari pencemaran udara tersebut (Gusnita, 2012). Berdasarkan UU No. 32 tahun 2009, pencemaran lingkungan hidup merupakan proses masuk atau dimasukkannya energi, zat dan/atau partikel lain ke dalam udara sekitar yang diakibatkan oleh aktivitas manusia sehingga dapat mencapai atau melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh peraturan terkait.

Pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan pertumbuhan penggunaan transportasi di Indonesia. Salah satu penyebab utama pencemaran udara adalah emisi gas yang disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna dari kendaraan bermotor, yang dapat menurunkan kualitas udara disekitarnya (Proborini, 2019). Indonesia menunjukkan perubahan kualitas udara, dari tahun 1998 hingga 2016, Indonesia tercatat telah berpindah dari salah satu negara terbersih menjadi salah satu negara paling tercemar karena peningkatan konsentrasi polusi udara sebesar 171% (Greenstone & Fan, 2019).

Kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber polutan CO yang utama (sekitar 59,2%), daerah-daerah yang memiliki kepadatan penduduk dengan lalu lintas ramai menyebabkan tingkat polusi CO yang tinggi. Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari memperlihatkan tingkat polusi CO yang tinggi. Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor yang ada. Semakin padat kendaraan bermotor pada daerah tersebut maka dapat

mengakibatkan kualitas CO di daerah tersebut semakin buruk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2020, jumlah kendaraan yang beroperasi di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 125.508.776 unit, dan pada tahun 2020 meningkat dengan total 136.137.451 unit, jumlah kendaraan tersebut terdiri dari mobil penumpang, bus, mobil barang, dan sepeda motor.

Karbon monoksida (CO) merupakan suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karbon monoksida terbentuk ketika senyawa karbon tidak terbakar sempurna dan umumnya terjadi pada mesin pembakaran (Prabowo & Muslim, 2018). Berdasarkan salah satu laporan (WHO, 1992), sekitar 90% CO di udara kota berasal dari emisi kendaraan bermotor. Salah satu kondisi yang dapat memengaruhi kualitas udara pada daerah tersebut adalah padatnya volume kendaraan pada area tersebut dan sering terjadi kemacetan di daerah tersebut. Kemacetan itu sendiri sering terjadi pada persimpangan atau perempatan jalan di kota-kota besar.

Persimpangan jalan merupakan pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang (PP No. 43 Tahun 1993). Tingginya volume kendaraan di persimpangan jalan dapat mengakibatkan kemacetan yang dapat berdampak pada menurunnya kualitas udara di persimpangan tersebut. Masalah kemacetan lalu lintas seringkali terjadi pada kawasan yang mempunyai intensitas kegiatan dan penggunaan lahan yang tinggi. Selain itu, kemacetan lalu lintas terjadi karena ketidakseimbangan antara jumlah penduduk dengan jumlah kendaraan yang semakin bertambah dari tahun ke tahun dengan kapasitas ruas jalan yang ada atau tersedia tetap sama di suatu tempat (Mustikarani & Suherdiyanto, 2016). Menurut Risdiyanto (2014), fakta menunjukkan bahwa lalu lintas kendaraan meningkat cukup pesat dibandingkan dengan panjang jalan. Pada akhirnya, pembangunan jalan yang terus-menerus untuk mengatasi kemacetan lalu lintas tidak bisa dilakukan karena keterbatasan lahan, biaya, dan visual. Kemacetan dapat terjadi karena kendaraan bergerak dalam waktu dan tempat yang bersamaan, jumlah kendaraan tidak seimbang

dengan lebar atau panjang jalan, lemahnya pemakaian angkutan umum, rendahnya kecepatan kendaraan.

Kota Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia, dengan jumlah penduduk kurang lebih 2,9 juta (BPS Surabaya, 2020). Kepadatan penduduk di Surabaya berbanding lurus dengan kebutuhan transportasi di Surabaya, sehingga tidak jarang beberapa jalan di Surabaya terjadi kemacetan akibat kepadatan lalu lintas, khususnya di persimpangan jalan. Salah satunya, persimpangan Margorejo Ahmad Yani yang menjadi salah satu persimpangan dengan tingkat kemacetan tertinggi di Surabaya. Persimpangan Margorejo Ahmad Yani merupakan salah satu persimpangan yang unik karena merupakan simpang 3 dengan 4 fase pergerakan kendaraan, pada simpang ini juga dilalui oleh jalur kereta api dengan rata-rata waktu tunggu kereta api melintas adalah 72-240 detik. Persimpangan Margorejo Ahmad Yani merupakan simpang yang mempertemukan Jalan Margorejo dengan Jalan utama Ahmad Yani. Jalan Ahmad Yani merupakan salah satu akses utama terbesar menuju arah luar kota dan termasuk jalan nasional, sehingga kepadatan lalu lintas di Jalan Ahmad Yani sangat tinggi (Dinas Perhubungan, 2020).

Aktivitas manusia dalam proses pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam sangat bersifat eksploratif dan berlebihan tanpa memperhatikan perlindungan lingkungan, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan terhadap udara, air, dan tanah yang dapat merugikan bagi diri sendiri, hal tersebut sudah dijelaskan pada QS al-A'raf/7 : 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ
الْمُحْسِنِينَ

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.

Beberapa model yang dapat digunakan dalam menggambarkan persebaran polutan yang bersumber dari kendaraan bermotor salah satunya adalah model *Gaussian*. Model *Gaussian Line Source* adalah model yang dapat digunakan untuk memprediksi konsentrasi polutan yang disebabkan oleh emisi dari kendaraan bermotor atau lalu lintas (Nagendra dkk, 2020).

Upaya pemantauan kualitas udara dalam hal ini karbon monoksida merupakan salah satu tindakan pengelolaan kualitas udara, sehingga diperlukan penanganan apabila terjadi pencemaran udara di sekitarnya. Berdasarkan latar belakang yang telah penulis paparkan di atas, penelitian ini menggunakan analisis dan penggambaran pola sebaran dengan metode *Gaussian* untuk karbon monoksida dengan sumber emisi jumlah kendaraan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya. Pengukuran karbon monoksida berdasarkan PP nomor 22 tahun 2021.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah penelitian yang dikaji untuk mendapatkan model sebaran Karbon Monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya:

1. Bagaimana hasil Konsentrasi karbon monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya?
2. Bagaimana hasil pemodelan karbon monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya?
3. Bagaimana hasil validitas bentuk model *Gaussian* dengan hasil data lapangan menggunakan rumus *MAPE*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil konsentrasi karbon monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya.
2. Memprediksi bentuk pemodelan karbon monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya.
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 Margorejo Ahmad Yani Surabaya 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 serta menjadi bahan referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan konsentrasi karbon monoksida.

3. Bagi Masyarakat Umum

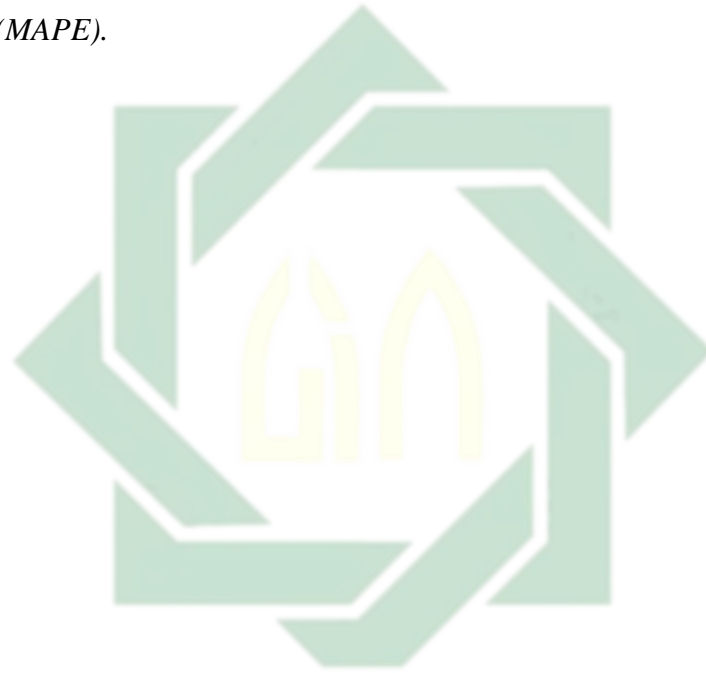
Menjadi bahan edukasi dan kesadaran masyarakat mengenai konsekuensi dari risiko paparan karbon monoksida yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor jika melebihi batas baku mutu.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilaksanakan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya, tepatnya di Jalan Margorejo dan Jalan Ahmad Yani.

2. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran konsentrasi karbon monoksida, kecepatan angin dan jumlah kendaraan.
3. Memodelkan sebaran konsentrasi karbon monoksida di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya menggunakan rumus *Gaussian*.
4. Hasil identifikasi model *Gaussian* dilakukan dengan menggunakan *software MATLAB*.
5. Uji validasi menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara

Udara adalah unsur penting bagi kehidupan makhluk hidup. Berdasarkan PP No. 22 tahun 2021, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi di troposfer yang berada dalam kekuatan yang diperlukan dan memengaruhi kesehatan manusia, organisme, dan elemen lingkungan lainnya. Menurut Djuraidah (2006), udara sebagai bagian yang sangat penting dari lingkungan hidup sehingga perlu dirawat dan ditingkatkan agar dapat menunjang kehidupan makhluk hidup secara optimal. Berdasarkan tempatnya, udara dibagi menjadi udara tidak bebas dan udara bebas. Udara tidak bebas merupakan udara di dalam gedung seperti ruangan dan gedung, apartemen, sekolah, rumah sakit, dan lain-lain. Sedangkan, udara bebas merupakan udara yang secara alami mengelilingi kita. Menurut Prabowo & Muslim (2018), udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konsisten. Komponen yang konsentrasinya selalu bervariasi adalah air dalam bentuk uap (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Udara merupakan benda yang berbentuk gas, benda ini tidak dapat kita lihat dan tidak dapat kita cium baunya, namun dapat kita rasakan. Udara berasal dari campuran beberapa macam gas, udara kering dan bersih yang dikumpulkan di sekitar laut terdiri atas, kurang lebih 78% Nitrogen, 21% Oksigen, dan 1% gas-gas lain.

Menurut Prabowo & Muslim (2018), udara merupakan campuran gas yang berada pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya sangat bervariasi adalah air dalam bentuk uap (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari kondisi cuaca dan suhu.

Udara adalah campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak konstan, komponen ini bergantung pada suhu dan tekanan udara.

2.2 Pencemaran Udara

Berdasarkan PP Nomor 22 tahun 2021, pencemaran udara menyebabkan masuknya atau terserapnya bahan kimia, energi, dan/atau zat lain ke dalam udara sekitar akibat adanya aktivitas manusia sehingga menurunkan baku mutu udara di sekitar sampai pada tingkat tertentu. Hal tersebut menyebabkan udara ambien pada daerah tersebut tidak mencapai fungsinya. Pencemaran udara akan terus berkembang seiring laju pertumbuhan ekonomi. Semakin berkembangnya kehidupan ekonomi, masyarakat akan semakin banyak menggunakan bahan-bahan hasil teknologi tinggi yang dapat menimbulkan pencemaran udara seperti motor dan mobil. Kualitas udara sangat dipengaruhi oleh besar dan jenis sumber pencemar yang ada seperti dari kegiatan industri, kegiatan transportasi, dan fenomena alam (Kiswandono, 2017).

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai proses terserapnya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dengan jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, dapat berdampak negatif dalam kehidupan manusia. Jika keadaan tersebut terjadi, maka udara dipastikan telah mengalami pencemaran. Terdapat beberapa faktor atau elemen pendukung ketika terjadi pencemaran udara. Elemen-elemen tersebut adalah segala hal yang dapat mengeluarkan emisi polutan, adanya interaksi bahan pencemar di atmosfer yang menyebabkan turunnya kualitas udara dan menimbulkan akibat negatif pada manusia dan lingkungan (Prabowo & Muslim, 2018).

2.3 Sumber Pencemaran Udara

Menurut Prabowo & Muslim (2018), sumber pencemaran udara memiliki 2 sifat yaitu antropogenik dan natural. Contoh sumber pencemar antropogenik adalah proses pembakaran, sedangkan contoh sumber pencemar natural (alamiah) adalah letusan abu vulkanik. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara dihasilkan oleh aktivitas atau kegiatan yang dapat menghasilkan pencemaran udara sehingga mengakibatkan udara tidak berfungsi sesuai baku mutu normal. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010, penyebab pencemaran udara ambien yaitu adanya aktivitas alam dan buatan manusia. Contoh aktivitas alam adalah abu vulkanik letusan gunung berapi, biodegradasi dan debu. Sedangkan aktivitas antropogenik (aktivitas manusia) yaitu segala aktivitas manusia yang dapat menimbulkan polusi udara, seperti emisi dari sumber bergerak seperti transportasi, sedangkan emisi dari sumber tidak bergerak seperti emisi industri, dan insinerator limbah masyarakat. Mayoritas penyebab pencemaran udara dari aktivitas manusia menimbulkan lebih banyak pencemaran daripada aktivitas alam.

Berikut merupakan contoh parameter/bahan pencemar dominan berupa senyawa yang berasal dari sumber spesifik/tertentu Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 tahun 2010

Tabel 2.1 Parameter Bahan Pencemar Sumber Bergerak

No	Pencemar	Sumber Pencemar
1	Sulfur Dioksida SO ₂	Boiler, Cerobong Pembangkit Listrik, Pemanas Bahan Bakar
2	Nitrogen Dioksida NO ₂	Boiler, Cerobong Pembangkit Listrik, Pemanas Bahan Bakar
3	Karbon Monoksida	Boiler, Cerobong Pembangkit Listrik,

No	Pencemar	Sumber Pencemar
	CO	Pemanas Bahan Bakar
4	Hidrokarbon HC	Boiler, Cerobong Pembangkit Listrik, Pemanas Bahan Bakar
5	Total Partikulat	Sampah peleburan logam, boiler, Cerobong Pembangkit Listrik, Pemanas Bahan Bakar
6	Amonia NHP	Cerobong Prilling Tower Pabrik Pupuk/Kimia
7	Asam Clorida HCL	Karat remover
8	Chlorin CP	Cerobong Pemutih Industri Pulp and paper, Industri Soda
9	Chlorin Dioksida ClO ₂	Cerobong Pemutih Industri Pulp And Paper
10	Total Sulfur Tereeduksi TRS sebagai HPS	Industri Pulp And Paper

Sumber: Peraturan Menteri LH Nomor 12 tahun 2010

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

1. Sumber bergerak, adalah sumber emisi yang memiliki pola perpindahan dan tidak menetap seperti kendaraan bermotor.
2. Sumber bergerak spesifik, adalah sumber emisi yang memiliki pola pergerakan tetapi pola pergerakannya menetap seperti pesawat, kereta api.

3. Sumber tidak bergerak, adalah sumber emisis yang tidak memiliki pola pergerakan atau sumber yang diam seperti industri.
4. Sumber tidak bergerak spesifik, adalah sumber emisi yang tidak memiliki pola pergerakan, tetapi berbeda dari asal sumbernya.
5. Sumber yang mengganggu, adalah sumber emisi yang mengubah udara atau padatan sebagai media penyebaran pencemarnya seperti getara, kebisingan, dan bau.

2.4 Baku Mutu Udara Ambien

Baku mutu udara Indonesia telah diatur pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 dan dijadikan sebagai standar untuk menentukan jumlah maksimum kandungan zat didalam udara ambien. Jika nilai konsentrasi melewati atau melebihi nilai baku mutu udara ambien maka udara ambien tersebut termasuk dalam pencemaran udara yang dapat berdampak langsung terhadap kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Berikut adalah nilai baku mutu udara ambien yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 yang dapat dilihat pada Tabel 2.2

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter Pencemar	Waktu Pengamatan	Nilai Baku Mutu
1	Nitrogen Dioksida NO ₂	1 jam	200 µg/m ³
		24 jam	65 µg/m ³
		1 tahun	50 µg/m ³
2	Karbon Monoksida CO	1 jam	10000 µg/m ³
		8 jam	4000 µg/m ³
3	Sulfur Dioksida SO ₂	1 jam	150 µg/m ³
		24 jam	75 µg/m ³
		1 tahun	45 µg/m ³
4	Ozon O ₃	1 jam	150 µg/m ³
		24 jam	100 µg/m ³
		1 tahun	35 µg/m ³
5	Hidrokarbon Non Metana NMHC	3 jam	160 µg/m ³
6	Partikulat Debu <	24 jam	230 µg/m ³

No.	Parameter Pencemar	Waktu Pengamatan	Nilai Baku Mutu
	100 µg TSP		
	Partikulat Debu < 10 µg PM ₁₀	24 jam	75 µg/m ³
		1 tahun	40 µg/m ³
	Partikulat Debu < 2,5 µg PM _{2,5}	24 jam	55 µg/m ³
		1 tahun	15 µg/m ³
7	Timbal Pb	24 jam	2 µg/m ³

Sumber: PP RI Nomor 22 tahun 2021

2.5 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan suatu gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak dapat dirasakan, karbon monoksida yang terdapat pada alam terbentuk dari salah satu proses reaksi antara karbon dioksida (CO₂) dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi, pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon, pada suhu tinggi, karbon dioksida akan terurai menjadi karbon monoksida (CO) dan oksigen (O₂). Sebagian besar gas CO berasal dari pembakaran bahan bakar fosil berupa gas buangan. Kota besar dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi akan banyak menghasilkan gas CO, sehingga kadar CO dalam udara relatif tinggi dibandingkan daerah pedesaan. Kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber polutan CO yang utama (sekitar 59,2%). Konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh

kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor. CO di udara dipengaruhi oleh kecepatan emisi (pelepasan) CO di udara dan kecepatan dispersi dan pembersihan CO dari udara. Kecepatan dispersi dipengaruhi langsung oleh faktor-faktor meteorologi seperti kecepatan dan arah angin, turbulensi udara, dan stabilitas atmosfer (Prabowo & Muslim, 2018).

Kondisi karbon monoksida (CO) apabila terhirup ke dalam paru-paru akan masuk ke dalam peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Keracunan CO akan bersifat fatal jika terjadi di tempat tertutup, seperti di dalam garasi tertutup, di dalam ruangan yang tidak memiliki sirkulasi udara. Hal ini disebabkan karena molekul CO sedikit lebih ringan dari massa udara (Prabowo & Muslim, 2018).

2.6 Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang menggunakan mesin sebagai alat gerak dan biasanya digunakan sebagai transportasi darat. Menurut Wardoyo (2016) kendaraan bermotor dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu sebagai berikut:

1. Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor roda dua atau roda tiga yang dilengkapi dengan rumah-rumahan atau tidak.
2. Mobil penumpang, yaitu kendaraan bermotor dengan berat < 3.500 kg yang digunakan untuk mengangkut orang dengan jumlah maksimal 8 orang.
3. Mobil bus adalah kendaraan bermotor dengan berat > 3.500 kg yang digunakan untuk mengangkut lebih dari 8 orang.
4. Mobil barang, yaitu kendaraan bermotor yang digunakan hanya untuk mengangkat barang.

Pertambahan jumlah kendaraan dengan sarana jalan yang tidak seimbang dapat berdampak pada ruas jalan di perkotaan pada jam-jam sibuk seperti pagi dan sore hari sehingga terjadi kemacetan. Kemacetan lalu lintas akan memberikan dampak buruk yang berupa polusi udara. Minyak bahan

bakar fosil yang digunakan sebagai tenaga penggerak mesin kendaraan bermotor dan gas buang dari hasil pembakaran bahan bakar gas buang yang merupakan campuran dari berbagai gas dan aerosol merupakan emisi utama dari berbagai zat pencemar udara seperti karbon monoksida (CO) (Sengkey dkk., 2011).

Setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda-beda karena kecepatan, percepatan, dimensi maupun manuver masing-masing tipe kendaraan berbeda di samping pengaruh geometrik jalan. Berikut merupakan klasifikasi kendaraan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997):

Tabel 2.3 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*

2.7 Faktor Jam Puncak

Pada suatu ruas jalan terdapat hubungan waktu dan volume kendaraan. Volume lalu lintas dipengaruhi oleh aktivitas pengguna jalan seperti saat berangkat kerja, istirahat makan, dan pulang kerja, biasanya pada waktu tersebut volume lalu lintas mencapai puncaknya. Waktu jam puncak adalah waktu dimana volume lalu lintas mencapai jumlah tertingginya pada ruas jalan yang disurvei dalam rentang waktu satu jam keseluruhan waktu survei. Suatu pengamatan terhadap arus lalu lintas untuk menentukan jam puncak selama

periode pagi dan sore yang biasanya terjadi kesibukan akibat orang pergi dan pulang. Dari pengamatan tersebut dapat diketahui arus yang paling besar disebut sebagai jam puncak (Wikrama, 2018).

Berdasarkan MKJI (1997), indikasi penting lebih lanjut tentang suatu daerah perkotaan atau semi perkotaan adalah karakteristik lalu lintas puncak pada pagi dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan dalam komposisi lalu lintasnya (dengan persentase kendaraan pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi, dan persentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas). Peningkatan arus lalu lintas akan terlihat pada pemisahan arah lalu lintas.

2.8 Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang

Penggunaan tabel faktor pengali emisi CO berdasarkan jenis kendaraan digunakan untuk menormalisasikan volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp), faktor pengali ini ditentukan berdasarkan ukuran pada lokasi pengamatan, maka dapat diketahui kota tersebut termasuk kota apa. Tabel pengali satuan mobil penumpang dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 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

2.9 Menghitung Dispersi

Untuk menentukan dispersi atau sebaran, sangat ditentukan oleh faktor meteorologi seperti kecepatan angin pada lokasi pengamatan. Kecepatan angin dan pancaran sinar matahari siang yang diukur akan dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer. 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 (Noel, 1995).

Tabel 2.5 Stabilitas Atmosfer Pasquill-Gifford

Kecepatan Angin Permukaan	Pancaran Sinar Matahari pada Siang Hari			Kondisi Aawan 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 σ_y			Nilai σ_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

Kelas Stabilitas Atmosfer	Nilai σ_y			Nilai σ_z		
	I	J	K	I	J	K
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

2.10 Model Sebaran *Gaussian*

Model dispersi *Gaussian* merupakan model yang biasa diaplikasikan untuk mendapatkan nilai dampak dari adanya sumber pencemar udara terhadap kualitas udara pada suatu lokasi penelitian, yang biasanya dilakukan di perkotaan. Pemodelan *Gaussian* memiliki kelebihan dapat diaplikasikan untuk menghitung sumber emisi dalam jumlah besar, jaringan reseptor dan situasi dispersi yang sangat padat (dari jarak puluhan meter) (Pasquill & Gifford, 1976). Selain model *Gaussian*, ada beberapa model lain yang dapat digunakan untuk memodelkan sebaran polutan antara lain adalah model empirik atau statistik yang digunakan untuk menghubungkan data konsentrasi suatu lingkungan dengan lingkungan lain, model lagrangian merupakan model untuk paket udara sebagai fungsi waktu sepanjang aliran streamlines dalam atmosfer, model eulerian merupakan model untuk menganalisis konsentrasi satu atau beberapa kotak yang dipengaruhi kecepatan angin (Ruhiat, 2008). *Gaussian*

sumber titik bersumber dari cerobong asap pabrik, sedangkan sumber garis berasal dari aktifitas transportasi (Permatasari dkk., 2014).

Berdasarkan US EPA (1998), penggunaan model dispersi *Gaussian* sumber tidak bergerak merupakan titik emisi tunggal dari *plume rise* dengan tingkat emisi terus-menerus, sumber volume menggunakan sumber tidak bergerak virtual dengan menetapkan ketinggian dan dimensi virtual horizontal dan vertikal, sumber daerah merupakan emisi dari daerah yang berbentuk persegi panjang dengan menetapkan ketinggian pelepasan dan ukuran.

2.11 Integrasi Keilmuan dan Keislaman

Pencemaran udara adalah merupakan gejala atau fenomena yang biasa terjadi di lingkungan masyarakat. Tuhan menciptakan manusia agar sumber daya alam yang telah disediakan dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya, tetapi terkadang manusia lalai bahwa kegiatan atau perbuatan mereka dapat merusak lingkungan mereka sendiri secara langsung maupun tidak langsung. Kita sebagai manusia yang berakal semestinya harus bersyukur atas nikmat tuhan yang diberikan kepada kita, hal ni tersirat pada Surat Ibrahim Ayat 7 yang berbunyi:

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

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:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

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. Kita sebagai manusia sudah sepatasnya menjaga apa yang telah diberikan oleh Allah SWT, kita bisa menjadikan teknologi yang telah ada sebagai solusi penanggulangan pencemaran yang sedang terjadi.

2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Bima Pandu Winata (2020)	Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi Pada Konsentrasi Karbon Monoksida di Jalan Malioboro Yogyakarta	Penulis mengukur faktor meteorologi dan karbon monoksida dengan 3 titik lokasi sampling yang telah ditentukan yaitu di Jalan Malioboro Yogyakarta. Hasil yang didapat dari pengukuran pada titik lokasi dapat diketahui konsentrasi tertinggi 5916,83 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan terendah 429,44 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan CO di lokasi penelitian tidak melebihi baku mutu dan masih dalam

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			kondisi normal. Selain itu, uji sensitivitas dilakukan dan didapat hasil bahwa kelembapan udara dan temperatur memiliki hubungan yang berpengaruh langsung pada peningkatan konsentrasi CO (Winata, 2020).
2.	Aryo Sasmita, Imalatunil Khaira, Shinta Elystia, Muhammad Reza (2021)	Dispersi Karbon Monoksida Dari Emisi Transportasi Menggunakan Model <i>Gaussian</i> Line Source Di Jalan Jendral Sudirman Pekanbaru	Metode yang digunakan yaitu dengan mengukur CO di udara ambien lalu membandingkan dengan baku mutu kualitas udara. Melakukan pemetaan dengan model <i>Gaussian</i> line source. Hasil survei adalah udara ambien dari sumber yang bergerak di Jalan Jendral Sudirman, dengan pengukuran CO maksimum 6.603,95 g/m ³ pada hari Selasa. (5.767 ppm) Titik 1 dan 14.620,3 g / m ³ Pada poin 2 (5.4ppm), hasilnya di bawah baku mutu. Berdasarkan perhitungan model sumber garis Gauss, tertinggi pada sumber (0 m) pada hari Selasa, dengan CO sebesar 27,198 g/m ³ pada titik 1 dan 26,869 g/m ³ pada titik 2 (Sasmita dkk., 2021).
3	Ivana Ameta Putri Ginting (2017)	Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor Dan Faktor Meteorologi	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan pengambilan data menggunakan metode purposive sampling. Hasil yang didapat adalah

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		(Suhu, Kecepatan Angin, Dan Kelembapan) Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di Udara Ambien Roadside (Studi Kasus : Pintu Tol Amplas Dan Pintu Tol Tanjung Morawa)	CO tertinggi terdapat pada pintu tol tanjung morawa pada hari jumat sore sebesar 447,06 $\mu\text{g}/\text{nm}^3$ dan CO terendah terdaapt di pintu tol amplas pada hari Senin pagi sebesar 95, 41 $\mu\text{g}/\text{nm}^3$ (Ginting, 2017).
4	Irma Dita Kurniawati, dkk (2017)	Indikator Pencemaran Udara Berdasarkan Jumlah Kendaraan dan Kondisi Iklim (Studi Kasus Wilayah Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron Semarang)	Para peneliti menggunakan pendekatan cross-sectional untuk analisis observasional. Udara dari objek dan sampel yang disurvei, yaitu lokasi terminal, diukur dalam waktu 1 jam: Hasil survei ini menunjukkan bahwa sebagian besar kendaraan tidak padat dengan p-value 0,000 (65,0%), sebagian besar suhu rendah dengan p-value 0,221 (55,0%), dan p-value tinggi (100 %) meningkat. Kecepatan angin lembut (100%) dengan nilai -0,006 dan p-value 0,597 (Kurniawati, 2017).
5.	Dedy Try Yuliando (2017)	Strategi Pengendalian Pencemaran Gas	Metode pada penelitian ini menggunakan persamaan Box model dan <i>Gaussian</i> model. Hasil yang

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		Karbon Monoksida (CO) Oleh Aktivitas Transportasi Di Kota Padang, Sumatera Barat	didapat yaitu persamaan gauss model dinilai lebih akurat dalam mendapatkan konsentrasi gas CO, hal ini terlihat dari hasil validasi sebesar 88,9%, sedangkan box model hanya sebesar 30,6%. Konsentrasi gas CO terbesar terdapat pada kategori jalan arteri dua arah tanpa adanya pohon sebesar $3.403,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan konsentrasi terendah sebesar $2.923,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Yuliando, 2017).
6.	Masoud Masoudi, Neda Rajai Poor, And Fatemeh Ordibeheshti (2017)	<i>Status And Prediction Of CO As An Air Pollutant In Shiraz, Iran</i>	Hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa knalpot mobil menghasilkan konsentrasi CO di udara ambien sebesar 75 %. Hasil statistik yang dilakukan menunjukkan pengaruh karbon monoksida memiliki nilai signifikansi 16%, selanjutnya dari hasil perhitungan yang dilakukan faktor meteorologi juga dapat memengaruhi keberadaan CO. Oleh sebab itu perlu kewaspadaan dalam penggunaan kendaraan bermotor yang berlebihan (Masoudi dkk., 2017).
7.	Qinghai Yang, Henggen Shen, and Zhen Liang	<i>Analysis Of Particulate Matter And Carbon</i>	Hasil dari penelitian ini adalah kualitas bahan bakar dan standar emisi kendaraan lebih ketat, faktor

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	(2020)	<i>Monoxide Emission Rates From Vehicle In A Shanghai Tunnel</i>	emisi CO, PM _{2,5} , dan PM ₁₀ kendaraan ringan di Shanghai menurun, faktor emisi CO menurun pada tingkat yang relatif stabil setiap tahun. CO kendaraan dalam uji terowongan Shanghai jauh lebih rendah dari nilai prediksi standar desain ventilasi terowongan, hanya sekitar 20% dari nilai dalam spesifikasi (Yang dkk., 2020)
8.	J. Aswin Giri, S Karthikeyan, And M Gokul Raj (2021)	<i>Effect of ambient concentration of Carbon monoxide (CO) on Vehicle Concentration of Carbon monoxide in Chennai India</i>	Para peneliti menguji pengaruh kendaraan terhadap karbon monoksida di Jalan Vijayanagar untuk memetakan distribusi karbon monoksida di Kota Chennai. Peneliti memperoleh enam titik sampel secara dekat dan jauh dari simpang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar CO lebih rendah 74% dalam radius 1 km dari simpang. Jika jumlah kendaraan yang melewati jalan adalah 45.000 unit, risiko peningkatan CO semakin tinggi (Giri dkk., 2020).
9.	Nezam Mirzaei, dkk (2015)	<i>The Statistical Analysis Of Seasonal And Time Variations On Trend Of Important</i>	Menurut hasil dan pola peningkatan polutan seperti O ₃ , NO dan NO ₂ dari tahun 2006 sejak saat itu, berikut ini hasil mewakili peningkatan mobil dan industri sehingga perlu

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<i>Air Pollutants (So₂, O₃, Nox, Co, Pm10)-In Western Iran: A Case Study</i>	mengembangkan pengaturan yang tepat untuk mengurangi perjalanan dalam kota dan mengambil sistem transportasi umum. Selain itu sesuai dengan variasi pencemar di musim dan bulan, perlu dipahami penyebab peningkatan dan pengurangan emisi diperlukan untuk Publik pendidikan untuk menangani, pengurangan dampak buruk dan langkah-langkah manajemen (Mirzaei dkk., 2015).
10	Lutz Sager (2019)	<i>Estimating the effect of air pollution on road safety using atmospheric temperature inversions</i>	Para peneliti ingin mengetahui hubungan antara keberadaan polutan udara, termasuk karbon monoksida dan peningkatan kecelakaan di Jalan raya. Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa semakin banyak polusi udara di suatu wilayah, maka semakin banyak kasus kecelakaan lalu lintas. Kontaminasi dapat mengurangi kemampuan kognitif pengemudi dan menyebabkan kecelakaan (Sager, 2019).

Sumber: Diambil dari Beberapa Sumber, 2022

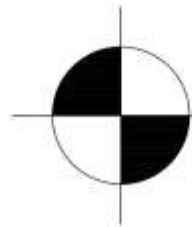
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan titik koordinat $7^{\circ}18'58.8''S$ $112^{\circ}44'03.0''E$. Terdapat dua jalan yang digunakan sebagai titik sampling penelitian yaitu Jalan Ahmad Yani dan Jalan Margorejo. Berdasarkan data Sistem Informasi Prasarana Jalan (SIPANJA, 2022), Jalan Ahmad Yani merupakan jalan nasional, jalan ini merupakan jalan yang terletak di ujung selatan Kota Surabaya yang dikenal dengan jalan tersibuk dan terpadat. Hal itu karena jalan tersebut menjadi pintu masuk dan keluarnya kendaraan dari Kota Surabaya menuju Kota Sidoarjo sehingga rawan terjadi kemacetan lalu lintas yang dapat berdampak pada menurunnya kualitas udara sekitar. Berdasarkan data Sistem Informasi Prasarana Jalan (SIPANJA, 2022), Jalan Margorejo merupakan jalan kota yang menghubungkan antara Jalan Ahmad Yani dan Jalan Jemursari, jalan ini terletak di Kecamatan Wonocolo Surabaya. Peta lokasi dan site plan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



PETA LOKASI PENELITIAN
SKALA NTS



PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

Judul Gambar

PETA LOKASI
PENELITIAN

Keterangan

- Terminal Purabaya
- Jalan Letjend Sutoyo
- Jalan Raya Waru

Dibuat Oleh

M. Taffarel F. N.

Dosen Pembimbing

Ida Muntaha, M.Si., M.T.
Yusriani, M.T.

Skala

NTS

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Maps, 2022)



PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

Judul Gambar

SITE PLAN

Keterangan

- Arah Laju Kendaraan
- Lokasi Truk Sampling

Dibuat Oleh

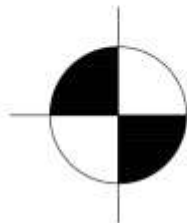
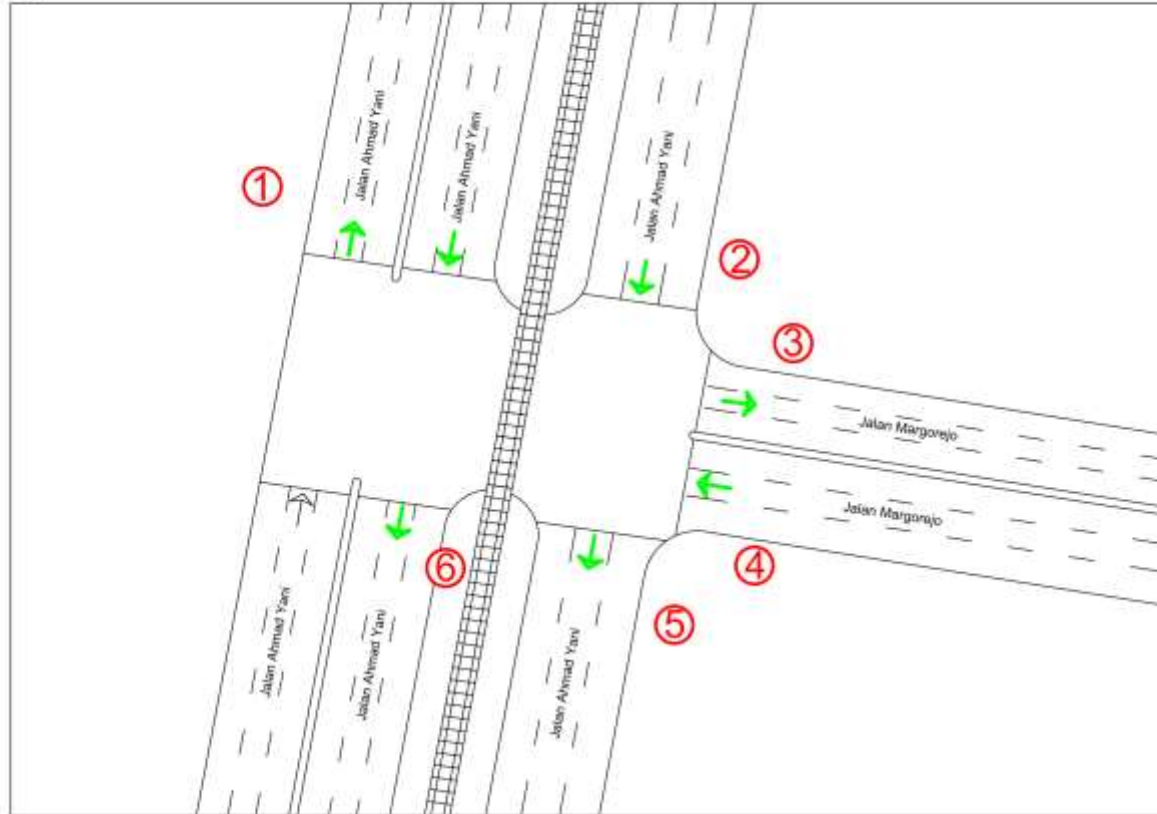
M. Taffani F. N.

Dosen Pembimbing

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

Skala

NTS



SITE PLAN
SKALA NTS

Gambar 3.2 Site Plan

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul “Pemodelan Karbon Monoksida Menggunakan Metode *Gaussian* Pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya” akan dimulai pada Maret 2022 hingga bulan Juli 2022.

3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Berdasarkan lokasi penelitian yaitu pada persimpangan Margorejo Ahmad Yani, maka penentuan lokasi titik sampling dalam penelitian ini mengacu pada SNI 19-7119-2005 bagian 9 mengenai penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara *roadside*. Berdasarkan peraturan tersebut, penulis memilih lokasi sebagai sampling di titik persimpangan Margorejo Ahmad Yani sebagai persimpangan dari Jalan Ahmad Yani dan Jalan Margorejo. Pemilihan titik lokasi harus mewakili daerah persimpangan sehingga dapat menggambarkan kondisi kualitas udara pada persimpangan Margorejo Ahmad Yani. Penentuan lokasi titik sampling mengacu pada Gambar 3.3 sesuai dengan SNI 19-7119.9-2005 berikut:



Gambar 3.3 Peta Penentuan Titik Sampling Pemantauan Kualitas Udara *Roadside*

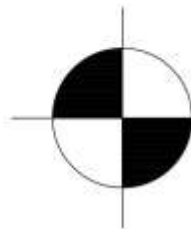
(Sumber: SNI 19-7119.9-2005, 2005)

Pengambilan sampel juga mengacu pada SNI 19-7119.6.9-2005 bagian 6 yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi titik sampel adalah data yang didapat harus mewakili daerah yang sedang dipantau.

Berdasarkan ketentuan diatas maka terdapat 6 titik lokasi untuk pengambilan sampel yang dapat mewakili persimpangan Margorejo Ahmad Yani. Berikut merupakan klasifikasi lokasi titik sampling penelitian:

1. Lokasi titik sampel 1 terletak di Jalan Ahmad Yani, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Margorejo, Jalan Frontage Ahmad Yani Timur, dan dari Jalan Raya Waru,
2. Lokasi titik sampel 2 terletak di Jalan Frontage Ahmad Yani timur, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Jetis,
3. Lokasi titik sampel 3 terletak di Jalan Margorejo, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Frontage Ahmad Yani timur, Jalan Ahmad Yani,
4. Lokasi titik sampel 4 terletak di Jalan Margorejo, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Jemursari,
5. Lokasi titik sampel 5 terletak di Jalan Margorejo, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Ahmad Yani, Jalan Frontage Ahmad Yani timur, dan Jalan Margorejo,
6. Lokasi titik sampel 6 terletak di Jalan Frontage Ahmad Yani timur, sumber emisi berasal dari kendaraan Jalan Ahmad Yani, Jalan Frontage Ahmad Yani Timur, dan Jalan Margorejo.

Adapun peta lokasi titik sampling dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**PETA LOKASI TITIK SAMPLING
SKALA NTS**



PRŌDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

Judul Gambar

PETA LOKASI TITIK
SAMPLING

Keterangan

 Lokasi Titik Sampling

Dibuat Oleh

M. Taftarel F. N.

Dosen Pembimbing

Ika Munfarida, M.Si., M.T.,
Yusriani, M.T.

Skala

NTS

Gambar 3.4 Peta Lokasi Titik Sampling

3.4 Waktu Pengambilan Sampel

Waktu pengambilan sampel karbon monoksida (CO) pada penelitian ini mengacu pada peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010.

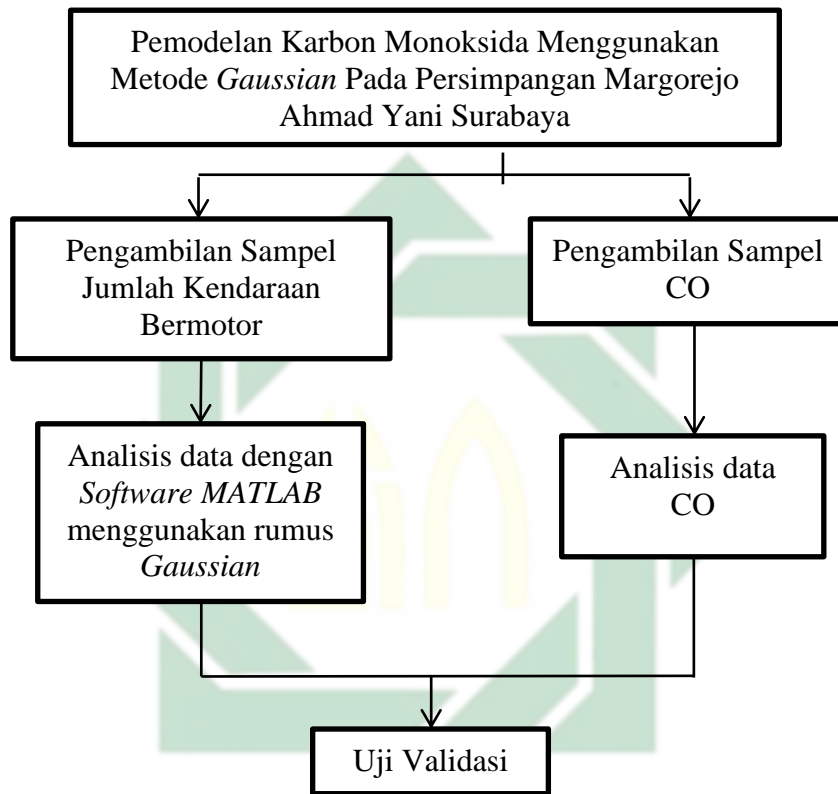
3.4.1 Jumlah Kendaraan Bermotor dan Konsentrasi CO

Pengukuran jumlah kendaraan bermotor dan konsentrasi CO ini dilakukan selama 3 hari dengan durasi sampling 1 jam ditinjau dari Peraturan Menteri LH Nomor 12 tahun 2010, yaitu pada 2 hari libur dan 1 hari kerja tepatnya pada hari Sabtu sebagai representatif hari setengah kerja dan setengah libur, hari Minggu sebagai representatif hari libur, dan hari Senin sebagai representatif hari kerja dengan pembagian interval waktu pengukuran konsentrasi CO di tiap titik sampling 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

3.5 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir adalah deskripsi atau penjelasan pertama terkait alur penelitian. Dengan mempersiapkan kerangka penelitian yang sistematis dapat membantu proses penelitian. Isi dari kerangka pikir penelitian ini memuat tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian mulai dari persiapan hingga akhir. Kerangka pikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.

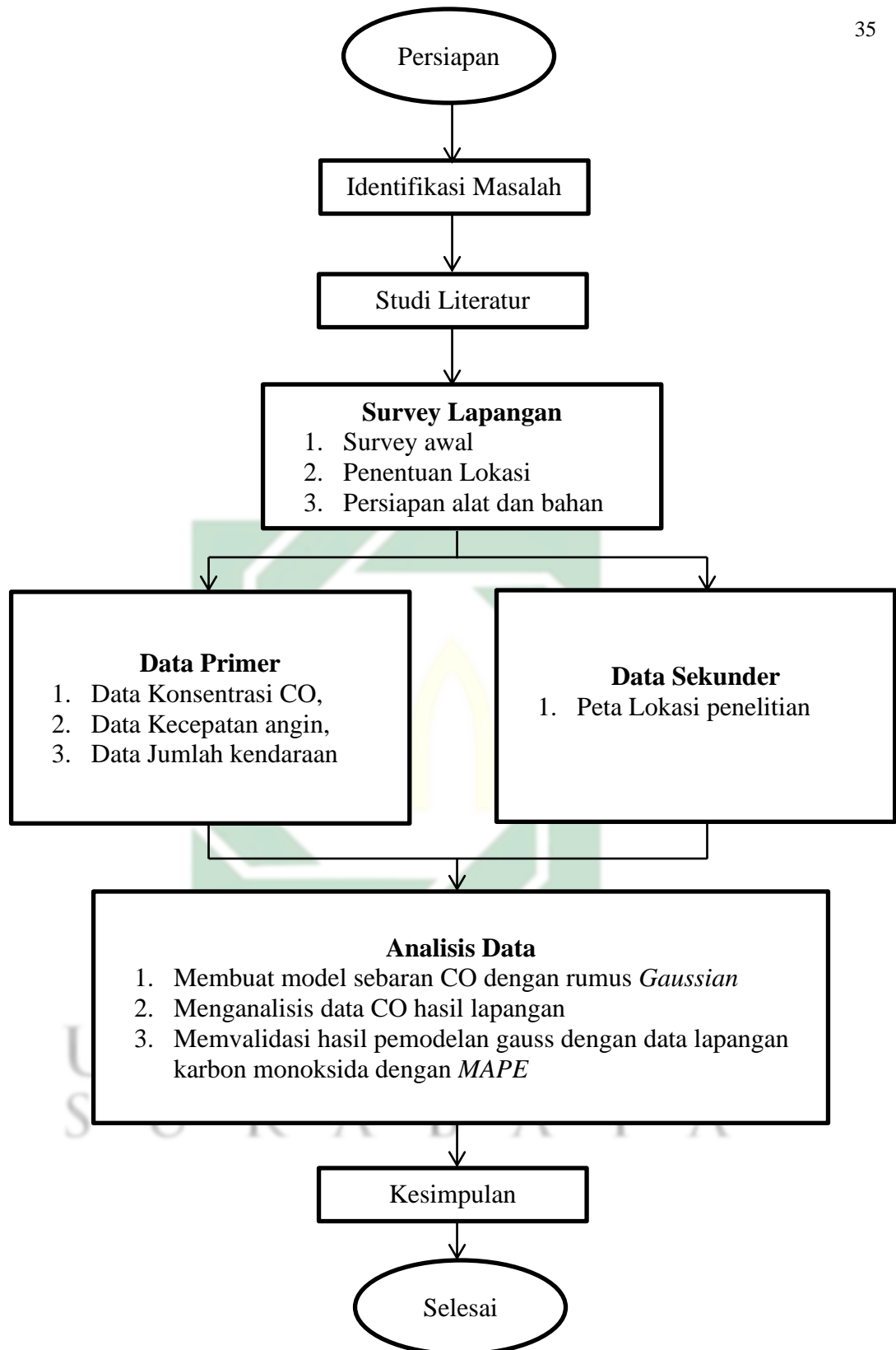


Gambar 3.5 Kerangka Pikir Penelitian

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang memuat penelitian ini dimulai dari tahap persiapan, pelaksanaan, pengolahan data, dan tahap akhir yaitu tahap penyusunan laporan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.6.





Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan adalah tahap awal dengan mengumpulkan penelitian terkait atau penelitian terdahulu tentang topik penelitian, kemudian mengamati lokasi penelitian yang akan dilakukan dan melakukan prosedur pengelolaan untuk persetujuan penelitian kepada pihak terkait.

3.6.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian

1. Metode Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dengan mengambil sampel setiap parameter yang diuji, dalam hal ini konsentrasi CO menggunakan *CO Analyzer*, 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

Sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah konsentrasi CO, kecepatan angin dan jumlah kendaraan bermotor. Untuk sampel konsentrasi CO dan kecepatan angin menggunakan metode otomatis yaitu dengan menggunakan alat *CO Analyzer* (konsentrasi CO), Anemometer (kecepatan angin), sedangkan untuk perhitungan jumlah kendaraan menggunakan metode manual.

a. Pengambilan Sampel Konsentrasi CO

Pengambilan sampel konsentrasi CO dengan metode pembacaan langsung (*real time sampling*) menggunakan alat *CO analyzer* sebagai alat ukur. Alat ini menggunakan sistem sensor yang peka terhadap konsentrasi CO. Prinsip kerja alat ini adalah jika ada keberadaan konsentrasi CO maka sensor alat ini akan mendeteksi keberadaan konsentrasi CO dan secara otomatis menunjukkan nilai Konsentrasi CO

dalam bentuk ppm pada layarnya. Berikut merupakan alat *CO Analyzer* yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 CO Analyzer

(Sumber: Google, 2022)

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°C atau 298°K . Satuan ppm akan dapat diubah dengan menggunakan rumus berikut (Kamal, 2015):

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{ppm} \times 1000 \times \frac{P \times M}{R \times T}$$

..... Rumus (3.1)

Dimana:

P = Tekanan Udara (1 atm)

M = Berat Senyawa CO

R = Konstanta Gas universal (0,0821)

T = Temperatur (25°C atau 298°K)

b. Perhitungan Data Kendaraan bermotor

Jumlah kendaraan dikumpulkan secara manual dengan mencatat setiap kendaraan yang melewati lokasi titik sampel dengan mewakili periode sampling dengan waktu satu jam sampling. berikut merupakan jenis kendaraan bermotor yang akan dihitung:

- Sepeda motor,
- Kendaraan ringan,
- Kendaraan berat.

Perhitungan data kendaraan dilakukan dengan meneghitung kendaraan yang lewat pada setiap titik lokasi sampling yang sudah ditentukan, jenis kendaraan yang dihitung meliputi sepeda motor, kendaraan ringan, kendaraan berat. Data kendaraan yang sudah didapat akan dihitung untuk menemukan jumlah dalam satuan per detik yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{kendaraan/detik} = \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600}$$

..... Rumus (3.5)

Saat perhitungan jumlah kendaraan, kita juga harus menghitung kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas pada titik lokasi sampling yang dilakukan dengan cara manual yaitu menggunakan rumus berikut (MKJI, 1997):

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

..... Rumus (3.6)

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

s = Jarak yang ditempuh (Km)

t = Waktu (jam)

Selanjutnya, melakukan perhitungan laju emisi kendaraan. Laju emisi adalah massa polutan yang dikeluarkan dari kendaraan per 1 km jarak tempuh. Tingkat emisi diperoleh dengan memasukkan kecepatan variabel rata-rata kendaraan di ruas jalan yang diprediksi menggunakan persamaan berikut (Sengkey dkk., 2011):

$$qCO = 867,92 V^{-0,8648}$$

..... Rumus (3.7)

Dimana:

V = Kecepatan rata-rata (Km/jam)

Selanjutnya melakukan perhitungan kekuatan emisi (Q), kekuatan emisi merupakan massa polutan yang dilepaskan ke atmosfer dengan sumber polusi dari lalu lintas dalam satuan waktu tertentu. Kekuatan emisi lalu lintas pada jam-jam padat seperti pagi dan sore hari dapat diketahui dengan persamaan berikut (Sengkey dkk., 2011):

$$Q = n \times q$$

..... 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):

$$\sigma = Ix(1 + Jx)^K$$

..... Rumus (3.9)

Dimana:

σ = koefisien dispersi (m)

x = jarak searah dengan angin (m)

3.6.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari hasil sampling yaitu karbon monoksida pada persimpangan Margorejo Ahmad Yani akan diolah dan dianalisis dalam bentuk grafik dan tabel. Pengolahan data karbon monoksida akan dibandingkan dengan peraturan terkait yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, selanjutnya dilakukan uji validasi dengan hasil pemodelan dengan rumus *Gaussian* yang didapat dari sampel jumlah kendaraan bermotor.

1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif memiliki tujuan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan dengan cara menggambarkan obyek atau mendeskripsikan data yang diteliti melalui sampel yang didapat. Penelitian ini mendeskripsikan konsentrasi CO pada persimpangan Margorejo Ahmad Yani.

2. Model Analitik

Dalam model analitik, desain rancang model analitik dikembangkan untuk mengetahui distribusi karbon monoksida. Persamaan yang digunakan untuk menganalisis data dan mengetahui pola sebaran karbon monoksida adalah dengan rumus *Gaussian*, dan

polutan yang dimodelkan adalah karbon monoksida menggunakan *software MATLAB*.

3. Simulasi Model dengan *software MATLAB*

Software MATLAB merupakan perangkat yang digunakan sebagai salah satu pemodelan matematika yang paling banyak digunakan para peneliti matematika untuk memodelkan suatu permasalahan mulai dari peristiwa alam dengan keadaan nyata. Dalam rumusan tersebut memiliki model matematika berupa persamaan fungsi pencemaran yang terjadi pada suatu lokasi tertentu. Ungkapan ini sering disebut metode analitik dan umumnya tidak mudah untuk diprogram pada *MATLAB* itu sendiri.

Bentuk implementasi dari *software MATLAB* tersebut dapat diaplikasikan untuk pemodelan sebaran polutan di udara dalam hal ini karbon monoksida. Pemodelan karbon monoksida yang dapat diinput dalam *software MATLAB* dengan menggunakan rumus *Gaussian* sebagai berikut (Holzbecher, 2006):

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

$$C = \frac{Q}{\pi \mu \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{H^2}{\sigma_z^2}\right)\right)$$

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A Rumus (3.10)

Dimana:

C = Konsentrasi polutan pada titik x,y,z (g/m³)

Q = Laju emisi polutan (g/s)

μ = Kecepatan angin (m/s)

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

- σ_z = Tetapan dispersi secara horisontal terhadap sumbu y (m)
H = Tinggi pencemar (m)
y = Jarak sebaran (m)
exp = eksponensial

4. Uji Validasi

Uji validasi model dilakukan untuk membandingkan data hasil pemodelan dengan data lapangan. Tujuan dari uji validasi ini adalah untuk mengetahui apakah hasil data pemodelan sesuai dengan data lapangan. Hal ini dapat memengaruhi hubungan komponen yang digunakan. Hasil ini kemudian akan digunakan sebagai dasar selama proses penyusunan model berlangsung. Validasi model dilakukan dengan menggunakan pengujian MAPE (Mean Absolute Percentage Error) yang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (Wardhani dkk., 2022):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\%$$

..... Rumus (3.11)

Dimana:

MAPE = Mean Absolute Percentage Error

n = Jumlah data

A_i = Data asli

F_i = Data model

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Secara geografis, Jalan Ahmad Yani menjadi perbatasan antara sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Wonocolo dan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Gayungan. Jalan ini dilengkapi dengan jalur hijau atau ruang terbuka hijau di sepanjang jalan yang memiliki fungsi sebagai estetika jalan, penyerapan CO dan penyeimbang ekologi. Persimpangan Margorejo Ahmad Yani merupakan salah satu persimpangan dengan tingkat kemacetan tertinggi di Surabaya. Penelitian ini dilakukan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani dikarenakan persimpangan ini merupakan persimpangan yang sering mengalami kemacetan khususnya pada pagi hari dan sore hari. Persimpangan Margorejo merupakan salah satu persimpangan yang unik karena merupakan simpang 3 dengan 4 fase pergerakan kendaraan, pada simpang ini juga dilalui oleh jalur kereta api dengan rata-rata waktu tunggu kereta api melintas adalah 72-240 detik. Persimpangan Margorejo merupakan simpang yang mempertemukan Jalan Margorejo dengan Jalan utama Ahmad Yani. Jalan Ahmad Yani merupakan salah satu akses utama terbesar menuju arah luar kota dan termasuk jalan nasional, sehingga kepadatan lalu lintas di Jalan Ahmad Yani sangat tinggi (Dinas Perhubungan, 2020).



Gambar 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

4.2 Penentuan Lokasi Sampling

Lokasi pengambilan sampel atau titik sampling dilaksanakan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya, detail lokasi titik sampling dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.3. Sampel yang diambil terdiri dari konsentrasi karbon monoksida, jumlah kendaraan, arah angin, dan kecepatan angin. Penentuan jumlah titik sampling diambil berdasarkan SNI 19-7119.9-2005 dan beberapa kriteria lain seperti kepadatan lalu lintas dan kondisi meteorologi. Berdasarkan peraturan dan kriteria tersebut maka dapat ditentukan total titik pengambilan sampel sebanyak 6 titik pengambilan sampel. Berikut merupakan kondisi eksisting 6 titik lokasi pengambilan sampel.

4.2.1 Titik Sampling 1

Titik sampling 1 terletak di sebelah barat Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Jalan Ahmad Yani dengan titik koordinat $7^{\circ}18'58.3''S$ $112^{\circ}44'02.6''E$ dengan rute kendaraan dari arah Sidoarjo ke arah Surabaya, lalu kendaraan dari arah Jalan Margorejo ke arah Jalan Ahmad Yani, lalu kendaraan dari arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur ke arah Jalan Ahmad Yani. Pada titik ini terdapat pohon angkana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida disekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.2 Kondisi Lapangan Titik 1

4.2.2 Titik Sampling 2

Titik sampling 2 terletak di sebelah utara Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Jalan Frontage Ahmad Yani Timur dengan titik koordinat $7^{\circ}18'58.6''S$ $112^{\circ}44'03.4''E$ dengan rute kendaraan dari arah Jalan Jetis ke arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur. Pada titik ini terdapat pohon angšana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida di sekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.3 Kondisi Lapangan Titik 2

4.2.3 Titik Sampling 3

Titik sampling 3 terletak di sebelah timur Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Margorejo dengan titik koordinat $7^{\circ}18'58.9''S$ $112^{\circ}44'03.9''E$ dengan rute kendaraan dari arah Jalan Ahmad Yani ke arah Jalan Margorejo, lalu kendaraan dari arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur ke arah Jalan Margorejo. Pada titik ini terdapat pohon angšana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida disekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.4 Kondisi Lapangan Titik 3

4.2.4 Titik Sampling 4

Titik sampling 4 terletak di sebelah timur Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Margorejo dengan titik koordinat $7^{\circ}18'59.2''S$ $112^{\circ}44'03.6''E$ dengan rute kendaraan dari arah Jalan Jemursari ke arah Jalan Margorejo. Pada titik ini terdapat pohon angkana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida disekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.5 Kondisi Lapangan Titik 4

4.2.5 Titik Sampling 5

Titik sampling 5 terletak di sebelah selatan Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Frontage Ahmad Yani Timur dengan titik koordinat $7^{\circ}18'59.9''S$ $112^{\circ}44'03.3''E$ dengan rute kendaraan dari arah Jalan Margorejo ke arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur, lalu kendaraan dari arah Jalan

Frontage Ahmad Yani Timur, lalu kendaraan dari arah Jalan Ahmad Yani ke arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur. Pada titik ini terdapat pohon angkana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida disekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.6 Kondisi Lapangan Titik 5

4.2.6 Titik Sampling 6

Titik sampling 6 terletak di sebelah selatan Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tepatnya di Ahmad Yani dengan titik koordinat $7^{\circ}18'59.6''S$ $112^{\circ}44'02.4''E$ dengan rute kendaraan dari arah Jalan Ahmad Yani, lalu kendaraan dari arah Jalan Frontage Ahmad Yani Timur ke arah Jalan Ahmad Yani, lalu kendaraan dari arah Jalan Margorejo ke arah Jalan Ahmad Yani. Pada titik ini terdapat pohon angkana (*Pterocarpus indicus*) yang bermanfaat untuk mereduksi karbon monoksida disekitar. Di titik ini dilakukan pengambilan sampel karbon monoksida, jumlah kendaraan, dan kecepatan angin.



Gambar 4.7 Kondisi Lapangan Titik 6

4.3 Hasil Pengukuran Karbon Monoksida

Pengukuran atau pengambilan sampel karbon monoksida (CO) dilakukan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan 6 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022, Minggu tanggal 22 Mei 2022, dan Senin tanggal 23 Mei 2022. 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 CO Analyzer yang menghasilkan satuan ppm, satuan konsentrasi CO 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 contoh 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° 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:

$$\begin{aligned}
 C \mu\text{g}/\text{m}^3 &= C \text{ ppm} \times 1000 \times \frac{(P \times M)}{(R \times T)} \\
 &= 10,4 \times 1000 \times \frac{(1 \text{ atm} \times 28 \text{ g}/\text{mol})}{(0,0821 \text{ L atm}/\text{K mol} \times 298 \text{ K})} \\
 &= 10,4 \times 1000 \times \frac{28}{24,45} \\
 &= 11.929 \mu\text{g}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka nilai konsentrasi karbon monoksida pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari yang telah dikonversi sebesar 11.929 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berikut adalah hasil perhitungan konversi karbon monoksida dengan satuan ppm ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada titik lain.

4.3.1 Pengukuran 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 4.1 berikut:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4.1 Pengukuran Karbon Monoksida Pagi Hari

Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	11.929	12.215	17.178
2	16.224	10.688	18.323
3	9.925	13.742	13.361
4	16.892	14.410	14.506
5	15.842	12.693	16.033
6	15.174	15.937	18.514
Rata-rata	14.331	13.281	16.319

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi karbon monoksida pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi karbon monoksida sebesar $16.319 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan konsentrasi karbon monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar $13.281 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi karbon monoksida Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Senin pada titik 6 yaitu sebesar $18.514 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Sabtu pada titik 3 yaitu sebesar $9.925 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.2 Pengukuran 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 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Pengukuran Karbon Monoksida Siang Hari

Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	11.738	11.738	15.460
2	13.647	10.402	16.605
3	11.738	11.929	15.269
4	12.215	14.219	15.842
5	13.838	10.879	15.460
6	11.166	11.643	16.796
Rata-rata	12.390	11.802	15.905

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi karbon monoksida pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi karbon monoksida sebesar $15.905 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan konsentrasi karbon monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar $11.802 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi karbon monoksida Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Senin pada titik 6 yaitu sebesar $16.796 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Minggu pada titik 2 yaitu sebesar $10.402 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.3 Pengukuran 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 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Pengukuran Karbon Monoksida Sore Hari

Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	11.929	16.701	20.327
2	19.277	16.033	18.896
3	15.937	12.025	12.025
4	16.224	14.410	18.991
5	18.228	17.464	18.705
6	16.128	17.941	21.568
Rata-rata	16.303	15.762	18.419

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi karbon monoksida pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Senin dengan rata-rata konsentrasi karbon monoksida sebesar $18.419 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan konsentrasi karbon monoksida rata-rata paling rendah terjadi pada hari Sabtu dengan nilai rata-rata sebesar $15.762 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil pengukuran keseluruhan, nilai konsentrasi karbon monoksida Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Senin pada titik 6 yaitu sebesar $21.568 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Sabtu pada titik 1 yaitu sebesar $11.929 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dari hasil data pengukuran yang sudah diambil maka didapat hasil rekapitulasi data selama 3 hari dalam 3 interval waktu sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Rata-rata Pengukuran Karbon Monoksida

Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Waktu	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
Pagi	14.331	13.281	16.319
Siang	12.390	11.802	15.905
Sore	16.287	15.762	18.419

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Perhitungan tersebut didapat dari hasil rata-rata konsentrasi karbon monoksida pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut dapat diketahui konsentrasi karbon monoksida terbesar terjadi pada hari Senin dengan interval waktu sore hari sebesar $18.419 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hal tersebut dikarenakan terjadi peningkatan aktivitas kendaraan bermotor yang disebabkan masyarakat pulang kerja dan pulang sekolah sehingga konsentrasi karbon monoksida juga meningkat. Sedangkan, konsentrasi karbon monoksida terendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu siang hari sebesar $11.802 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hal tersebut dikarenakan rendahnya aktivitas masyarakat di hari libur, masyarakat memilih untuk beraktivitas di rumah pada hari Minggu siang.

Berdasarkan penelitian Maharani (2019) mengenai tingkat pencemaran karbon monoksida di Ruas Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta, menyatakan bahwa nilai konsentrasi karbon monoksida tertinggi terjadi pada hari Senin sore yaitu sebesar 27,13 ppm. Sedangkan, konsentrasi karbon monoksida paling rendah terjadi pada Sabtu pagi yaitu sebesar 12,88 ppm. Besarnya konsentrasi karbon monoksida tidak hanya dipengaruhi oleh volume kendaraan bermotor yang lewat, namun ada faktor meteorologi seperti kecepatan angin, kelembapan, dan temperatur pada saat pengukuran. Jika dibandingkan dengan penelitian penulis, maka ada kesamaan pada kedua penelitian yaitu konsentrasi tertinggi terjadi pada hari Senin (hari kerja) dengan interval waktu sore hari.

4.4 Hasil Pengukuran Data Meteorologi

Data meteorologi pada penelitian ini didapat dari pengukuran langsung di lapangan, data meteorologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu Kecepatan Angin dan Sinar Matahari.

4.4.1 Kecepatan Angin

Pengukuran atau pengambilan sampel kecepatan angin dilakukan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan 6 titik sampel.

Pengukuran dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022, Minggu tanggal 22 Mei 2022, dan Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan durasi pengukuran 15 menit pada tiap titik sampel. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin yaitu Anemometer. Arah angin didapatkan dari data resmi Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) tahun 2022. Berikut adalah hasil pengukuran kecepatan angin yang didapatkan selama pengukuran:

A. Pengukuran Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-09.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Pengukuran Kecepatan Angin Pagi Hari

Kecepatan dan Arah Angin (m/s)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022 (Barat Daya)	Minggu 22/05/2022 (Selatan)	Senin 23/05/2022 (Barat)
1	2,6	2,4	2,3
2	2,6	2,6	2,4
3	2,4	2,0	2,1
4	2,5	2,1	2,1
5	2,3	2,2	2,2
6	2,8	2,0	2,4
Rata-rata	2,5	2,2	2,3

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.5, nilai rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 2.5 m/s, sedangkan kecepatan angin rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 2,2 m/s. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai kecepatan angin Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu pada titik 6 yaitu sebesar 2,8 m/s, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 3 dan 6 yaitu sebesar 2,0 m/s.

B. Pengukuran Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.6 Pengukuran Kecepatan Angin Siang Hari

Kecepatan dan Arah Angin (m/s)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022 (Barat)	Minggu 22/05/2022 (Tenggara)	Senin 23/05/2022 (Timur Laut)
1	3,4	4,0	3,5
2	3,3	2,9	3,2
3	3,4	3,1	3,1
4	3,7	2,7	2,6
5	3,8	2,8	3,0
6	3,6	3,8	3,9
Rata-rata	3,5	3,2	3,2

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 3.5 m/s, sedangkan kecepatan angin rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 3,2 m/s. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai kecepatan angin Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Minggu pada titik 1 yaitu sebesar 4,0 m/s, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 4 yaitu sebesar 2,6 m/s.

C. Pengukuran Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu sore hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Pengukuran Kecepatan Angin Sore Hari

Kecepatan dan Arah Angin (m/s)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022 (Tenggara)	Minggu 22/05/2022 (Barat Daya)	Senin 23/05/2022 (Barat)
1	3,1	3,0	3,0
2	2,9	2,3	2,7
3	2,9	2,6	2,4
4	3,2	2,1	2,2
5	2,9	2,5	2,6
6	3,6	3,1	3,2
Rata-rata	3,1	2,6	2,7

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.7, nilai rata-rata kecepatan angin pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 3.1 m/s, sedangkan kecepatan angin rata-rata paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan nilai rata-rata sebesar 2,6 m/s. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai kecepatan angin Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu pada titik 6 yaitu sebesar 3,6 m/s, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Minggu pada titik 4 yaitu sebesar 2,1 m/s.

Dari hasil data pengukuran yang sudah diambil maka didapat hasil rekapitulasi data selama 3 hari dalam 3 interval waktu sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Rata-rata Pengukuran Kecepatan Angin

Kecepatan Angin (m/s)			
Waktu	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
Pagi	2,5	2,2	2,3
Siang	3,5	3,2	3,2
Sore	3,1	2,6	2,7

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Perhitungan tersebut didapat dari hasil rata-rata kecepatan angin pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut dapat diketahui kecepatan angin terbesar terjadi pada hari Sabtu dengan interval waktu siang hari sebesar 3,5 m/s, sedangkan kecepatan angin terendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu pagi hari sebesar 2,2 m/s. Angin berpengaruh besar terhadap penyebaran polusi di udara. Arah angin dapat menentukan ke mana persebaran polutan berjalan, sedangkan kecepatan angin dapat menentukan sejauh mana polutan akan tersebar (Rahmadhani, 2017).

Berdasarkan penelitian Maharani (2019), faktor meteorologi seperti kecepatan angin yang tinggi akan memengaruhi cepatnya penyebaran emisi dari sumber ke lingkungan sehingga CO angin terdispersi mengalami pengenceran dan kadar CO menjadi lebih rendah. Menurut (Verma & Desai, 2008), Ketika kecepatan angin tinggi maka konsentrasi CO di udara akan semakin kecil karena polutan terbawa angin menjauhi sumber dan polutan akan terdilusi melalui dispersi sehingga konsentrasi CO di lokasi tersebut cenderung rendah. Hal tersebut sama dengan pernyataan dari penelitian (Damara dkk., 2017), bahwa naik turunnya nilai konsentrasi CO disebabkan oleh faktor meteorologi, semakin rendah kecepatan angin maka semakin tinggi konsentrasi CO.

4.4.2 Sinar Matahari (Lux)

Pengukuran atau pengambilan sampel Sinar Matahari dilakukan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan 6 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022, Minggu tanggal 22 Mei 2022, dan Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan durasi pengukuran 15 menit pada tiap titik sampel. Alat yang digunakan untuk mengukur intensitas sinar matahari adalah aplikasi *Luxmeter*.

Berikut adalah hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang didapatkan selama pengukuran:

A. Pengukuran 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 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Pengukuran Sinar Matahari Pagi Hari

Sinar Matahari (Lux)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	9.215	10.281	8.253
2	11.921	13.211	11.295
3	12.904	12.648	9.915
4	12.565	11.148	13.022
5	13.281	12.488	12.942
6	10.233	9.209	9.914
Rata-rata	11.687	11.498	10.890

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.9, nilai rata-rata sinar matahari pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata intensitas sinar sebesar 11.687 Lux, sedangkan sinar matahari rata-rata paling rendah terjadi pada hari Senin dengan nilai rata-rata sebesar 10.890 Lux. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai sinar matahari Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu pagi hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu pada titik 5 yaitu sebesar 13.281 Lux, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 1 yaitu sebesar 8.253 Lux.

B. Pengukuran Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 Pengukuran Sinar Matahari Siang Hari

Sinar Matahari (Lux)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	16.238	16.149	15.116
2	17.340	18.304	18.933
3	19.485	18.548	17.349
4	20.731	19.213	18.042
5	19.771	18.693	17.143
6	16.933	18.239	16.093
Rata-rata	18.416	18.191	17.113

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.10, nilai rata-rata sinar matahari pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata intensitas sinar sebesar 18.416 Lux, sedangkan sinar matahari rata-rata paling rendah terjadi pada hari Senin dengan nilai rata-rata sebesar 17.113 Lux. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai sinar matahari Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu siang hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu pada titik 4 yaitu sebesar 20.731 Lux, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 1 yaitu sebesar 15.116 Lux.

C. Pengukuran Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran intensitas sinar matahari yang dilakukan pada interval waktu sore hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Pengukuran Sinar Matahari Sore Hari

Sinar Matahari (Lux)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
1	8.902	9.322	7.922
2	9.462	10.132	8.329

Sinar Matahari (Lux)			
Titik	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
3	11.819	9.211	9.899
4	11.723	9.724	10.811
5	9.388	9.153	8.247
6	7.343	9.941	7.291
Rata-rata	9.773	9.581	8.750

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan Tabel 4.11, nilai rata-rata sinar matahari pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan rata-rata intensitas sinar sebesar 9.773 Lux, sedangkan sinar matahari rata-rata paling rendah terjadi pada hari Senin dengan nilai rata-rata sebesar 8.750 Lux. Jika dilihat berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan, maka nilai sinar matahari Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan interval waktu sore hari tertinggi terjadi pada hari Sabtu pada titik 3 yaitu sebesar 11.819 Lux, sedangkan nilai terendah terjadi pada hari Senin pada titik 6 yaitu sebesar 7.291 Lux.

Berikut adalah hasil rekapitulasi rata-rata intensitas sinar matahari dari hasil pengukuran yang telah dikategorikan melalui tabel 2.6:

Tabel 4.12 Hasil Rata-rata pengukuran Sinar Matahari

Sinar Matahari (Lux)			
Waktu	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
Pagi	11.687 (Sedang)	11.498 (Sedang)	10.890 (Sedang)
Siang	18.416 (Kuat)	18.191 (Kuat)	17.113 (Kuat)
Sore	9.773 (Sedang)	9.581 (Sedang)	8.750 (Sedang)

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Perhitungan tersebut didapat dari hasil rata-rata intensitas sinar matahari pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut maka kategori sinar matahari pada penelitian ini hanya berada pada kategori *Sedang* dan *Kuat* dengan mengacu pada tabel 2.6.

Intensitas sinar matahari yang tinggi berbanding lurus dengan suhu udara pada daerah tersebut. Berdasarkan penelitian (Sinaga dkk., 2013), menyatakan bahwa hasil pengukuran selama 3 hari pada pukul 07.00-08.00 WIB, 13.00-14.00 WIB dan 16.00-17.00 WIB, suhu udara cenderung berbanding terbalik dengan jumlah konsentrasi CO. Pada siang hari konsentrasi CO lebih sedikit dibandingkan pagi dan sore hari, sedangkan suhu udara tertinggi terjadi pada siang hari. Hal tersebut dapat diartikan bahwa semakin tinggi suhu udara maka konsentrasi CO akan semakin rendah. Menurut (Istirokhatun & Sudarno, 2014), suhu udara yang tinggi membuat densitas udara di permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada udara di atasnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran konveksi keatas yang membawa berbagai polutan sehingga menyebabkan konsentrasi polutan menjadi lebih rendah.

4.4.3 Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer udara Pasquill-Gifford secara periodik di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya ditentukan dari faktor meteorologi yaitu kecepatan angin dan intensitas sinar matahari. Kategori stabilitas atmosfer Pasquill-Gifford dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Berikut adalah hasil analisis kelas stabilitas atmosfer pada penelitian ini:

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4.13 Kelas Stabilitas Atmosfer

Hari	Waktu	Kecepatan Angin	Sinar Matahari	Stabilitas Atmosfer
Sabtu 22/05/2022	Pagi	2,5	Sedang	B
	Siang	3,5	Kuat	B
	Sore	3,1	Sedang	B
Minggu 22/05/2022	Pagi	2,2	Sedang	B
	Siang	3,2	Kuat	B
	Sore	2,6	Sedang	B
Senin 22/05/2022	Pagi	2,3	Sedang	B
	Siang	3,2	Kuat	B
	Sore	2,7	Sedang	B

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Data tersebut didapat dari hasil rata-rata kecepatan angin dan sinar matahari pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kelas stabilitas atmosfer pada penelitian ini termasuk kelas B (tidak stabil). Dalam penelitian (Aslim, 2019), sebaran polutan di siang hari hanya berada di sekitar sumber polutan, sedangkan pada malam hari terlihat konsentrasi yang tinggi tersebar lebih merata dan lebih jauh. Hal tersebut dikarenakan sebaran polutan dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer. Semakin stabil atmosfer maka polutan akan terdispersi lebih jauh, sebaliknya jika atmosfer semakin tidak stabil maka polutan terdispersi semakin dekat dengan sumber.

Setelah data kelas stabilitas atmosfer diketahui, selanjutnya melakukan perhitungan koefisien dispersi menggunakan persamaan McCullen untuk area perkotaan (urban). Dispersi dihitung dengan mengambil asumsi jarak pada arah angin (x) sebesar 0,1 km. Perhitungan koefisien dispersi menggunakan rumus 3.9, dimana koefisien I, J, dan K dapat dilihat pada tabel 2.6.

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien dispersi σ_y dan σ_z . Diketahui kecepatan angin pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari sebesar 2,6 m/s, sedangkan intensitas sinar matahari sebesar 9.215 lux, sehingga kelas

stabilitas atmosfer berada pada kelas B (sedang tidak stabil). Nilai IJK berdasarkan tabel 2.6 untuk σ_y yaitu $I=320$, $J=0,4$, $K=-0,5$, sedangkan σ_z yaitu $I=240$, $J=1$, $K=0,5$. Maka perhitungan 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 hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan koefisien dispersi σ_y dan σ_z pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari termasuk dalam kelas B (sedang tidak stabil) yaitu σ_y sebesar 31,3786 m dan σ_z sebesar 25,1714 m.

4.5 Hasil Pengukuran Kendaraan Bermotor

Pengukuran atau pengambilan sampel kendaraan bermotor dilakukan di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya dengan 6 titik sampel. Pengukuran dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022, Minggu tanggal 22 Mei 2022, dan Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan durasi pengukuran 1 jam pada tiap titik sampel yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010. Pengukuran kendaraan bermotor dibedakan menjadi 3 kategori kendaraan yaitu, sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Pengukuran kendaraan bermotor pada penelitian ini menggunakan cara manual dengan menggunakan aplikasi *Counter*.

Berikut adalah hasil pengukuran kendaraan bermotor yang didapatkan selama pengukuran:

4.5.1 Pengukuran Pagi Hari

Pengukuran pagi hari dilakukan pada pukul 07.00-09.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu pagi hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut:

Tabel 4.14 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Pagi Hari

Titik	Sabtu 21/05/2022				Minggu 22/05/2022				Senin 23/05/2022			
	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total
1	1523	1015	62	2600	867	671	33	1571	2225	1484	14	3723
2	2508	347	79	2934	1248	192	48	1488	2963	448	9	3420
3	938	95	9	1042	498	135	2	635	1733	438	12	2183
4	1579	674	60	2313	701	206	4	911	1040	513	24	1577
5	773	200	9	982	492	107	5	604	1429	280	9	1718
6	2897	1396	44	4337	2751	1035	53	3839	3921	1336	34	5291

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Keterangan:

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

Berdasarkan tabel 4.14, dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan bermotor paling banyak terjadi pada hari Senin di titik 6 dengan jumlah kendaraan 5.291 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor paling rendah terjadi pada hari Minggu di titik 5 dengan jumlah kendaraan 604 unit.

4.5.2 Pengukuran Siang Hari

Pengukuran siang hari dilakukan pada pukul 12.00-14.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut:

Tabel 4.15 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Siang Hari

Titik	Sabtu 21/05/2022				Minggu 22/05/2022				Senin 23/05/2022			
	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total
1	1357	1624	174	3155	1153	1497	17	2667	2192	1524	60	3776
2	3480	1038	84	4602	1730	1164	83	2977	1926	577	57	2560
3	886	476	13	1375	695	445	2	1142	1643	552	9	2204
4	1230	645	5	1880	1104	908	1	2013	1312	727	57	2096
5	1166	320	17	1503	726	318	20	1064	1034	422	29	1485
6	3722	1777	33	5532	2398	1688	16	4102	3296	1627	109	5032

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Keterangan:

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

Berdasarkan tabel 4.15, dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan bermotor paling banyak terjadi pada hari Sabtu di titik 6 dengan jumlah kendaraan 5.532 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor paling rendah terjadi pada hari Minggu di titik 5 dengan jumlah kendaraan 1.064 unit.

4.5.3 Pengukuran Sore Hari

Pengukuran sore hari dilakukan pada pukul 16.00-18.00 WIB. Hasil pengukuran kecepatan angin yang dilakukan pada interval waktu siang hari pada 6 titik sampel dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Pengukuran Volume Kendaraan Bermotor Sore Hari

Titik	Sabtu 21/05/2022				Minggu 22/05/2022				Senin 23/05/2022			
	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total	MC	LV	HV	Total
1	2416	1161	12	3589	1256	1318	6	2580	3006	1524	54	4584
2	2689	730	46	3465	1906	1114	4	3024	3298	583	16	3897
3	1233	480	4	1717	918	532	1	1451	2056	520	10	2586
4	1908	569	2	2479	960	560	1	1521	1633	446	2	2081
5	1957	252	14	2223	1002	388	6	1396	1984	338	10	2332
6	5690	1356	9	7055	3358	1470	56	4884	5049	1840	31	6920

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Keterangan:

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

Berdasarkan tabel 4.16, dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan bermotor paling banyak terjadi pada hari Sabtu di titik 6 dengan jumlah kendaraan 7.055 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor paling rendah terjadi pada hari Minggu di titik 5 dengan jumlah kendaraan 1.396 unit.

Dari hasil data pengukuran yang sudah diambil maka didapat hasil rekapitulasi data selama 3 hari dalam 3 interval waktu sebagai berikut:

Tabel 4.17 Hasil Rata-rata pengukuran Volume Kendaraan Bermotor

Kendaraan Bermotor (Unit)				
Waktu	Jenis Kendaraan	Hari		
		Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
Pagi	MC	1703	1093	2219
	LV	621	391	750
	HV	44	24	17
Siang	MC	1974	1301	1901
	LV	980	1003	905
	HV	54	23	54
Sore	MC	2649	1567	2838
	LV	758	897	875
	HV	15	12	21

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Keterangan:

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

Data tersebut didapat dari hasil rata-rata sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV) pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa rata rata kendaraan bermotor pada hari kerja cenderung lebih tinggi daripada hari libur. Hasil rata-rata sepeda motor (MC) paling tinggi terjadi pada hari Senin dengan interval waktu sore hari yaitu 2.828 unit, sedangkan yang paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu pagi hari yaitu 1.093 unit. Hasil rata-rata kendaraan ringan (LV) paling tinggi terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu siang hari yaitu 1.003 unit, sedangkan yang paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu pagi hari yaitu 391 unit. Hasil rata-rata kendaraan berat (HV) paling tinggi terjadi pada hari Sabtu dan Senin dengan interval waktu siang hari yaitu 54 unit, sedangkan yang paling rendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu sore hari yaitu 12 unit.

Volume kendaraan bermotor yang tinggi pada pagi dan sore hari diakibatkan arus lalu lintas di persimpangan sangat ramai karena masyarakat banyak beraktivitas, seperti pulang kerja dan pulang sekolah. Selain itu, arus lalu lintas yang ramai diakibatkan karena lokasi penelitian merupakan jalan penghubung antara Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan volume kendaraan bermotor lebih rendah pada hari libur karena tidak ada aktivitas berangkat kerja atau sekolah. Ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Maharani (2019) mengenai tingkat pencemaran karbon monoksida di Ruas Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta, menyatakan bahwa jumlah kendaraan terbanyak yang melewati jalan Ringroad Utara terjadi pada hari Senin sore dengan volume kendaraan bermotor sebanyak 11.905 unit yang terdiri dari sepeda motor 9.300 unit, mobil pribadi 2.517 unit dan mobil solar 88 unit. Tingginya jumlah kendaraan bermotor yang lewat dipengaruhi karena hari Senin dengan interval waktu sore hari adalah jam pulang kerja sehingga volume kendaraan meningkat.

4.6 Perhitungan Kekuatan Emisi

Perhitungan kekuatan emisi dapat dilakukan dengan beberapa langkah perhitungan yaitu menentukan kecepatan rata-rata kendaraan bermotor, menghitung jumlah kendaraan per detik, menghitung nilai satuan mobil penumpang, dan menghitung laju emisi.

4.6.1 Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor

Data kecepatan rata-rata kendaraan bermotor pada penelitian ini diambil dengan menggunakan 2 metode manual yaitu menggunakan aplikasi *Smart Speed*, aplikasi ini merupakan aplikasi semacam *Speed Gun* yang digunakan untuk mengetahui kecepatan kendaraan bermotor dan menggunakan cara pengukuran langsung di lapangan dengan menentukan jarak pemantauan (50 m).

Berikut adalah hasil pengukuran kecepatan rata-rata kendaraan bermotor yang didapatkan selama pengukuran:

Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Kecepatan Rata-rata Kendaraan Bermotor

Hari	Waktu	Kecepatan (km/h)		
		MC	LV	HV
Sabtu 21/05/2022	Pagi	33	37	26
	Siang	38	38	24
	Sore	31	38	24
Minggu 22/05/2022	Pagi	31	38	24
	Siang	33	37	23
	Sore	35	38	23
Senin 23/05/2022	Pagi	36	37	26
	Siang	34	38	23
	Sore	32	36	24

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Keterangan:

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

Tabel 4.18 tersebut merupakan hasil rekapitulasi data kecepatan rata-rata kendaraan bermotor yang telah didapat selama 3 hari. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan rata-rata kendaraan bermotor yang melintas di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani tergolong stabil. Kecepatan rata-rata sepeda motor (MC) terbesar adalah 38 km/h, sedangkan kecepatan rata-rata terkecil adalah 31 km/h. Kecepatan rata-rata kendaraan ringan (LV) terbesar adalah 38 km/h, sedangkan kecepatan rata-rata terkecil adalah 36 km/h. Kecepatan rata-rata kendaraan berat (HV) terbesar adalah 26 km/h, sedangkan kecepatan rata-rata terkecil adalah 23 km/h.

4.6.2 Perhitungan Laju emisi (q)

Untuk mendapatkan hasil laju emisi kendaraan bermotor (q) dapat menggunakan rumus 3.7. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini hanya data jumlah kecepatan rata-rata kendaraan bermotor.

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil laju emisi kendaraan bermotor. Diketahui kecepatan rata-rata kendaraan bermotor pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 30 km/jam, kendaraan ringan (LV) 44 km/jam, kendaraan berat (HV) 20 km/jam, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q_{CO}(MC) &= 867,92 \times (V^{-0,8648}) \\
 &= 867,92 \times (30^{-0,8648}) \\
 &= 45,82 \text{ gr}/km \\
 q_{CO}(LV) &= 867,92 \times (V^{-0,8648}) \\
 &= 867,92 \times (44^{-0,8648}) \\
 &= 32,90 \text{ gr}/km \\
 q_{CO}(HV) &= 867,92 \times (V^{-0,8648}) \\
 &= 867,92 \times (20^{-0,8648}) \\
 &= 65,07 \text{ gr}/km
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil laju emisi kendaraan bermotor (q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 45,82 gr/km, kendaraan ringan (LV) 32,90 gr/km, kendaraan berat (HV) 65,07 gr/km.

4.6.3 Perhitungan Kendaraan Per Detik

Untuk mendapatkan hasil kendaraan per-detik dapat menggunakan rumus 3.5. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini hanya data jumlah kendaraan bermotor.

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kendaraan per-detik. Diketahui jumlah kendaraan bermotor pada hari Sabtu di titik 1 dengan interval pagi hari yaitu, sepeda motor (MC) 1523 unit, kendaraan ringan (LV) 1015 unit, kendaraan berat (HV) 62 unit, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sepeda Motor} &= \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600} \\ &= \frac{1523}{3600} = 0,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan Ringan} &= \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600} \\ &= \frac{1015}{3600} = 0,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan Berat} &= \frac{\text{jumlah kendaraan}}{3600} \\ &= \frac{62}{3600} = 0,02 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan kendaraan per detik pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 0,42, kendaraan ringan (LV) 0,28, kendaraan berat (HV) 0,02.

4.6.4 Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang atau smp dinormalisasi dari volume kendaraan bermotor dapat menggunakan tabel 2.4. Penelitian ini dilakukan di Kota Surabaya tepatnya di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani. Berdasarkan data Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Kementerian PU (2022), menjelaskan bahwa, Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur, sekaligus kota metropolitan terbesar di Provinsi Jawa Timur. Jika dilihat dari tabel 2.4 maka faktor pengali emisi CO untuk Kota Metropolitan adalah sepeda motor (MC) sebesar 0,6, Kendaraan ringan (LV) sebesar 1, dan kendaraan berat (HV) sebesar 1,97.

Tabel 4.19 Faktor Pengali Satuan Mobil Penumpang

Jenis kendaraan	Faktor Pengali CO
Sepeda Motor (MC)	0,6
Kendaraan Ringan (LV)	1
Kendaraan Berat (HV)	1,97

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Nilai satuan mobil penumpang (smp) dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai satuan mobil penumpang (n). Diketahui nilai kendaraan per detik pada hari Senin titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 0,42, kendaraan ringan (LV) 0,28, kendaraan berat (HV) 0,02, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SMP(n) MC &= \left(\frac{Kend}{Detik} \right) \times FaktorPengali CO \\ &= 0,42 \times 0,6 \\ &= 0,25 \text{ smp/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SMP}(n) \text{ LV} &= \left(K_{\text{end}} / \text{Detik} \right) \times \text{Faktor Pengali CO} \\
 &= 0,28 \times 1 \\
 &= 0,28 \text{ smp} / \text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SMP}(n) \text{ HV} &= \left(K_{\text{end}} / \text{Detik} \right) \times \text{Faktor Pengali CO} \\
 &= 0,02 \times 1,97 \\
 &= 0,03 \text{ smp} / \text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan nilai satuan mobil penumpang (n) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 0,25 smp/detik, kendaraan ringan (LV) 0,28 dmp/detik, kendaraan berat (HV) 0,03 smp/detik.

4.6.5 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 yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kekuatan emisi (Q). Diketahui data satuan mobil penumpang (n) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 0,25, kendaraan ringan (LV) 0,28, dan kendaraan berat (HV) 0,02. Sedangkan untuk data laju emisi (q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari, sepeda motor (MC) 45.82, kendaraan ringan (LV) 32.90, dan kendaraan berat (HV) 65.07, maka perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ (MC)} &= n \times q \\
 &= 0,25 \times 45,82 \\
 &= 11,63 \text{ gr} / \text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ (LV)} &= n \times q \\
 &= 0,28 \times 32,90
 \end{aligned}$$

$$= 9,28 \text{ gr/detik}$$

$$Q \text{ (HV)} = n \times q$$

$$= 0,02 \times 65,07$$

$$= 2,21 \text{ gr/detik}$$

$$Q \text{ total} = Q(\text{MC}) + Q(\text{LV}) + Q(\text{HV})$$

$$= 11,63 + 9,28 + 2,21$$

$$= 23,11 \text{ gr/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan kekuatan emisi (Q) pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari adalah sepeda motor (MC) 11,63 gr/detik, kendaraan ringan (LV) 9,28 gr/detik, kendaraan berat (HV) 2,21 gr/detik. Sehingga kekuatan emisi total pada hari Sabtu titik 1 dengan interval pagi hari sebesar 23,11 gr/detik. Berikut adalah hasil perhitungan kekuatan emisi (Q) pada titik lain.

A. Hasil Perhitungan Pagi 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 6 titik dengan interval waktu pagi hari dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.20 Perhitungan Kekuatan Emisi Pagi Hari

Pagi Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (sm p/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	1523	30	0.42	0.25	45.82	11.63
		Kendaraan Ringan	1015	44	0.28	0.28	32.90	9.28
		Kendaraan Berat	62	20	0.02	0.03	65.07	2.21
		Total						23.11
	Minggu	Sepeda Motor	867	29	0.24	0.14	47.18	6.82

Pagi Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/detik)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
		Kendaraan Ringan	671	35	0.19	0.19	40.10	7.47
		Kendaraan Berat	33	25	0.01	0.02	53.65	0.97
		Total						15.26
	Senin	Sepeda Motor	2225	29	0.62	0.37	47.18	17.50
		Kendaraan Ringan	1484	33	0.41	0.41	42.20	17.39
		Kendaraan Berat	14	27	0.00	0.01	50.19	0.38
		Total						35.28
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	2508	31	0.70	0.42	44.54	18.62
		Kendaraan Ringan	347	32	0.10	0.10	43.33	4.18
		Kendaraan Berat	79	25	0.02	0.04	53.65	2.32
		Total						25.11
	Minggu	Sepeda Motor	1248	30	0.35	0.21	45.82	9.53
		Kendaraan Ringan	192	39	0.05	0.05	36.52	1.95
		Kendaraan Berat	48	23	0.01	0.03	57.66	1.51
		Total						12.99
	Senin	Sepeda Motor	2963	41	0.82	0.49	34.97	17.27
		Kendaraan Ringan	448	33	0.12	0.12	42.20	5.25
		Kendaraan Berat	9	27	0.00	0.00	50.19	0.25
		Total						22.77
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	938	31	0.26	0.16	44.54	6.96
		Kendaraan Ringan	95	43	0.03	0.03	33.56	0.89
		Kendaraan Berat	9	28	0.00	0.00	48.64	0.24
		Total						8.09
	Minggu	Sepeda Motor	498	35	0.14	0.08	40.10	3.33
		Kendaraan Ringan	135	41	0.04	0.04	34.97	1.31
		Kendaraan Berat	2	26	0.00	0.00	51.86	0.06
		Total						4.70
	Senin	Sepeda Motor	1733	39	0.48	0.29	36.52	10.55
		Kendaraan Ringan	438	40	0.12	0.12	35.73	4.35
		Kendaraan Berat	12	22	0.00	0.01	59.92	0.39
		Total						15.29
Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	1579	29	0.44	0.26	47.18	12.42
		Kendaraan Ringan	674	40	0.19	0.19	35.73	6.69

Pagi Hari									
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/detik)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)	
		Kendaraan Berat	60	37	0.02	0.03	38.22	1.25	
		Total						20.36	
	Minggu	Sepeda Motor	701	30	0.19	0.12	45.82	5.35	
		Kendaraan Ringan	206	34	0.06	0.06	41.12	2.35	
		Kendaraan Berat	4	22	0.00	0.00	59.92	0.13	
		Total						7.84	
	Senin	Sepeda Motor	1040	35	0.29	0.17	40.10	6.95	
		Kendaraan Ringan	513	34	0.14	0.14	41.12	5.86	
		Kendaraan Berat	24	28	0.01	0.01	48.64	0.64	
		Total						13.45	
	Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	773	39	0.21	0.13	36.52	4.70
			Kendaraan Ringan	200	31	0.06	0.06	44.54	2.47
Kendaraan Berat			9	24	0.00	0.00	55.57	0.27	
Total								7.45	
Minggu		Sepeda Motor	492	37	0.14	0.08	38.22	3.13	
		Kendaraan Ringan	107	39	0.03	0.03	36.52	1.09	
		Kendaraan Berat	5	25	0.00	0.00	53.65	0.15	
		Total						4.37	
Senin		Sepeda Motor	1429	39	0.40	0.24	36.52	8.70	
		Kendaraan Ringan	280	38	0.08	0.08	37.35	2.90	
		Kendaraan Berat	9	25	0.00	0.00	53.65	0.26	
		Total						11.87	
Titik 6	Sabtu	Sepeda Motor	2897	38	0.80	0.48	37.35	18.03	
		Kendaraan Ringan	1396	33	0.39	0.39	42.20	16.36	
		Kendaraan Berat	44	21	0.01	0.02	62.38	1.50	
		Total						35.90	
	Minggu	Sepeda Motor	2751	25	0.76	0.46	53.65	24.60	
		Kendaraan Ringan	1035	40	0.29	0.29	35.73	10.27	
		Kendaraan Berat	53	25	0.01	0.03	53.65	1.56	
		Total						36.42	
	Senin	Sepeda Motor	3921	33	1.09	0.65	42.20	27.57	
		Kendaraan Ringan	1336	38	0.37	0.37	37.35	13.86	
		Kendaraan Berat	34	30	0.01	0.02	45.82	0.85	

Pagi Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
		Total						42.29

Sumber: Hasil Analisa, 2022

B. Hasil Perhitungan Siang 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 6 titik dengan interval waktu siang hari dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Perhitungan Kekuatan Emisi Siang Hari

Siang Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	1357	38	0.38	0.23	37.35	8.45
		Kendaraan Ringan	1624	35	0.45	0.45	40.10	18.09
		Kendaraan Berat	174	30	0.05	0.10	45.82	4.36
		Total						30.90
	Minggu	Sepeda Motor	1153	30	0.32	0.19	45.82	8.81
		Kendaraan Ringan	1497	33	0.42	0.42	42.20	17.55
		Kendaraan Berat	17	21	0.00	0.01	62.38	0.58
		Total						26.93
	Senin	Sepeda Motor	2192	23	0.61	0.37	57.66	21.06
		Kendaraan Ringan	1524	34	0.42	0.42	41.12	17.41
		Kendaraan Berat	60	25	0.02	0.03	53.65	1.76
		Total						40.23
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	3480	32	0.97	0.58	43.33	25.13
		Kendaraan Ringan	1038	36	0.29	0.29	39.14	11.28
		Kendaraan Berat	84	25	0.02	0.05	53.65	2.47
		Total						38.88
	Minggu	Sepeda Motor	1730	39	0.48	0.29	36.52	10.53

Siang Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
		Kendaraan Ringan	1164	40	0.32	0.32	35.73	11.55
		Kendaraan Berat	83	22	0.02	0.05	59.92	2.72
		Total						24.80
	Senin	Sepeda Motor	1926	35	0.54	0.32	40.10	12.87
		Kendaraan Ringan	577	39	0.16	0.16	36.52	5.85
		Kendaraan Berat	57	23	0.02	0.03	57.66	1.80
		Total						20.52
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	886	40	0.25	0.15	35.73	5.28
		Kendaraan Ringan	476	44	0.13	0.13	32.90	4.35
		Kendaraan Berat	13	25	0.00	0.01	53.65	0.38
		Total						10.01
	Minggu	Sepeda Motor	695	33	0.19	0.12	42.20	4.89
		Kendaraan Ringan	445	37	0.12	0.12	38.22	4.72
		Kendaraan Berat	2	28	0.00	0.00	48.64	0.05
		Total						9.67
	Senin	Sepeda Motor	1643	33	0.46	0.27	42.20	11.55
		Kendaraan Ringan	552	38	0.15	0.15	37.35	5.73
		Kendaraan Berat	9	25	0.00	0.00	53.65	0.26
		Total						17.55
Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	1230	39	0.34	0.21	36.52	7.49
		Kendaraan Ringan	645	40	0.18	0.18	35.73	6.40
		Kendaraan Berat	5	20	0.00	0.00	65.07	0.18
		Total						14.07
	Minggu	Sepeda Motor	1104	33	0.31	0.18	42.20	7.76
		Kendaraan Ringan	908	37	0.25	0.25	38.22	9.64
		Kendaraan Berat	1	25	0.00	0.00	53.65	0.03
		Total						17.43
	Senin	Sepeda Motor	1312	36	0.36	0.22	39.14	8.56
		Kendaraan Ringan	422	39	0.12	0.12	36.52	4.28
		Kendaraan Berat	57	25	0.02	0.03	53.65	1.67
		Total						14.51
Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	1166	43	0.32	0.19	33.56	6.52
		Kendaraan Ringan	320	31	0.09	0.09	44.54	3.96

Siang Hari									
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)	
Titik 6		Kendaraan Berat	17	24	0.00	0.01	55.57	0.52	
		Total						11.00	
	Minggu	Sepeda Motor	726	31	0.20	0.12	44.54	5.39	
		Kendaraan Ringan	318	35	0.09	0.09	40.10	3.54	
		Kendaraan Berat	20	21	0.01	0.01	62.38	0.68	
		Total						9.61	
	Senin	Sepeda Motor	1034	37	0.29	0.17	38.22	6.59	
		Kendaraan Ringan	422	40	0.12	0.12	35.73	4.19	
		Kendaraan Berat	29	22	0.01	0.02	59.92	0.95	
		Total						11.73	
	Titik 6	Sabtu	Sepeda Motor	3722	38	1.03	0.62	37.35	23.17
			Kendaraan Ringan	1777	40	0.49	0.49	35.73	17.64
Kendaraan Berat			33	21	0.01	0.02	62.38	1.13	
Total								41.93	
Minggu		Sepeda Motor	2398	29	0.67	0.40	47.18	18.86	
		Kendaraan Ringan	1688	39	0.47	0.47	36.52	17.12	
		Kendaraan Berat	16	21	0.00	0.01	62.38	0.55	
		Total						36.53	
Senin		Sepeda Motor	3296	40	0.92	0.55	35.73	19.63	
		Kendaraan Ringan	1627	37	0.45	0.45	38.22	17.27	
		Kendaraan Berat	109	20	0.03	0.06	65.07	3.88	
		Total						40.78	

Sumber: Hasil Analisa, 2022

C. 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 6 titik dengan interval waktu sore hari dapat dilihat pada tabel 4.22 berikut:

Tabel 4.22 Perhitungan Kekuatan Emisi Sore Hari

Sore Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
Titik 1	Sabtu	Sepeda Motor	2416	35	0.67	0.40	40.10	16.15
		Kendaraan Ringan	1161	35	0.32	0.32	40.10	12.93
		Kendaraan Berat	12	19	0.00	0.01	68.02	0.45
		Total						29.53
	Minggu	Sepeda Motor	1256	31	0.35	0.21	44.54	9.32
		Kendaraan Ringan	1318	39	0.37	0.37	36.52	13.37
		Kendaraan Berat	6	22	0.00	0.00	59.92	0.20
		Total						22.89
	Senin	Sepeda Motor	3006	30	0.84	0.50	45.82	22.96
		Kendaraan Ringan	1524	39	0.42	0.42	36.52	15.46
		Kendaraan Berat	54	22	0.02	0.03	59.92	1.77
		Total						40.19
Titik 2	Sabtu	Sepeda Motor	2689	39	0.75	0.45	36.52	16.37
		Kendaraan Ringan	730	40	0.20	0.20	35.73	7.25
		Kendaraan Berat	46	25	0.01	0.03	53.65	1.35
		Total						24.96
	Minggu	Sepeda Motor	1906	31	0.53	0.32	44.54	14.15
		Kendaraan Ringan	1114	41	0.31	0.31	34.97	10.82
		Kendaraan Berat	4	26	0.00	0.00	51.86	0.11
		Total						25.08
	Senin	Sepeda Motor	3298	35	0.92	0.55	40.10	22.04
		Kendaraan Ringan	583	38	0.16	0.16	37.35	6.05
		Kendaraan Berat	16	19	0.00	0.01	68.02	0.60
		Total						28.69
Titik 3	Sabtu	Sepeda Motor	1233	31	0.34	0.21	44.54	9.15
		Kendaraan Ringan	480	35	0.13	0.13	40.10	5.35
		Kendaraan Berat	4	24	0.00	0.00	55.57	0.12

Sore Hari									
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)	
		Total						14.62	
	Minggu	Sepeda Motor	918	33	0.26	0.15	42.20	6.46	
		Kendaraan Ringan	532	37	0.15	0.15	38.22	5.65	
		Kendaraan Berat	1	21	0.00	0.00	62.38	0.03	
		Total						12.14	
	Senin	Sepeda Motor	2056	35	0.57	0.34	40.10	13.74	
		Kendaraan Ringan	520	36	0.14	0.14	39.14	5.65	
		Kendaraan Berat	10	26	0.00	0.01	51.86	0.28	
		Total						19.68	
	Titik 4	Sabtu	Sepeda Motor	1908	25	0.53	0.32	53.65	17.06
			Kendaraan Ringan	569	40	0.16	0.16	35.73	5.65
			Kendaraan Berat	2	25	0.00	0.00	53.65	0.06
Total								22.77	
Minggu		Sepeda Motor	960	38	0.27	0.16	37.35	5.98	
		Kendaraan Ringan	560	35	0.16	0.16	40.10	6.24	
		Kendaraan Berat	1	19	0.00	0.00	68.02	0.04	
		Total						12.25	
Senin		Sepeda Motor	1633	32	0.45	0.27	43.33	11.79	
		Kendaraan Ringan	446	35	0.12	0.12	40.10	4.97	
		Kendaraan Berat	2	29	0.00	0.00	47.18	0.05	
		Total						16.81	
Titik 5	Sabtu	Sepeda Motor	1957	26	0.54	0.33	51.86	16.91	
		Kendaraan Ringan	252	42	0.07	0.07	34.25	2.40	
		Kendaraan Berat	14	24	0.00	0.01	55.57	0.43	
		Total						19.74	
	Minggu	Sepeda Motor	1002	40	0.28	0.17	35.73	5.97	
		Kendaraan Ringan	388	41	0.11	0.11	34.97	3.77	
		Kendaraan Berat	6	25	0.00	0.00	53.65	0.18	
		Total						9.91	

Sore Hari								
Titik	Hari	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (unit)	Kec. Rata-rata (km/h)	Kend/detik	Smp (n) (smp/det)	Laju Emisi (q) (gr/km)	Kekuatan Emisi (Q) (gr/det)
	Senin	Sepeda Motor	1984	29	0.55	0.33	47.18	15.60
		Kendaraan Ringan	338	38	0.09	0.09	37.35	3.51
		Kendaraan Berat	10	22	0.00	0.01	59.92	0.33
		Total						19.44
Titik 6	Sabtu	Sepeda Motor	5690	30	1.58	0.95	45.82	43.45
		Kendaraan Ringan	1356	37	0.38	0.38	38.22	14.40
		Kendaraan Berat	9	29	0.00	0.00	47.18	0.23
		Total						58.08
	Minggu	Sepeda Motor	3358	37	0.93	0.56	38.22	21.39
		Kendaraan Ringan	1470	33	0.41	0.41	42.20	17.23
		Kendaraan Berat	56	25	0.02	0.03	53.65	1.64
		Total						40.26
	Senin	Sepeda Motor	5049	31	1.40	0.84	44.54	37.48
		Kendaraan Ringan	1840	32	0.51	0.51	43.33	22.15
		Kendaraan Berat	31	25	0.01	0.02	53.65	0.91
		Total						60.54

Sumber: Hasil Analisa, 2022

D. Rata-rata Hasil Perhitungan Kekuatan Emisi

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 4.23 Hasil Rata-rata perhitungan Kekuatan Emisi

Kekuatan Emisi Q (gr/detik)			
Waktu	Hari		
	Sabtu 21/05/2022	Minggu 22/05/2022	Senin 23/05/2022
Pagi	20,00	13,60	23,49
Siang	24,46	20,83	24,22
Sore	28,28	20,42	30,89

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Data tersebut didapat dari hasil rata-rata total kekuatan emisi (Q) pada 6 titik di hari dan interval waktu yang sama. Dari tabel tersebut dapat diketahui hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terbesar terjadi pada hari Senin dengan interval waktu sore hari sebesar 30,89 gr/detik, sedangkan hasil rata-rata perhitungan kekuatan emisi (Q) terendah terjadi pada hari Minggu dengan interval waktu pagi hari sebesar 13,60 gr/detik.

4.7 Perhitungan Model

Analisis pola dispersi karbon monoksida dilakukan dengan bantuan persamaan matematika berdasarkan solusi numerik. Solusi numerik yang digunakan adalah *Gaussian plume*. Model ini mampu menggambarkan pola dispersi polutan karbon monoksida di udara. Parameter yang digunakan dalam pemolean pola dispersi karbon monoksida yaitu karakteristik angin, stabilitas atmosfer, dan kekuatan emisi kendaraan bermotor.

Data yang diperlukan sebelum melakukan simulasi model *Gaussian plume* adalah data primer dan data sekunder. Untuk langkah pertama data ini dibuat asumsi dasar yang digunakan untuk simulasi numerik model *Gaussian*.

Persamaan dispersi *Gaussian* memiliki beberapa asumsi (Holzbecher, 2006), yakni:

1. Laju emisi (Q) dari sumber pencemar relatif konstan.
2. Kecepatan angin konstan terhadap waktu dan elevasi tanah.
3. Polutan bersifat konservatis, tidak hilang oleh peluruhan, reaksi kimia, atau berpindah.

4. Ketika polutan menyentuh tanah maka tidak ada yang terserap namun semuanya dipantulkan
5. Dataran yang relatif datar, tanah terbuka.

4.7.1 Hasil Simulasi Model

Simulasi model pola dispersi karbon monoksida dengan sumber kendaraan bermotor dilakukan setelah melakukan pengukuran jumlah kendaraan bermotor, dari data jumlah kendaraan bermotor akan didapat nilai kekuatan emisi (Q). Model *Gaussian* juga membutuhkan data stabilitas atmosfer yang digunakan untuk mengetahui kondisi meteorologi pada lokasi penelitian, kondisi meteorologi meliputi karakteristik angin dan intensitas sinar matahari. Simulasi model ini menggunakan model 2 dimensi dari rumus *Gaussian*. Pemodelan dispersi *Gaussian* pada parameter karbon monoksida dengan menggunakan *software MATLAB* dapat diuraikan sebagai berikut:

A. Hasil Simulasi Hari Sabtu Pagi

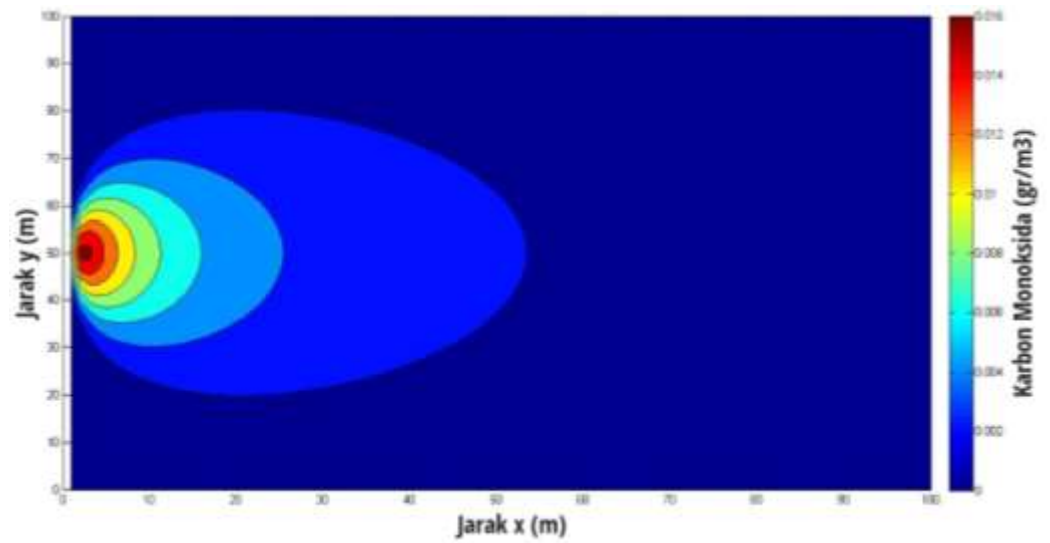
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan *software MATLAB*. Simulasi *MATLAB* dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus *Gaussian* terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan pada simulasi model hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022 dengan interval waktu pagi hari:

Tabel 4.24 Data Simulasi Model Sabtu Pagi

Hari Sabtu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
v	2,5 m/s
Q	19,80 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
z	0

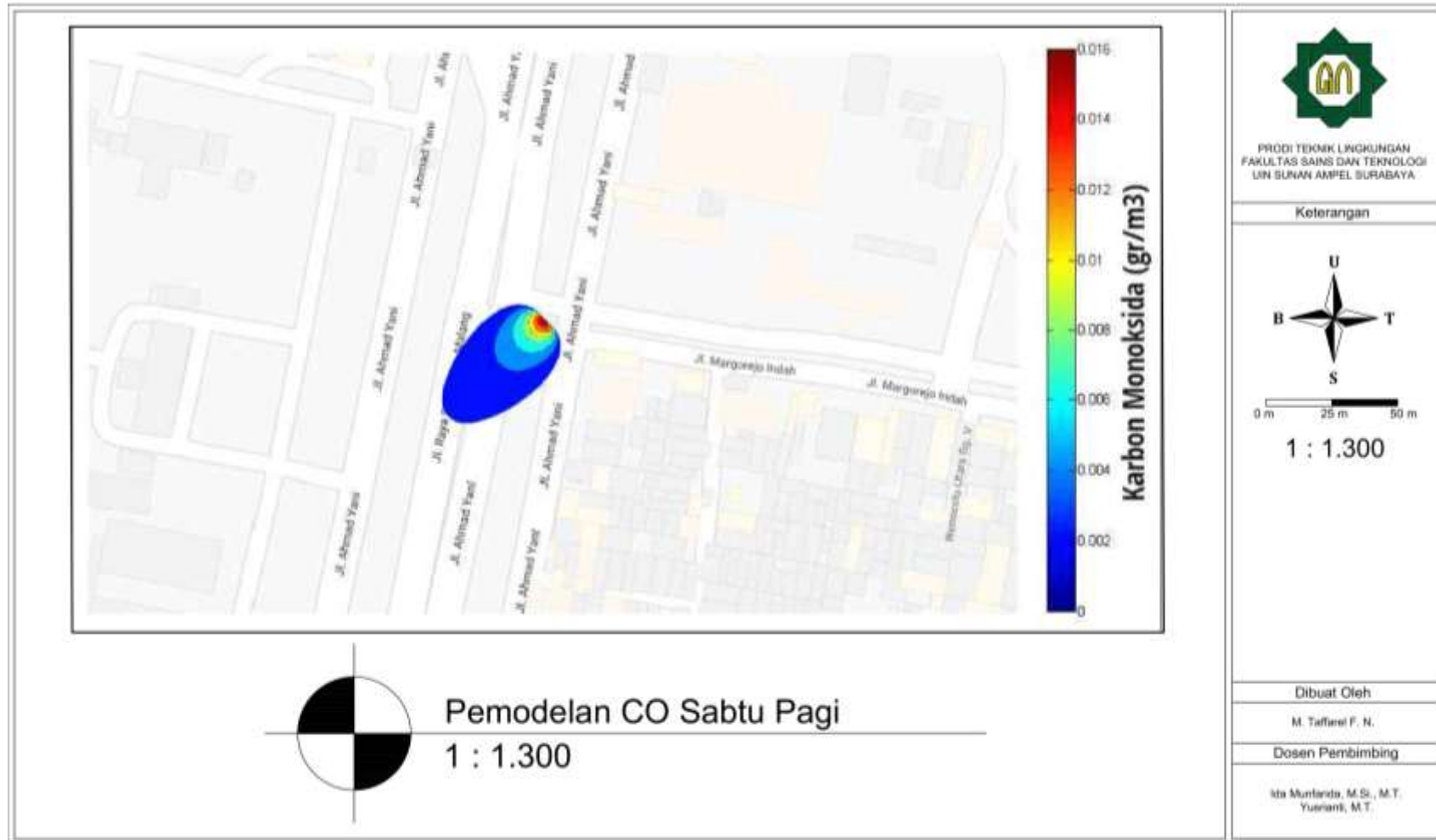
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.8 Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Pagi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.9 Hasil Plot *Gaussian* Sabtu Pagi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Gambar 4.8 dan 4.9 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Barat Daya karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Barat Daya. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01628 gr/m³. Pada jarak 4,04 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01499 gr/m³. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01227 gr/m³. Pada jarak 8,08 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01019 gr/m³. Pada jarak 11,11 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00807 gr/m³. Pada jarak 16,16 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00595 gr/m³. Pada jarak 25,25 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00403 gr/m³. Pada jarak 53,53 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00200 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 19,8 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Sabtu pagi akan hilang pada jarak 54 m dari sumber polutan.

B. 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 simulasi model hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022 dengan interval waktu siang hari:

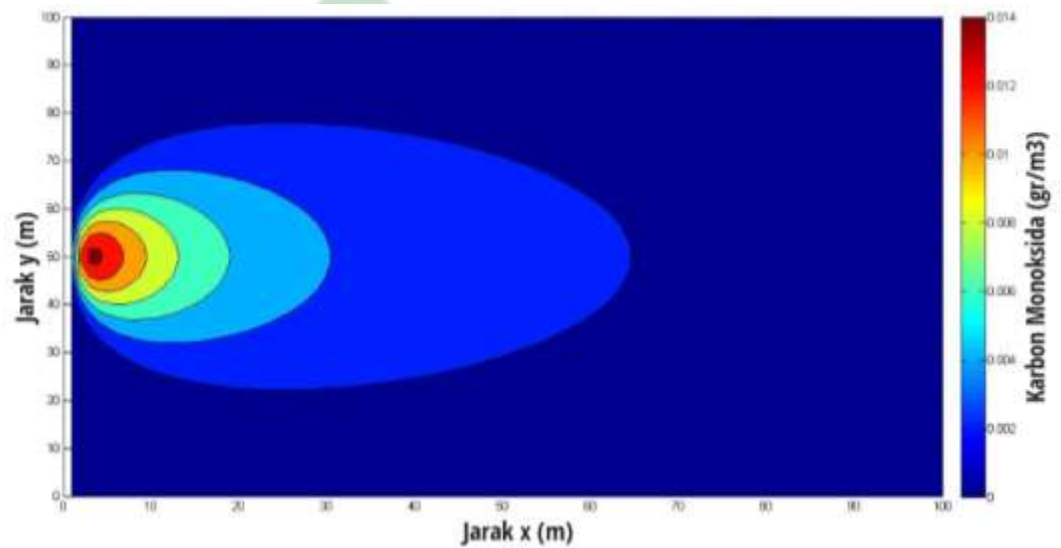
Tabel 4.25 Data Simulasi Model Sabtu Siang

Hari Sabtu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m

Hari Sabtu Siang	
π	3,14
v	3,5 m/s
Q	24,08 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
z	0

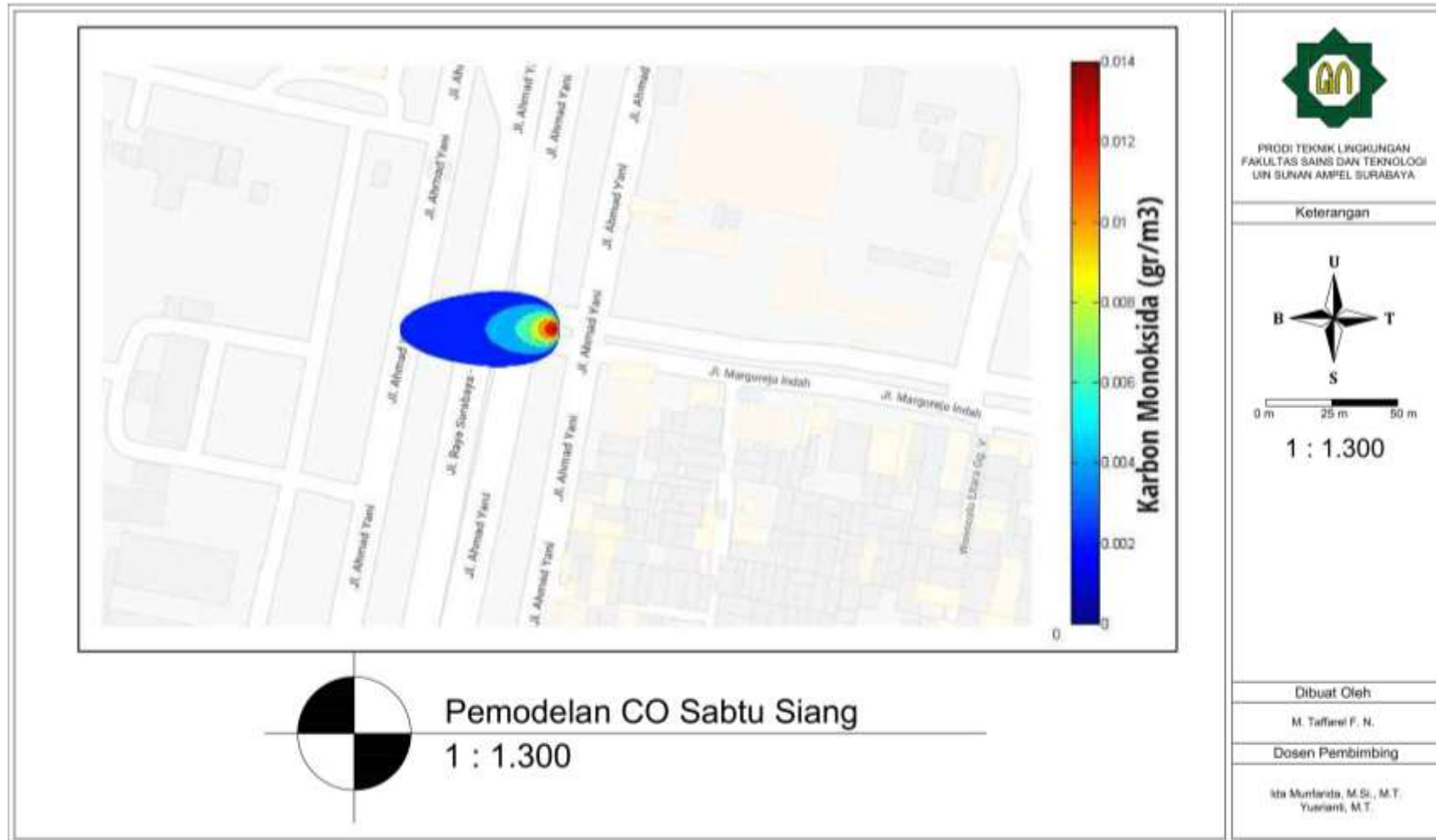
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.10 Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Siang

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.11 Hasil Plot *Gaussian* Sabtu Siang

Gambar 4.10 dan 4.11 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Barat karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Barat. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01426 gr/m³. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01267 gr/m³. Pada jarak 9,09 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01023 gr/m³. Pada jarak 12,12 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00845 gr/m³. Pada jarak 18,18 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00620 gr/m³. Pada jarak 30,30 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00402 gr/m³. Pada jarak 63,63 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00203 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,5 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 24,08 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Sabtu siang akan hilang pada jarak 64 m dari sumber polutan.

C. 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 simulasi model hari Sabtu tanggal 21 Mei 2022 dengan interval waktu sore hari:

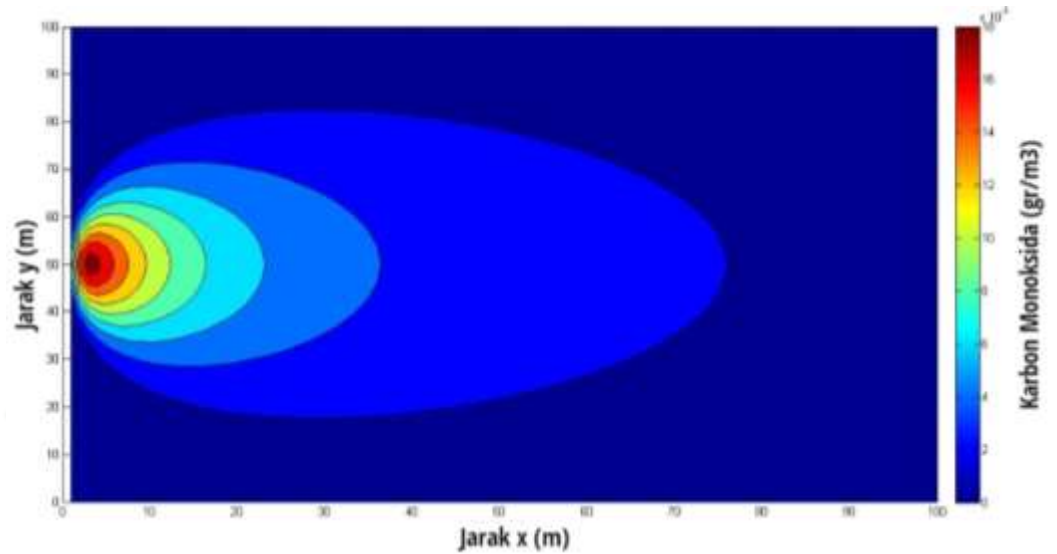
Tabel 4.26 Data Simulasi Model Sabtu Sore

Hari Sabtu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	3,1 m/s

Hari Sabtu Sore	
Q	27,93 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
Z	0

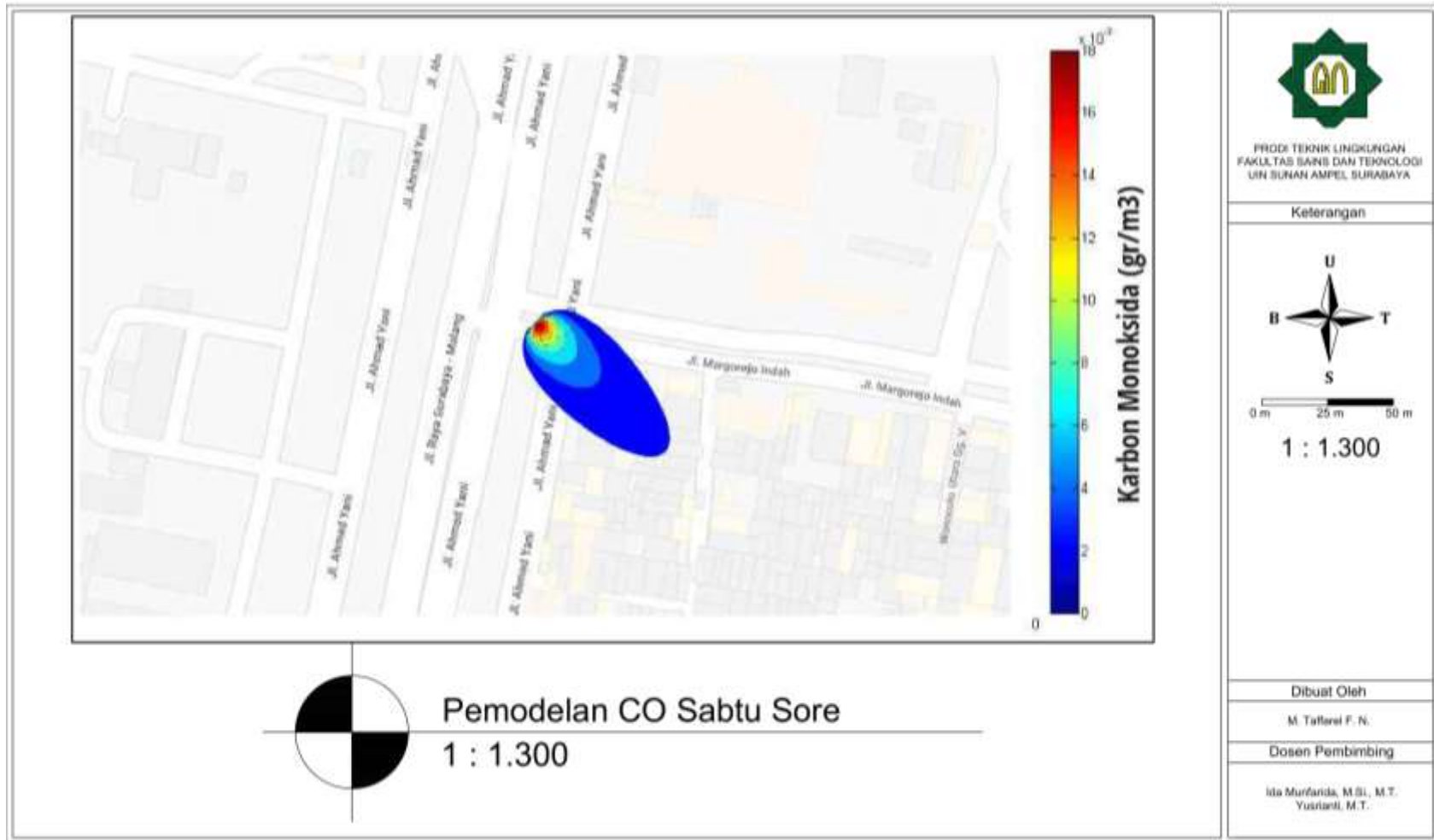
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.12 Hasil Simulasi *Gaussian* Sabtu Sore

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.13 Hasil Plot *Gaussian* Sabtu Sore

Gambar 4.12 dan 4.13 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Tenggara karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Tenggara. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,01886 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,01569 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 7,07 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,01446 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 9,09 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,01240 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 12,12 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,01012 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 16,16 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,00809 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 23,23 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,00620 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 35,35 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,00410 \text{ gr/m}^3$. Pada jarak 75,75 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar $0,00201 \text{ gr/m}^3$. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar $3,1 \text{ m/s}$ dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar $27,93 \text{ gr/s}$, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Sabtu akan hilang pada jarak 76 m dari sumber polutan.

D. Hasil Simulasi Hari Minggu Pagi

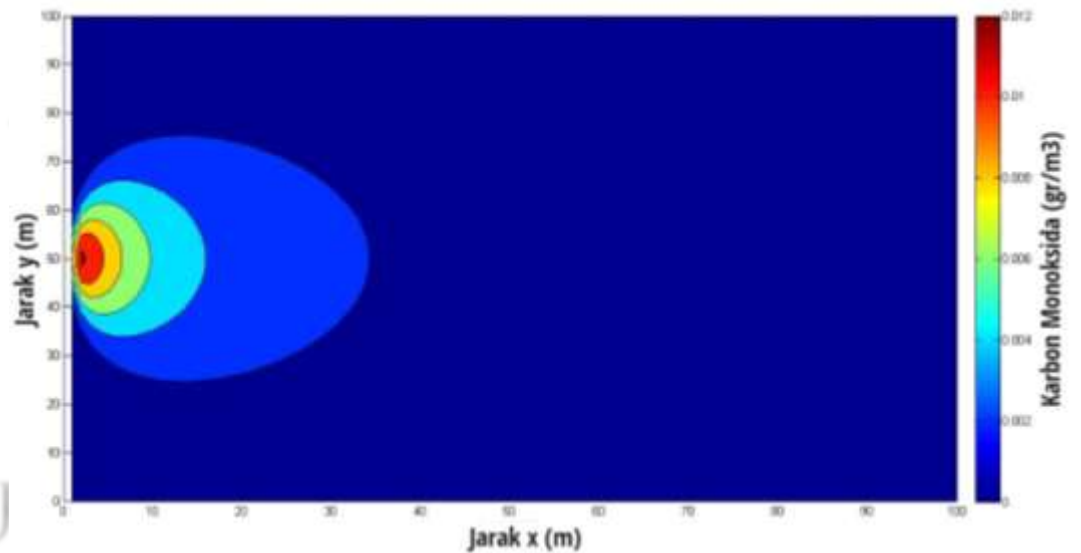
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan *software MATLAB*. Simulasi *MATLAB* dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus *Gaussian* terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan simulasi model hari Minggu tanggal 22 Mei 2022 dengan interval waktu pagi hari:

Tabel 4.27 Data Simulasi Model Minggu Pagi

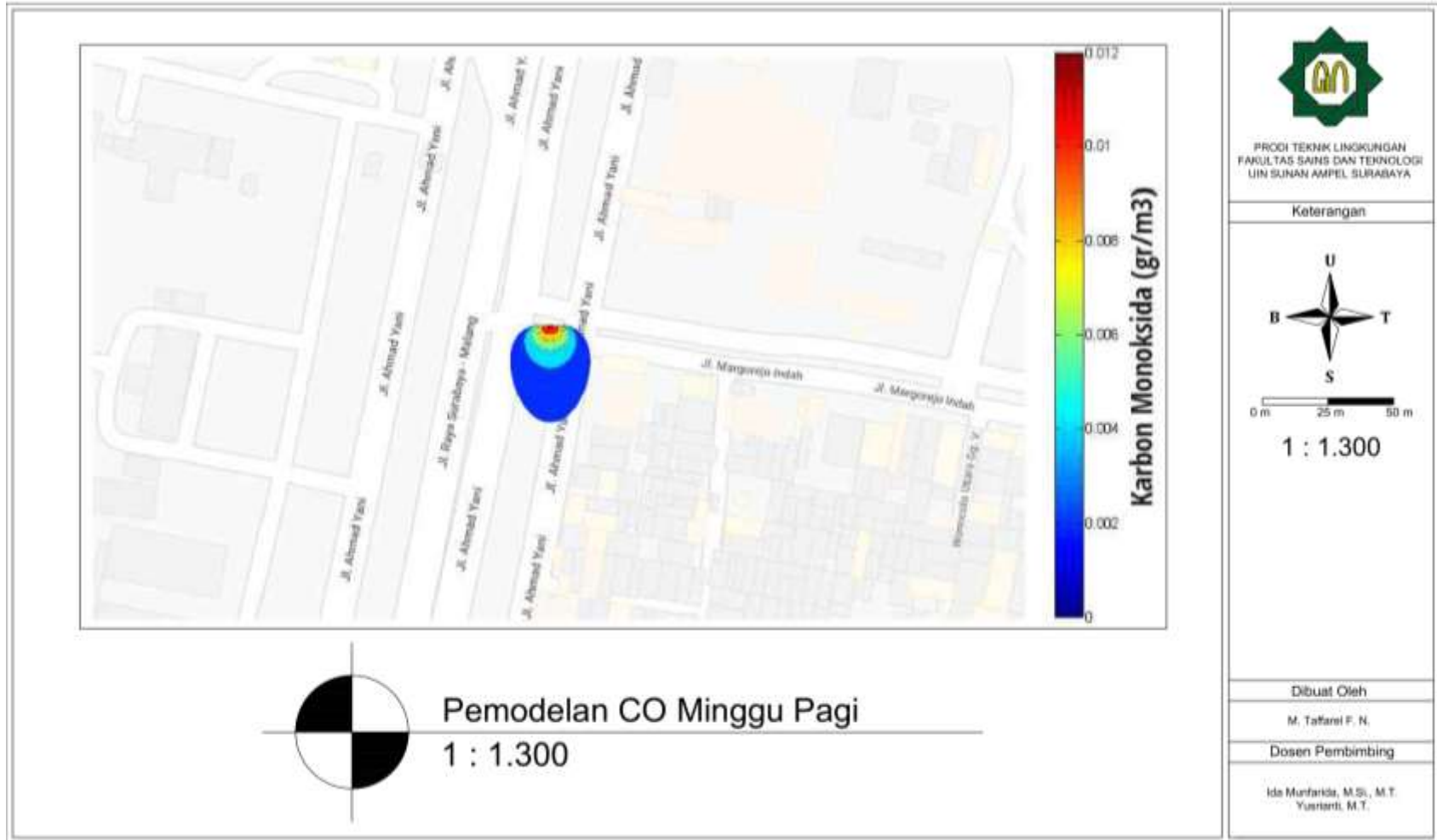
Hari Minggu Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	2,2 m/s
Q	12,90 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
Z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.14 Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Pagi



Gambar 4.15 Hasil Plot *Gaussian* Minggu Pagi

Gambar 4.14 dan 4.15 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Selatan karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Selatan. Pada jarak 2,02 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01224 gr/m³. Pada jarak 4,04 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01052 gr/m³. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00840 gr/m³. Pada jarak 9,09 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00632 gr/m³. Pada jarak 15,15 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00418 gr/m³. Pada jarak 33,33 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00206 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2.2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 12.90 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Minggu pagi akan hilang pada jarak 34 m dari sumber polutan.

E. 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 simulasi model hari Minggu tanggal 22 Mei 2022 dengan interval waktu siang hari:

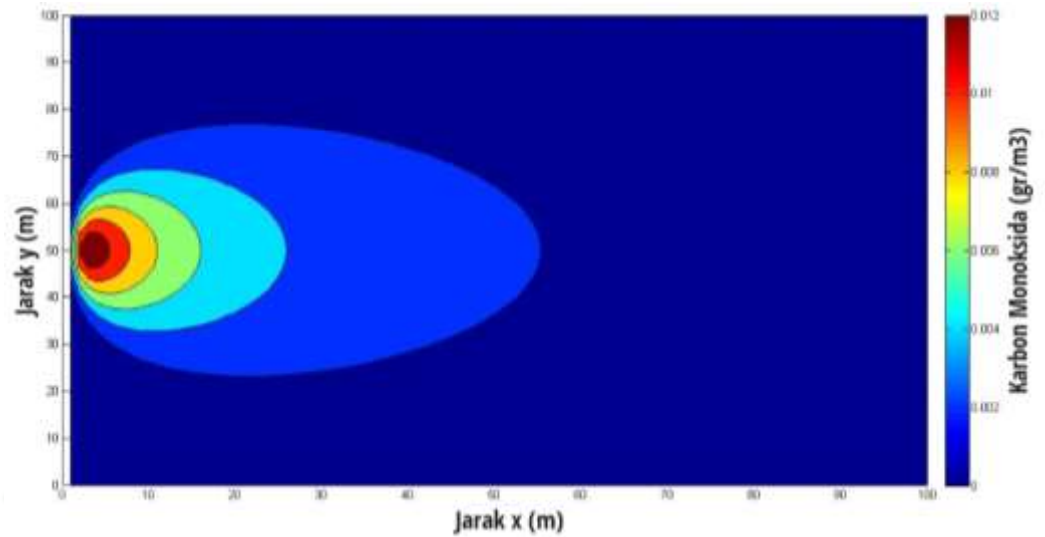
Tabel 4.28 Data Simulasi Model Minggu Siang

Hari Minggu Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	3,2 m/s
Q	20,70 gr/s
Jarak x dan y	100 m

Hari Minggu Siang	
H	0,5 m
Z	0

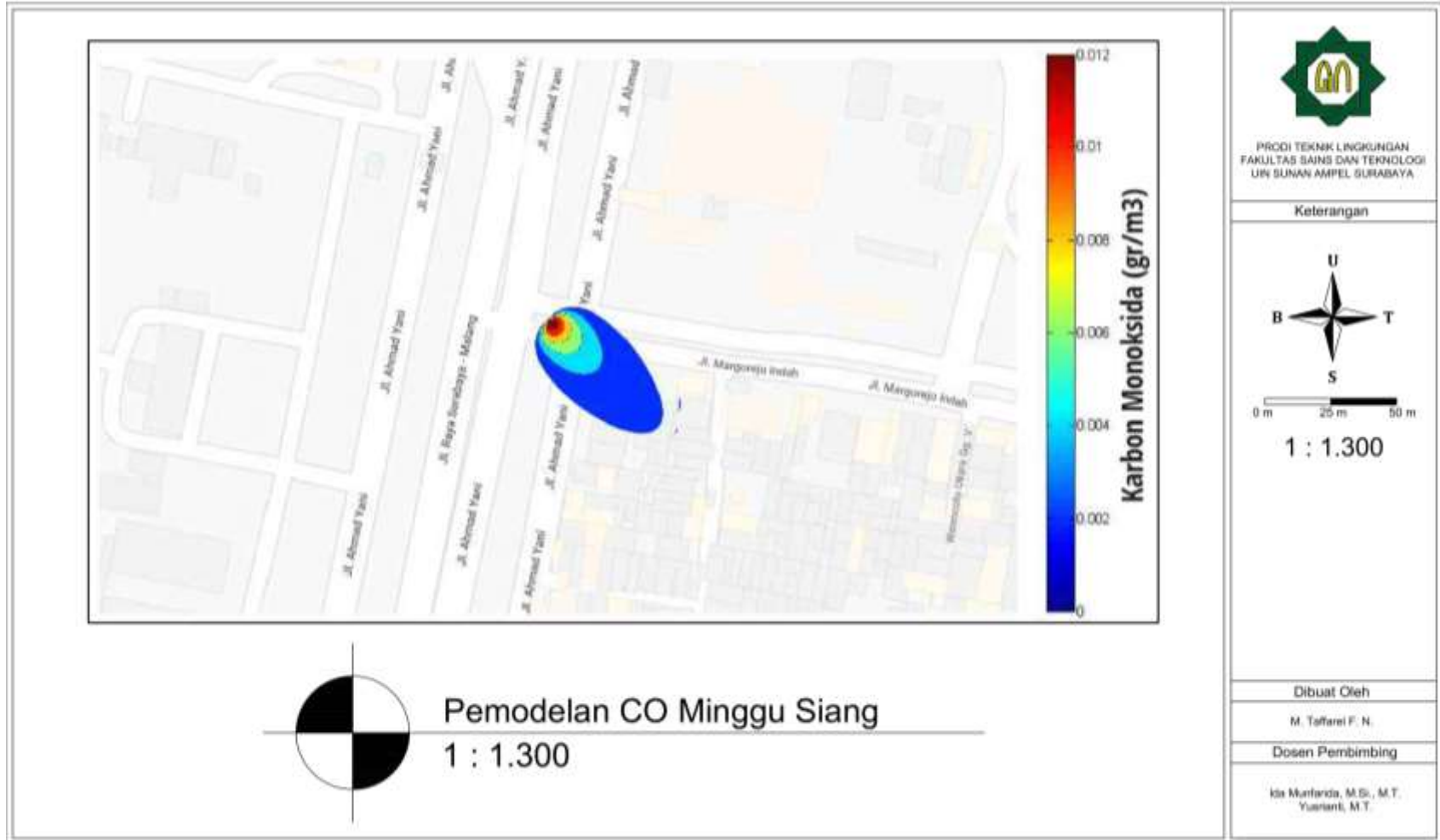
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.16 Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Siang

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.17 Hasil Plot Gaussian Minggu Siang

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

Gambar 4.16 dan 4.17 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Tenggara karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Tenggara. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01307 gr/m³. Pada jarak 7,07 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01021 gr/m³. Pada jarak 10,01 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00819 gr/m³. Pada jarak 15,15 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00606 gr/m³. Pada jarak 24,24 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00410 gr/m³. Pada jarak 52,52 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00203 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3.2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 20,70 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Minggu siang akan hilang pada jarak 53 m dari sumber polutan.

F. 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 simulasi model hari Minggu tanggal 22 Mei 2022 dengan interval waktu sore hari:

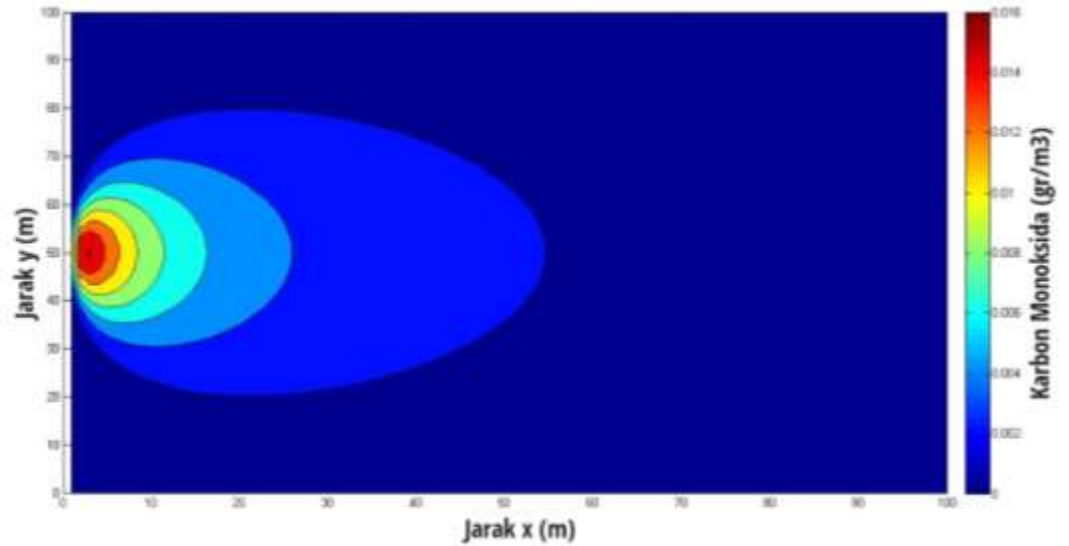
Tabel 4.29 Data Simulasi Model Minggu Sore

Hari Minggu Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	2,6 m/s
Q	20,24 gr/s
Jarak x dan y	100 m

Hari Minggu Sore	
H	0,5 m
Z	0

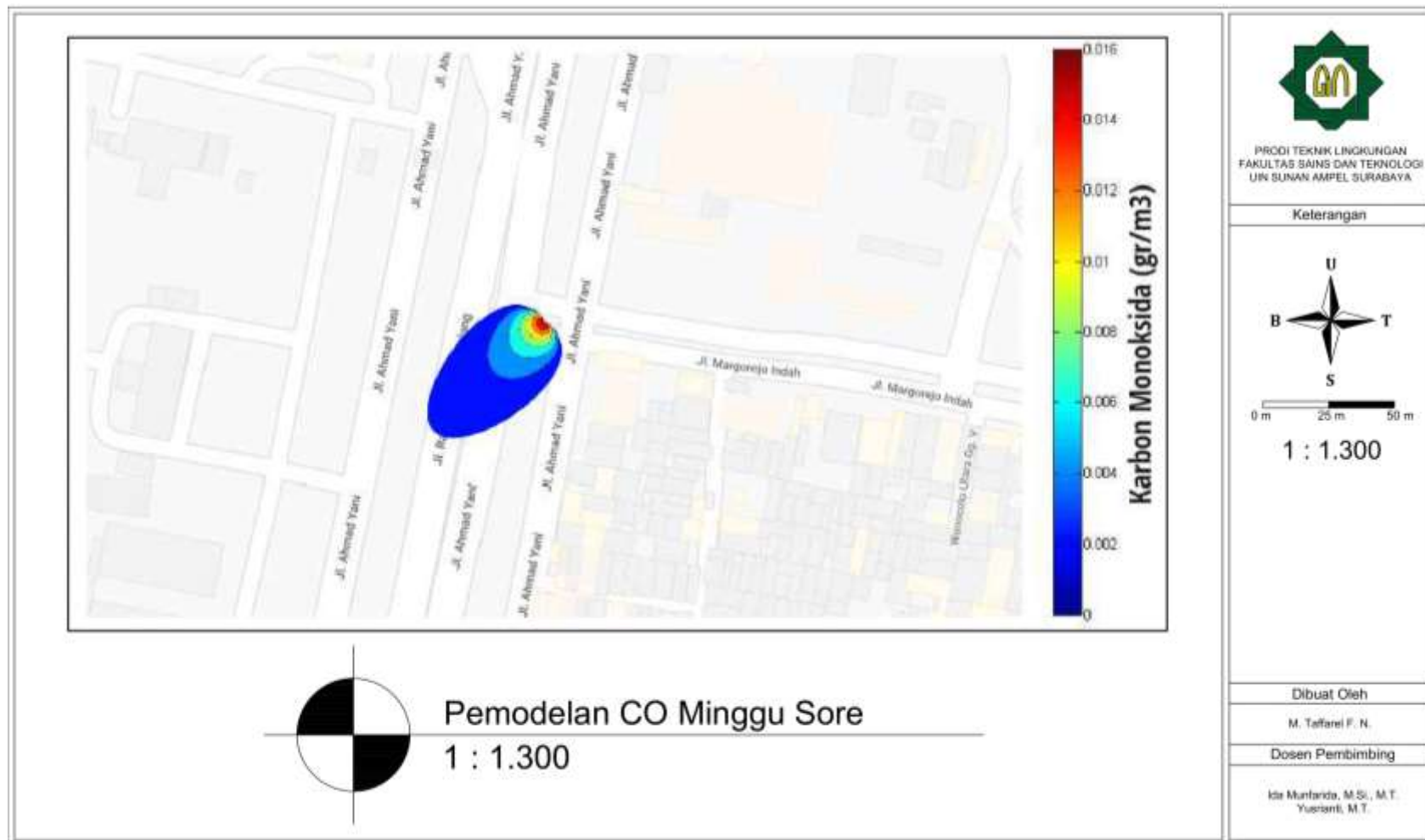
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.18 Hasil Simulasi *Gaussian* Minggu Sore

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.19 Hasil Plot *Gaussian* Minggu Sore

Gambar 4.18 dan 4.19 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Barat Daya karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Barat Daya. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01592 gr/m³. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01220 gr/m³. Pada jarak 8,08 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01018 gr/m³. Pada jarak 11,11 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00808 gr/m³. Pada jarak 15,15 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00631 gr/m³. Pada jarak 25,25 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00405 gr/m³. Pada jarak 53,53 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00202 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,6 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 20,24 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Minggu siang akan hilang pada jarak 54 m dari sumber polutan.

G. 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 simulasi model hari Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan interval waktu pagi hari:

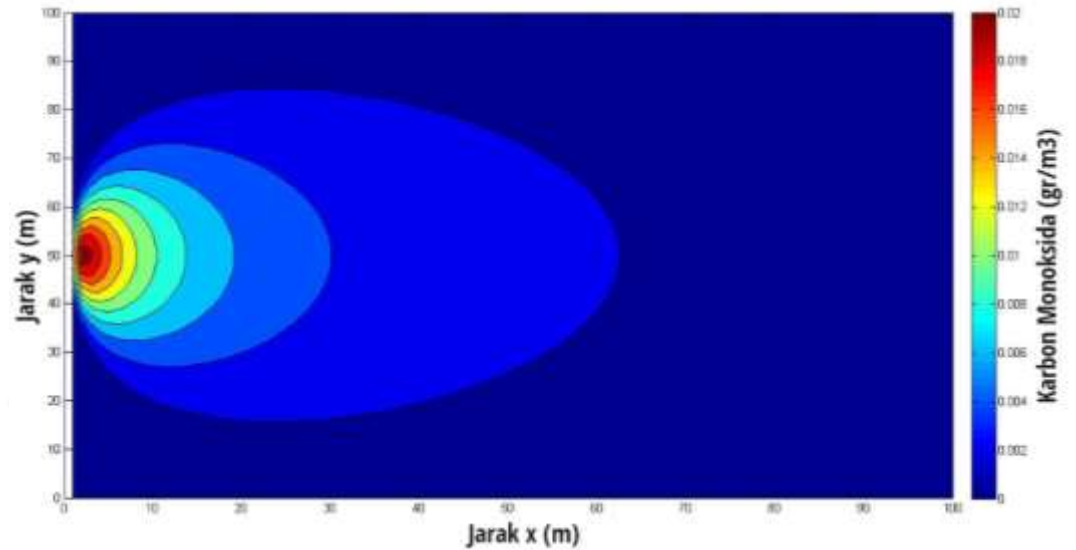
Tabel 4.30 Data Simulasi Model Senin Pagi

Hari Senin Pagi	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	2,3 m/s

Hari Senin Pagi	
Q	22,92 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
Z	0

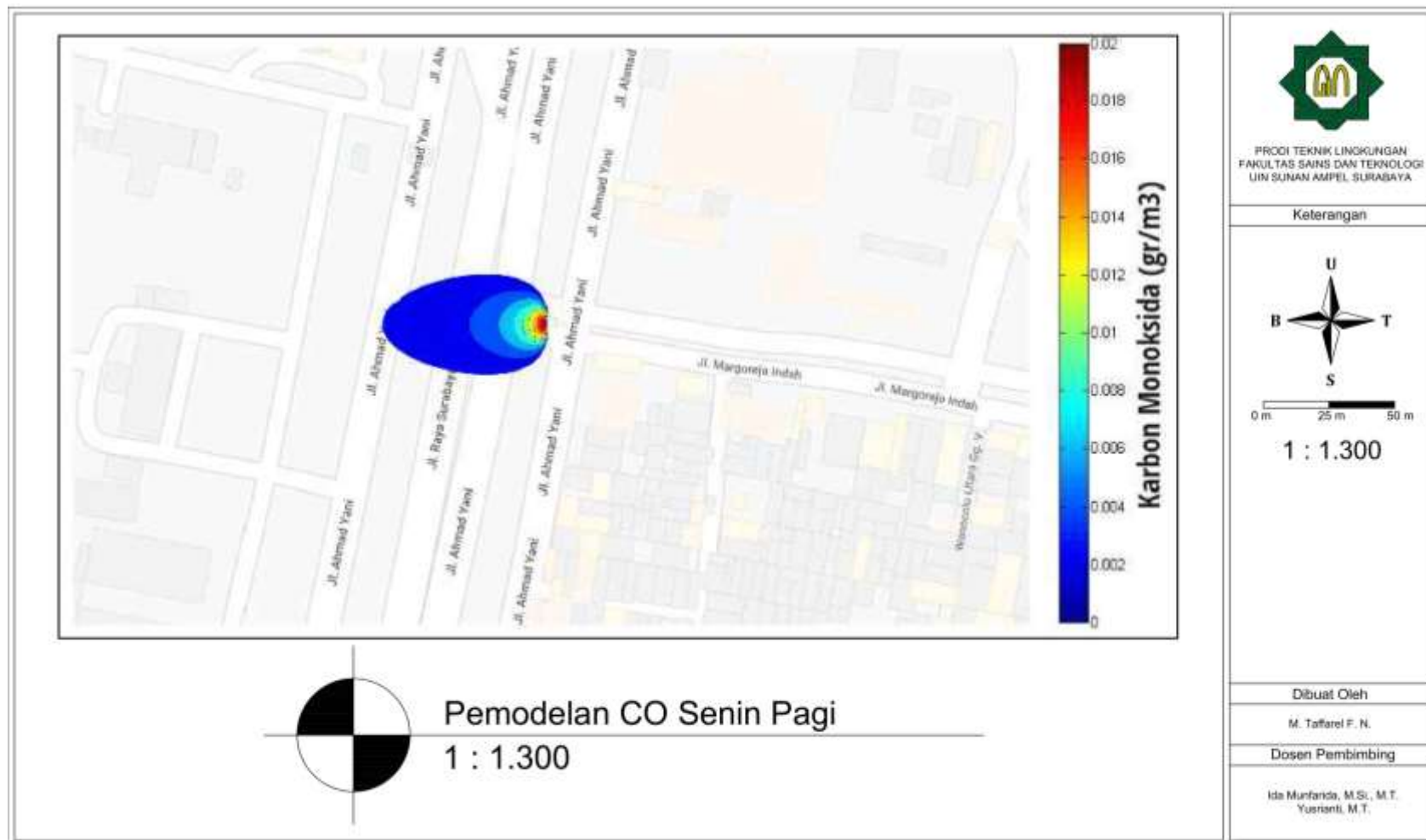
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.20 Hasil Simulasi *Gaussian* Senin Pagi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.21 Hasil Plot *Gaussian* Senin Pagi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Gambar 4.20 dan 4.21 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Barat karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Barat. Pada jarak 2,02 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,02070 gr/m³. Pada jarak 4,04 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01823 gr/m³. Pada jarak 5,05 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,016334 gr/m³. Pada jarak 6,06 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01468 gr/m³. Pada jarak 8,08 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01210 gr/m³. Pada jarak 10,10 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01025 gr/m³. Pada jarak 13,13 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00831 gr/m³. Pada jarak 19,19 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00601 gr/m³. Pada jarak 29,29 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00410 gr/m³. Pada jarak 61,61 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00203 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2.3 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 22,92 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Senin pagi akan hilang pada jarak 62 m dari sumber polutan.

H. Hasil Simulasi Hari Senin Siang

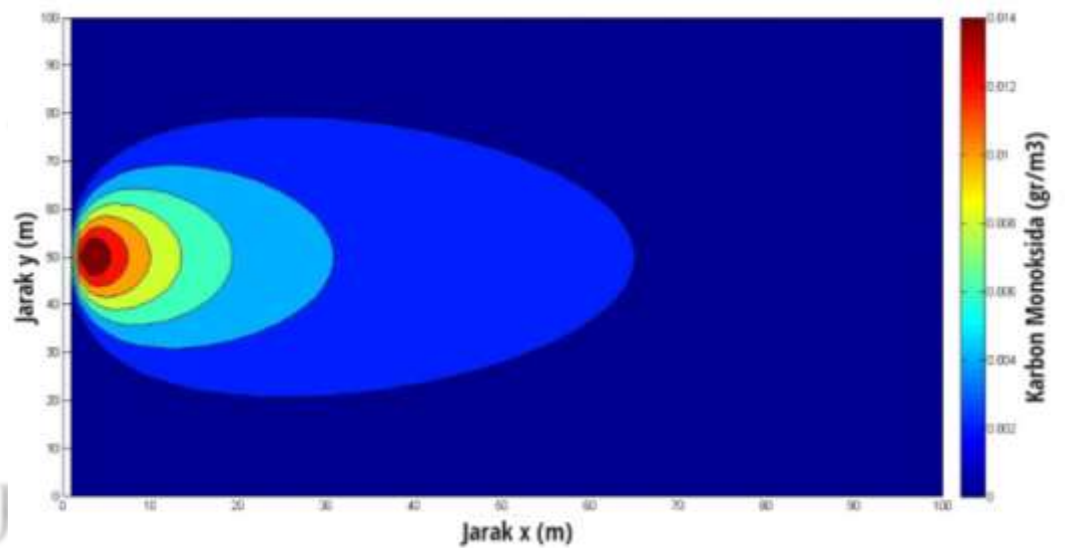
Hasil simulasi model dilakukan menggunakan *software MATLAB*. Simulasi *MATLAB* dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan pada rumus *Gaussian* terpenuhi. Berikut adalah data yang dibutuhkan simulasi model hari Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan interval waktu siang hari:

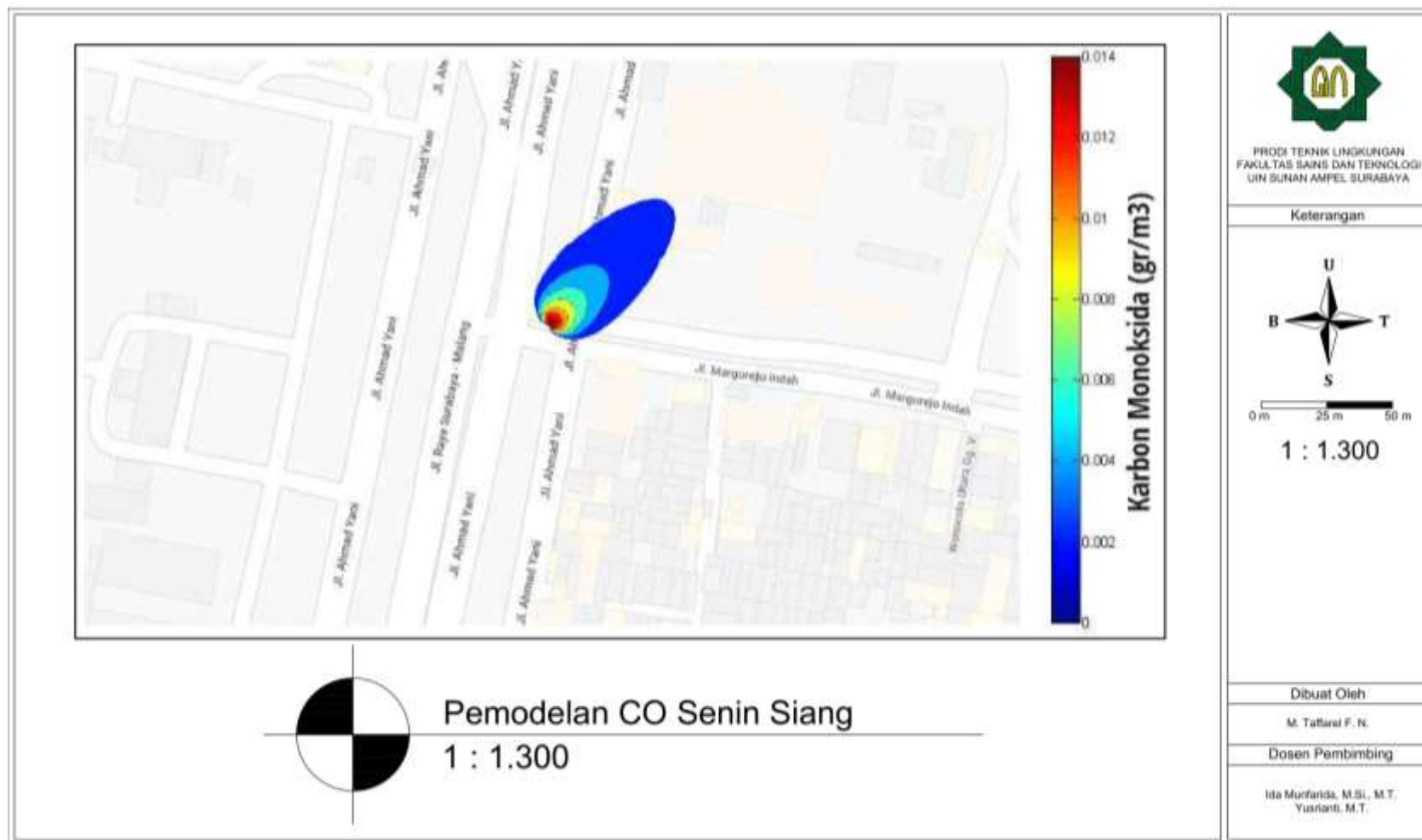
Tabel 4.31 Data Simulasi Model Senin Siang

Hari Senin Siang	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	3,2 m/s
Q	24,12 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
Z	0

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:

**Gambar 4.22** Hasil Simulasi *Gaussian* Senin Siang



Gambar 4.23 Hasil Plot *Gaussian* Senin Siang

Gambar 4.22 dan 4.23 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Timur Laut karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Timur Laut. Pada jarak 3,03 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01576 gr/m³. Pada jarak 7,07 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01232 gr/m³. Pada jarak 9,09 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01059 gr/m³. Pada jarak 13,13 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00817 gr/m³. Pada jarak 19,19 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00603 gr/m³. Pada jarak 30,30 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00406 gr/m³. Pada jarak 64,64 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00202 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 3,2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 24,12 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Senin siang akan hilang pada jarak 65 m dari sumber polutan.

I. 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 simulasi model hari Senin tanggal 23 Mei 2022 dengan interval waktu sore hari:

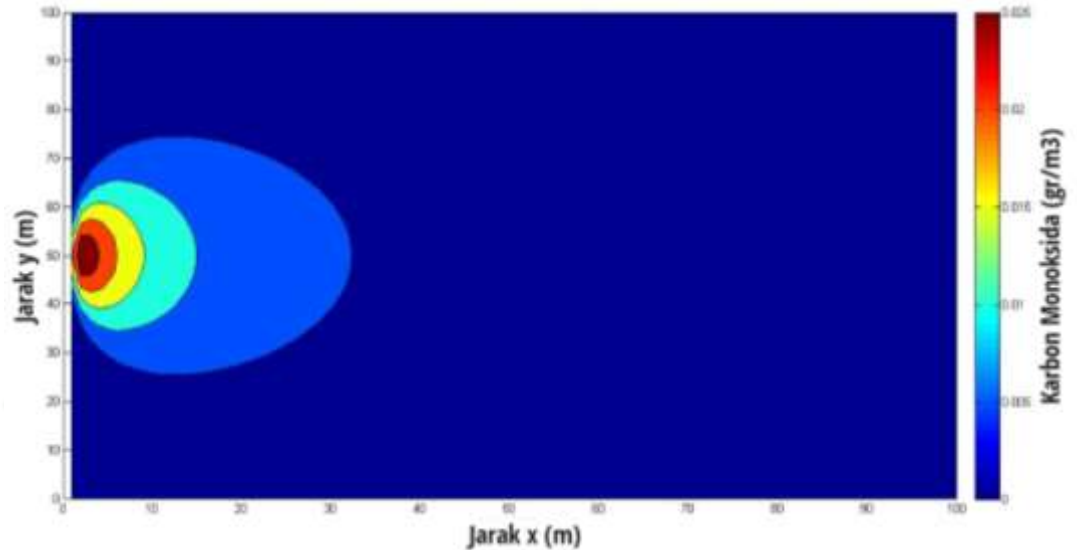
Tabel 4.32 Data Simulasi Model Senin Sore

Hari Senin Sore	
Stabilitas Atmosfer	B
σ_y	31,3786 m
σ_z	25,1714 m
π	3,14
V	2,2 m/s

Hari Senin Sore	
Q	30,56 gr/s
Jarak x dan y	100 m
H	0,5 m
Z	0

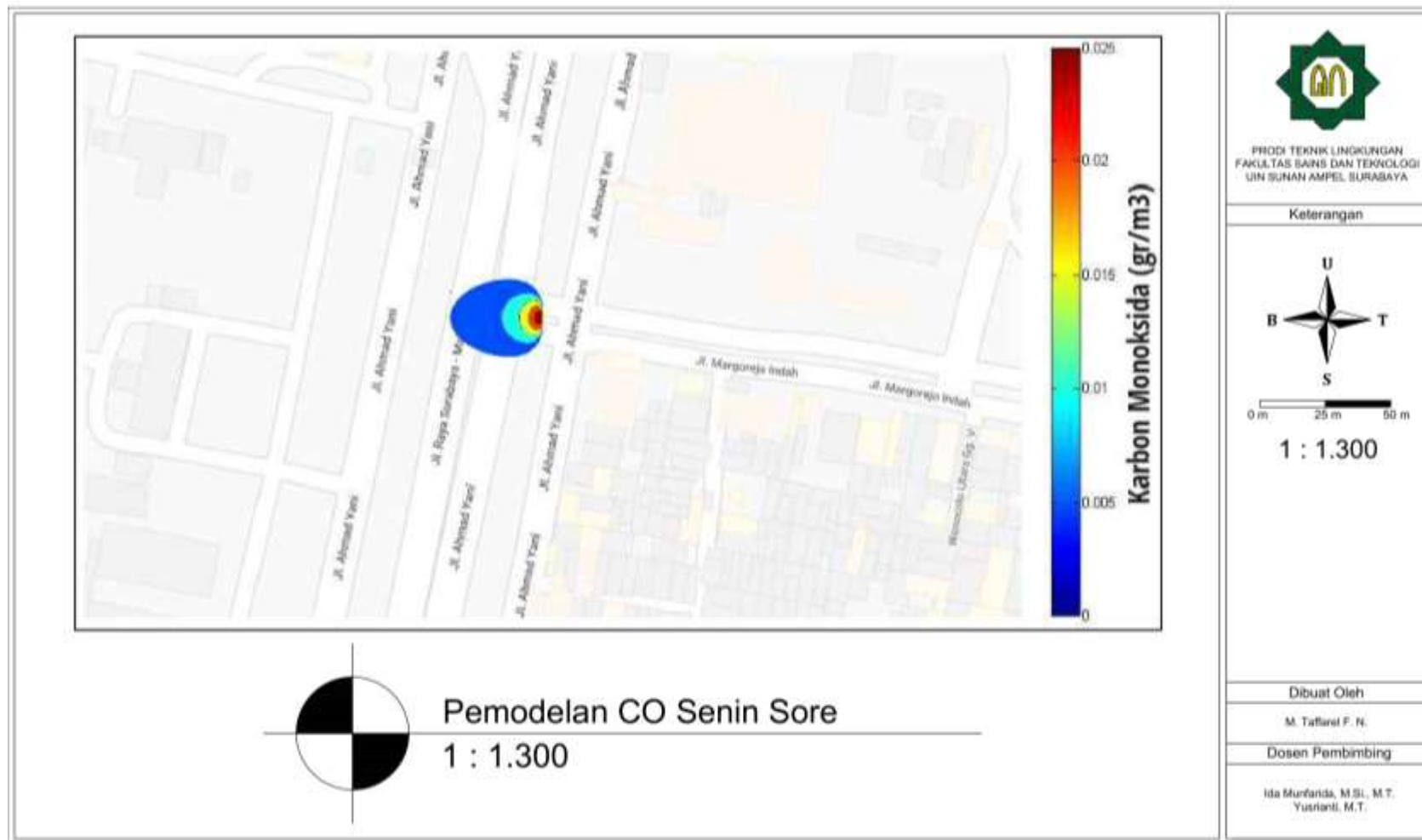
Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil simulasi model *Gaussian* dapat dilihat pada gambar:



Gambar 4.24 Hasil Simulasi *Gaussian* Senin Sore

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.25 Hasil Plot *Gaussian* Senin Sore

Gambar 4.24 dan 4.25 menggambarkan pola sebaran karbon monoksida dalam bentuk 2 dimensi, pola sebaran mengarah ke Barat karena arah angin pada saat pengukuran kecepatan angin mengarah ke Barat. Pada jarak 2,02 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,02899 gr/m³. Pada jarak 5,05 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,02222 gr/m³. Pada jarak 9,09 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01497 gr/m³. Pada jarak 14,14 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,01049 gr/m³. Pada jarak 32,32 m dari sumber pencemar, konsentrasi karbon monoksida sebesar 0,00501 gr/m³. Dengan kategori stabilitas atmosfer B (sedang tidak stabil), kecepatan angin sebesar 2,2 m/s dan kekuatan emisi kendaraan (Q) sebesar 30,56 gr/s, pola sebaran karbon monoksida pada pemodelan *Gaussian* pada hari Senin sore akan hilang pada jarak 33 m dari sumber polutan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

4.7.2 Validasi Model

Proses validasi dilakukan untuk mengetahui data model yang dihasilkan sesuai dengan data lapangan. Validasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai validasi MAPE hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.33.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Validasi Model MAPE

Hari	Waktu	Data Lapangan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data Model ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MAPE (%)
Sabtu 21/05/2022	Pagi	14.331	16.280	13,60
	Siang	12.390	14.256	15,06
	Sore	16.287	18.857	15,78
Minggu 22/05/2022	Pagi	13.281	12.234	7,88
	Siang	11.802	13.524	14,59
	Sore	15.762	16.104	2,17
Senin 23/05/2022	Pagi	16.319	20.691	26,79
	Siang	15.905	15.759	0,92
	Sore	18.419	28.981	57,35
Rata-rata				15.17

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Hasil validasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang didapat dalam perhitungan yaitu sebesar 15,17%. 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. Hasil validasi data lapangan dan data model pada penelitian ini dapat dikatakan sesuai karena nilai MAPE tergolong dalam kategori baik.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pemodelan karbon monoksida menggunakan metode *Gaussian* pada Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi karbon monoksida pada 6 titik di hari Sabtu, konsentrasi CO terbesar terjadi pada interval waktu sore hari yaitu sebesar $16.287 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan terkecil terjadi pada interval waktu siang hari yaitu sebesar $12.390 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada hari Minggu, konsentrasi CO terbesar terjadi pada interval waktu sore hari yaitu sebesar $15.762 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan terkecil terjadi pada interval waktu siang hari yaitu sebesar $11.802 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada hari Senin, konsentrasi CO terbesar terjadi pada interval waktu sore hari yaitu sebesar $18.419 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan terkecil terjadi pada interval waktu siang hari yaitu sebesar $15.905 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. Hasil simulasi CO dan jarak dispersi hari Sabtu pagi, siang, sore berturut-turut sebesar $16.280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (54 m), $14.256 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (64 m), $18.857 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (76 m). Simulasi CO dan jarak dispersi hari Minggu pagi, siang, sore berturut-turut sebesar $12.234 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (34 m), $13.524 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (53 m), $16.104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (54 m). Simulasi CO dan jarak dispersi hari Senin pagi, siang, sore berturut-turut sebesar $20.691 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (62 m), $15.759 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (65 m), $28.981 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (33 m).
3. Hasil perhitungan uji validitas *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada bentuk model *Gaussian* di Persimpangan Margorejo Ahmad Yani Surabaya yaitu sebesar 15,17%. Hal ini menunjukkan bahwa model *Gaussian* pada penelitian ini tergolong dalam kategori baik.

5.2 Saran

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

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait perbedaan faktor meteorologi pada saat musim hujan.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan model solusi numerik lainnya untuk mengetahui model yang lebih efektif untuk digunakan pada dispersi karbon monoksida sumber kendaraan bermotor.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut terkait cakupan lokasi penelitian yang lebih luas.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aslim, M. A. F. I. (2019). Pemodelan Sebaran Polutan Udara Akibat Aktivitas Pltd Tello Kota Makassar Menggunakan Model Dispersi Gauss. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 15(1).
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Damara, D. Y., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). Analisis dampak kualitas udara karbon monoksida (CO) di sekitar Jl. Pemuda akibat kegiatan car free day menggunakan program caline4 dan surfer (studi kasus: Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–14.
- Ginting, I. (2017). Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Faktor Meteorologi (Suhu, Kecepatan Angin dan Kelembaban) Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Udara Ambien Roadside (Studi Kasus Pintu Tol Amplas dan Pintu Tol Tawang Morawa). *Fakultas Teknik., Universitas Sumatera Utara., Medan.*
- Giri, J. A., Karthikeyan, S., & Raj, M. G. (2020). Effect of ambient concentration of carbon monoxide (CO) on the in-vehicle concentration of carbon monoxide in Chennai, India. *Environ. Eng. Res*, 26, 200165.
- Greenstone, M., & Fan, Q. (2019). Kualitas Udara Indonesia yang Memburuk dan Dampaknya terhadap Harapan Hidup. *The University of Chicago.*
- Gusnita, D. (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13(3).
- Hasibuan, F., Warsito, W., & Suciyati, S. W. (2015). Simulasi model dispersi polutan gas dan partikulat molekul pada pabrik semen dengan menggunakan *software MATLAB 7.12*. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 3(2).

- Istirokhatun, T., & Sudarno, S. (2014). *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar No₂ (Nitrogen Dioksida) Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang.*
- Kamal, N. M. (2015). Studi tingkat kualitas udara pada kawasan mall Panakukang di makassar. *Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unhas.(Online) Http://Repository, Unhas. Ac. Id/Handle/123456789/14300.(Diakses Pada Tanggal 18 September 2018, Pukul 20.52).*
- Kiswandono, A. A. (2017). Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida (NO₂) Di Tiga Lokasi Kota Bandar Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 2(1), 42–51.
- Kurniawati, I. D. (2017). *Indikator Pencemaran Udara Berdasarkan Jumlah Kendaraan dan Kondisi Iklim (Studi di Wilayah Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron Semarang).*
- Maharani, J. (2019). *Perbandingan Tingkat Pencemaran Karbon Monoksida (CO) Di Ruas Jalan Ring Road Utara Gejayan Yogyakarta Menggunakan Pemodelan Dispersi Gauss Dan Pengukuran Langsung.*
- Masoudi, M., Rajaipoor, N., & Ordibeheshti, F. (2017). Status and prediction of CO as an air pollutant in Shiraz, Iran. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(5), 3697–3704.
- Mirzaei, N., Arfaeinia, H., Moradi, M., Mohammadi Moghadam, F., Velayati, A., & Sharafi, K. (2015). The statistical analysis of seasonal and time variations on trend of important air pollutants (SO₂, O₃, NO_x, CO, PM₁₀)-in western Iran: A case study. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 7(3), 9610–9622.
- Mustikarani, W. & Suherdiyanto. (2016). *Analisis Faktor-Faktor Penyebab kemacetan Lalu Lintas di Sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Gui Jawi) Kota Pontianak. 14.*

- Permatasari, A. A. I., Sancayaningsih, R. P., & Saputra, A. (2014). *Analisis Sebaran Pencemaran Udara Menggunakan Model Dispersi Gauss Dan Pemetaan ArcGIS 10. 11(1)*, 612–616.
- Prabowo, K., & Muslim, B. (2018). Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Penyehatan Udara. *Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Badan Pengembangan Dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Proborini, D. E. (2019). *Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor Dan Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida Di Pintu Masuk Terminal Arjosari*.
- Rahmadhani, A. (2017). *Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara Sumber Majemuk Industri Semen Di Kabupaten Tuban Jawa Timur*.
- Sager, L. (2019). Estimating the effect of air pollution on road safety using atmospheric temperature inversions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 98, 102250.
- Sasmita, A., Khaira, I., Elystia, S., & Reza, M. (2021). Dispersi Karbon Monoksida (CO) dari Emisi Transportasi Menggunakan Model *Gaussian Line Source* di Jalan Jendral Sudirman Pekanbaru. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, 6(2), 145–159.
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. E. (2011). Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi polusi udara skala mikro. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2).
- Sinaga, S., Sudarno, S., & Handayani, D. S. (2013). *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Di Jalan Pandanaran Kawasan Simpang Lima, Kota Semarang*.
- Standar Nasional Indonesia 19-7119.9-2005 Bagian 9 Tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara *Roadside*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

- Verma, S. S., & Desai, B. (2008). Effect of meteorological conditions on air pollution of Surat city. *J. Int. Environmental Application & Science*, 3(5), 358–367.
- Wardhani, A. K., Israwan, L. F., Hardiansya, A., Setiawan, J., Wahyuddin, S., Khikmah, L., Ilham, A., & Nurmuslimah, S. (2022). *Teknik Peramalan Pada Teknologi Informasi*. PT Global Eksekutif Teknologi.
- Winata, B. P. (2020). *Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Jalan Malioboro Yogyakarta*.
- Yang, Q., Shen, H., & Liang, Z. (2020). Analysis of particulate matter and carbon monoxide emission rates from vehicles in a Shanghai tunnel. *Sustainable Cities and Society*, 56, 102104.
- Yuliando, D. T. (2017). *Strategi Pengendalian Pencemaran Gas Karbon Monoksida (Co) Oleh Aktivitas Transportasi Di Kota Padang, Sumatera Barat*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A