

TA/TL/2025/1999



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Dispersi Ozon (O₃) Udara Ambien di Kawasan Budaya, Kota Yogyakarta Menggunakan AERMOD

Muhammad Galung Al Samoud
21513116

Dosen Pembimbing:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of Ambient Air Ozone (O₃) Dispersion in Cultural Areas, Yogyakarta City Using AERMOD

Muhammad Galung Al Samoud
21513116

Supervisor:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**Analisis Dispersi Ozon (O₃) Udara Ambien di Kawasan Budaya, Kota
Yogyakarta Menggunakan Pemodelan AERMOD**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

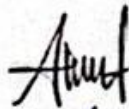
**Muhammad Galung Al Samoud
21513116**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 11 Juli 2025 dan disetujui oleh:



Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

(Pembimbing 1)



Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

(Pembimbing 2)



Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

(Penguji 1)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



Any Juliani, S.T., M.Sc (Res Eng.), Ph.D.

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 11 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Galung Al Samoud
21513116

PRA KATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Dispersi Ozon (O₃) Udara Ambien di Kawasan Budaya, Kota Yogyakarta Menggunakan Pemodelan AERMOD” dengan baik.

1. Pada kesempatan kali ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu, mendukung, serta mendoakan saya dalam penyusunan tugas Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ramang Daulat dan Ibu Tismiyatun selaku orang tua penulis yang tidak lelah senantiasa memberikan segalanya baik segi material dan non-material, serta semua doa-doa yang telah ditinggikan ke langit.
3. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M T dan Ibu Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan waktunya untuk membimbing, memberi arahan dan masukan untuk penulis.
4. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang turut memberikan masukan dan arahan untuk menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik.
5. Untuk seseorang yang cukup memiliki peran dari pra laporan hingga selesasi masa penyusunan ini, Fathyah Salsabila Az Zalfa atas dukungan dan semangat yang diberikan.
6. Seluruh dosen, staf, dan keluarga besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia atas bantuan, pengajaran, dan pengalaman yang telah diberikan.
7. Seluruh staf Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan.

8. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan berbesar hati, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik maupun saran yang membangun demi kemajuan penulis dan kelayakan laporan tugas akhir ini. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan, kekhilafan, dan keterbatasan yang ada dalam penelitian ini. Semoga laporan tugas akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Warrahmatulahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 11 Juli 2025

Muhammad Galung Al Samoud

Analisis Dispersi Ozon (O₃) Udara Ambien di Kawasan Budaya, Kota Yogyakarta Menggunakan Pemodelan AERMOD

Mahasiswa : Muhammad Galung Al Samoud
NIM : 21513116
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.
Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

Abstrak

Pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Yogyakarta menunjukkan tren yang signifikan dan diiringi dengan peningkatan aktivitas kendaraan bermotor, terutama di kawasan budaya. Kondisi ini berdampak pada penurunan kualitas udara, salah satunya ditunjukkan oleh meningkatnya konsentrasi ozon (O₃). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai beban emisi perkusor ozon (O₃), mengukur secara aktual polutan ozon (O₃) menggunakan instrumen impinger, dan memodelkan pola dispersi ozon (O₃) menggunakan perangkat lunak AERMOD. Inventarisasi emisi dilakukan pada 10 ruas jalan yang menjadi lokasi penelitian dengan menggunakan data volume kendaraan dan karakteristik jalan. Hasil perhitungan dari beban emisi perkusor yaitu NO_x dan CO menunjukkan bahwa beban emisi ozon (O₃) tertinggi terdapat pada Jalan Brigjen Katamso, yaitu sebesar 21,639 gram/detik. Konsentrasi ozon (O₃) aktual yang diukur menunjukkan nilai 18,73 µg/m³ dan 22,63 µg/m³ pada dua titik pengamatan di Jalan Bantul dan Jalan DI Panjaitan, sedangkan hasil pemodelan menunjukkan konsentrasi sebesar 27,18 µg/m³ dan 53,01 µg/m³ pada kedua titik yg mendekati titik aktual pengujian. Pola dispersi ozon (O₃) sejalan dengan arah angin dominan menuju tenggara dengan kecepatan rata-rata 1,91 m/s. Hasil validasi model menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 24,45 µg/m³, yang merepresentasikan adanya deviasi yang masih cukup tinggi antara hasil pengukuran dan pemodelan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan jumlah titik pengambilan sampel yang lebih banyak serta pengaturan waktu pengambilan data yang lebih tepat untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan representatif.

Kata kunci: Ozon, emisi kendaraan, AERMOD, dispersi model.

Analysis of Ambient Air Ozone (O₃) Dispersion in Cultural Areas, Yogyakarta City Using AERMOD

Student : Muhammad Galung Al Samoud
Student Number : 21513116
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.
Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

Abstract

Population growth in Yogyakarta City shows a significant trend and is accompanied by an increase in motorized vehicle activity, especially in cultural areas. This condition has an impact on decreasing air quality, one of which is indicated by the increasing concentration of ozone (O₃). This study aims to calculate the value of the precursor emission load of ozone (O₃), actually measure ozone pollutants (O₃) using an impinger instrument, and model the dispersion pattern of ozone (O₃) using AERMOD software. Emission inventory was conducted on 10 road sections that became the research location using vehicle volume data and road characteristics. The results of the calculation of the precursor emission load, namely NO_x and CO, show that the highest ozone (O₃) emission load is on Jalan Brigjen Katamso, which is 21.639 grams/second. The actual measured ozone (O₃) concentration showed values of 18.73 µg/m³ and 22.63 µg/m³ at two observation points on Jalan Bantul and Jalan DI Panjaitan, while the modeling results showed concentrations of 27.18 µg/m³ and 53.01 µg/m³ at the two points close to the actual test point. The ozone (O₃) dispersion pattern was in line with the dominant wind direction towards the southeast with an average speed of 1.91 m/s. The model validation results showed a Root Mean Square Error (RMSE) value of 24.45 µg/m³, which represents a still quite high deviation between the measurement and modeling results. Therefore, further research is needed with a larger number of sampling points and more precise data collection timing to obtain more accurate and representative results.

Keywords: Ozone, vehicle emissions, AERMOD, dispersion model.

DAFTAR ISI

PRA KATA	i
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Udara	6
2.1.1 Jenis Pencemaran Udara	7
2.1.2 Sumber Pencemaran Udara	9
2.2 Emisi Kendaraan Bermotor	9
2.2.1 Emisi.....	9
2.2.2 Jenis Kendaraan Bermotor.....	10
2.2.3 Klasifikasi Jalan.....	11
2.2.4 Inventarisasi Emisi Kendaraan Bermotor.....	13
2.3 Pencemaran Gas O ₃	16

2.3.1 Karakteristik Gas O ₃	16
2.3.2 Sumber Pencemar O ₃	17
2.3.3 Dampak Terhadap Kesehatan.....	18
2.4 Dispersi Model Gauss.....	18
2.5 <i>Transport</i> dan Transformasi Polutan (<i>mixing height</i> , stabilitas atmosfer)	20
2.6 AERMOD.....	21
2.6.1 AERMET.....	23
2.6.2 AERMAP.....	23
2.6.3 AERMOD.....	24
2.7 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Waktu dan Lokasi.....	32
3.1.1 Lokasi	32
3.1.2 Waktu.....	34
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.3 Pengumpulan Data.....	36
3.3.1 Jenis Data.....	36
3.3.2 Pengambilan Sampel	37
3.3.3 Pengujian Laboratorium	38
3.4 Analisis Data.....	40
3.4.1 Perhitungan Konsentrasi Polutan.....	40
3.4.2 Perhitungan Beban Emisi	41
3.4.3 Pemodelan AERMOD	41
3.4.4 Validasi Model	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Kondisi Eksisiting Penelitian.....	43
4.2 Volume Kendaraan	44
4.3 Nilai Beban Perkusor Ozon (O ₃)	46
4.3.1 Beban Emisi Karbon Monoksida (CO)	46
4.3.2 Beban Emisi Nitrogen Oksida (NO _x)	47
4.3.3 Beban Emisi Ozon (O ₃)	49
4.4 Konsentrasi Polutan Ozon (O ₃) Menggunakan Impinger.....	51
4.4.1 Data Meteorologi.....	51
4.4.2 Konsentrasi Ozon (O ₃) Jalan Bantul.....	52
4.4.3 Konsentrasi Ozon (O ₃) Jalan DI Panjaitan	55
4.5 Hasil <i>Windrose</i>	57
4.6 Hasil Pemodelan AERMOD.....	59
4.6.1 Data Kontur (Elevasi Permukaan Tanah) Area Penelitian	59
4.6.2 Sebaran Konsentrasi Ozon (O ₃).....	60
4.7 Validasi Model	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	74
RIWAYAT HIDUP.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku mutu ozon (O ₃)	18
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu.....	26
Tabel 3.1 Nama jalan dan titik <i>cctv</i>	33
Tabel 3.2 Titik lokasi sampling.....	33
Tabel 3.3 Pengumpulan data primer dan sekunder	37
Tabel 4.1 Kondisi eksisting area penelitian	43
Tabel 4.2 Faktor emisi CO	47
Tabel 4.3 Nilai beban emisi CO.....	47
Tabel 4.4 Faktor emisi NO _x	48
Tabel 4.5 Nilai beban emisi NO _x	48
Tabel 4.6 Data meteorologi pendukung	51
Tabel 4.7 Konsentrasi ozon (O ₃) pada 2 titik penelitian	60
Tabel 4.8 Perhitungan akurasi pemodelan <i>AERMOD</i> dengan metode RMSE.....	65
Tabel 4.9 Perhitungan akurasi model metode MAE dan MBE.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Faktor - faktor pengaruh emisi kendaraan bermotor.....	14
Gambar 2.2 Dispersi gauss.....	19
Gambar 3.1 Peta daerah penelitian.....	34
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 4.1 Jumlah kendaraan pada tiap jalan.....	44
Gambar 4.2 Total jumlah tiap jenis kendaraan	45
Gambar 4.3 Grafik nilai beban emisi kendaraan parameter ozon (O_3).....	50
Gambar 4.4 Grafik hasil konsentrasi O_3	53
Gambar 4.5 Grafik hasil konsentrasi O_3	56
Gambar 4.6 Windrose (<i>blowing from</i>)	58
Gambar 4.7 Grafik <i>wind class frequency distribution</i>	58
Gambar 4.8 Kontur area sekitar tempat penelitian (<i>terrain contour</i>)	59
Gambar 4.9 Hasil sebaran ozon (O_3) periode waktu 1 jam.....	60
Gambar 4.10 (a) Reseptor RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta (b) Alun-alun kidul (c) Masjid Jogokariyan	63
Gambar 4.11 Perbandingan titik aktual (putih) dan titik hasil pemodelan (biru) .	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Lapangan.....	74
Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Perkursor Ozon (O ₃).....	76
Lampiran 3 Tampilan Lalu Lintas Penelitian (CCTV ATCS)	79
Lampiran 4 Perhitungan Inventarisasi Emisi	80
Lampiran 5 Tabel Konsentrasi <i>Plot File Grid View</i>	82
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian.....	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur Lingkungan Hidup lainnya. Udara di bumi merupakan zat penting bagi kehidupan makhluk hidup terutama manusia yang menjadikan udara steril suatu kebutuhan besar (Ismahani et al., 2022). Ketersediaan udara yang bersih adalah salah satu kebutuhan fundamental bagi manusia agar dapat menjalani kehidupan.

Pertumbuhan penduduk yang begitu signifikan di Yogyakarta serta banyak masyarakat dari berbagai kalangan yang datang ke Yogyakarta menimbulkan permasalahan lingkungan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), laju pertumbuhan penduduk Kota Jogja pada tahun 2021 meningkat signifikan sebesar 0,98 persen dari 0,93 persen pada tahun sebelumnya. Seiring dengan pertumbuhan dan pembangunan infrastruktur dalam sektor industri maupun transportasi yang semakin meningkat, menyebabkan perubahan pencemar ke atmosfer berupa gas atau partikulat (Indra et al., 2024). Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan kota, terjadi peningkatan kegiatan di berbagai sektor kegiatan yang dapat meningkatkan emisi. Hal ini dapat berdampak pada masalah lingkungan seperti polusi udara, pemanasan global, dan perubahan iklim.

Udara dapat dikatakan tercemar apabila terdapat perubahan pada proporsi mulanya, perubahan dapat terjadi disebabkan zat pencemar yang terlepas ke udara oleh aktivitas alam atau manusia seperti gas buang cerobong asap dan kendaraan bermesin (Silo et al., 2019). Salah satu kadar konsentrasi di udara adalah nitrogen dioksida (NO_2) dan Ozon (O_3), kedua polutan tersebut merupakan polutan utama yang memiliki dampak secara nyata dan berkaitan terhadap kesehatan manusia (Platikanov et al., 2022). Menurut WHO, polusi udara perkotaan menyebabkan sekitar 200.000 kematian setiap tahunnya, dan sekitar 93% dari kematian tersebut

terjadi di negara-negara berkembang. Pencemaran udara memiliki efek buruk terhadap kesehatan fisik dan psikis dan kerugian sosial yang telah diyakini oleh banyak manusia (Weilong Wang, n.d.).

Dalam aktivitasnya di luar ruangan polutan O_3 tentunya menjadi aspek utama terkait dampaknya bagi lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan republik Indonesia, Gas NO_x yang biasanya berupa NO dan NO_2 merupakan gas yang berasal dari proses pembakaran pada suhu tinggi kurang lebih 800 derajat celsius di udara sehingga terjadi reaksi antara O_2 dan NO_2 . O_3 di troposfer berasal dari perpindahan dari stratosfer serta pembentukannya dari berbagai reaksi fotokimia antara karbon monoksida (CO), VOC, dan nitrogen oksida (NO_x) serta faktor meteorologi seperti suhu yang tinggi, radiasi matahari, dan curah hujan menjadi faktor pendukung lainnya (Otero et al., 2016) dalam (Platikanov et al., 2022).

Pencemaran udara yang dihasilkan salah satunya berasal dari emisi kendaraan bermotor yang melintas di kawasan wisata kebudayaan di Yogyakarta, yaitu pada daerah Alun-alun Kidul Yogyakarta dan sekitarnya. Kurangnya pemantauan udara serta stasiun pemantauan kualitas udara di Kota Yogyakarta menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Terbatasnya data yang tersedia menyebabkan penelitian mengenai sistem pendukung keputusan untuk menangani tingkat pencemaran udara di Yogyakarta masih menjadi sangat terbatas (Dwiki Likuisa, 2019). Pemantauan kualitas udara di Yogyakarta terutama di sekitar kawasan budaya Kota Yogyakarta terutama Jalan Bantul dan Jalan DI Panjaitan yang belum optimal maka dibutuhkan penelitian lanjutan dalam mengetahui tingkat pencemaran udara di kawasan tersebut.

Analisis dan pemodelan polutan udara menjadi hal penting untuk mengetahui dari dampak aktivitas manusia yang berkelanjutan bagi lingkungan serta masyarakat (Platikanov et al., 2022). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan *Software Air Dispersion Modelling* atau pemodelan AERMOD. AERMOD memungkinkan penggunaan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan di suatu area, baik di perkotaan maupun pedesaan. Sistem pemodelan AERMOD yang dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency*

merupakan model semburan udara canggih yang menggabungkan penyebaran udara berdasarkan struktur turbulen *planetary boundary* dan profil elevasi permukaan tanah (Nugroho & Sofyan, 2010).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis persebaran polutan ozon (O_3) yang disebabkan berbagai aktivitas di sekitar kawasan budaya di Kota Yogyakarta terkhusus aktivitas transportasi. Selain itu penelitian ini juga untuk mengetahui dan memperoleh hasil berupa peta pemodelan. Sehingga pemodelan AERMOD dapat memetakan persebaran polutan O_3 secara realistis dan dapat memberikan suatu gambaran yang jelas mengenai persebaran polutan O_3 terhadap lingkungan sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Berapa nilai beban emisi O_3 yang dihasilkan dari kegiatan sektor transportasi yang beroperasi di kawasan budaya di Kota Yogyakarta?
- 2) Bagaimana nilai konsentrasi polutan O_3 hasil pengukuran dengan instrumen impinger?
- 3) Bagaimana pola persebaran polutan O_3 di kawasan budaya di Kota Yogyakarta menggunakan model dispersi AERMOD?
- 4) Bagaimana hasil perbandingan model dispersi AERMOD terhadap data pengukuran?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini antarlain:

- 1) Menghitung nilai beban emisi kendaraan yang beroperasi di kawasan budaya di Kota Yogyakarta untuk mendapatkan gambaran tentang kontribusi sektor transportasi.
- 2) Melakukan pengukuran konsentrasi polutan O_3 dengan menggunakan Impinger.
- 3) Menerapkan model dispersi AERMOD untuk menganalisis persebaran polutan O_3 untuk mengetahui dampak pencemaran terhadap lingkungan sekitar.

- 4) Memvalidasi hasil model dispersi dengan membandingkan terhadap data pengukuran yang diperoleh untuk memastikan keakuratan model yang digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang akan dilakukan antara lain:

1. Memberikan informasi tentang besar konsentrasi dan tingkat persebaran polutan O₃ di kawasan budaya di Kota Yogyakarta.
2. Sebagai bahan evaluasi dan pembelajaran bagi masyarakat sekitar serta pemerintah mengenai pencemaran udara jika kadar konsentrasi berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah.
3. Dapat menjadi referensi dan rekomendasi bagi peneliti berikutnya terkait pencemaran udara dengan pemodelan udara ambien parameter ozon (O₃) di kawasan budaya di Kota Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup

Kajian utama yang menjadi bahasan dalam penelitian ini adalah analisis polutan terhadap kondisi polutan di kawasan jalan. Oleh karena itu penelitian ini dibatasi dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan budaya Kota Yogyakarta dengan jalan yang digunakan Jalan Bantul dan Jalan DI Panjaitan sebagai jalan primer. Jalan KH Ahmad Dahlan, Jalan Panembahan Senopati, Jalan Brigjen Katamso, Jalan MT Haryono, Jalan Mayjend Sutoyo, Jalan Parangtritis, Jalan KH Wahid Hasyim, dan Jalan Suryowijayan sebagai jalan sekunder
2. Jalan primer yang dimaksud adalah jalan yang menjadi titik pengambilan data secara primer atau pengambilan langsung sampel polutan dan rekam kendaraan. Jalan sekunder adalah jalan yang tidak menjadi titik pengambilan sampel polutan dan hanya rekam kendaraan.
3. Pengukuran dan analisis pada penelitian ini dilakukan untuk parameter O₃.
4. Alat yang digunakan untuk menganalisis polutan O₃ berupa Impinger Gas Sampler, Spektrofotometer, dan Thermohygrometer.

5. Lokasi Pengambilan sampel dilakukan di dua titik, yaitu di Jalan Bantul dan Jalan DI Panjaitan yang dinyatakan sebagai jalan primer.
6. Pengambilan sampel dilakukan dalam tiga waktu yang berbeda untuk setiap titiknya, yaitu pagi, siang, dan sore selama 1 jam tiap interval waktu.
7. Volume kendaraan dihitung secara manual untuk jalan primer dan dihitung secara sekunder lewat *cctv* untuk jalan sekunder.
8. Perhitungan inventarisasi emisi pembentuk polutan ozon (O_3) diasumsikan berasal dari polutan CO sebesar 20 %, NO_x sebesar 70 %, dan menjustifikasikan bahwa perkusor lain pembentuk ozon (O_3) tidak dianalisis dalam penelitian ini.
9. Baku mutu O_3 yang digunakan adalah pada Lampiran VII Peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Udara merupakan campuran beberapa gas, termasuk nitrogen, oksigen, dan karbon dioksida serta sebagian kecil dari gas lainnya termasuk helium, metana, dan hidrogen (Silo et al., 2019). Udara juga merupakan kumpulan gas yang berbeda dengan berbagai penyusun gas lainnya, namun gas penyusun paling banyak adalah gas nitrogen (N). Gas dan zat campuran tersebut secara alami masuk ke udara melalui proses gas yang dihasilkan oleh pembusukan, debu yang dihasilkan oleh erosi, dan serbuk sari yang terbawa oleh angin. Komposisi udara terdiri dari berbagai gas dengan proporsi yang berbeda-beda, tergantung pada suhu, tekanan, dan kondisi lingkungan setempat.

Udara yang tetap murni dan tidak terkontaminasi oleh polutan terdiri dari beragam gas dengan konsentrasi yang berbeda-beda (El-Fadel, 2004). Nitrogen dalam bentuk N_2 menyumbang sekitar 78%, sementara oksigen dalam bentuk O_2 mencapai 21%, dan argon (Ar) hanya sebesar 1% dari total gas yang ada. Gas-gas Karbondioksida (CO_2), helium (He), neon (Ne), xenon (Xe), dan kripton (Kr) masing-masing menyusun hanya 0,01% dari keseluruhan gas. Ada beberapa jenis gas yang ditemukan dalam konsentrasi yang sangat rendah di udara yang bersih. Gas-gas tersebut meliputi metana (CH_4) dan karbon monoksida (CO), amonia (NH_3), dinitrogen oksida (N_2O), dan hidrogen sulfid (H_2S). Gas-gas ini memiliki potensi untuk menjadi polutan, karena peningkatan konsentrasi gas-gas tersebut di atmosfer dapat mengakibatkan pencemaran udara. Didalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya suatu zat atau senyawa ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga bisa melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan dan menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,

pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan. Selain itu, menurut Mukono (2006), yang dimaksud pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia serta dapat memberikan dampak buruk pada manusia, binatang, vegetasi dan material karena ulah manusia. Sumber pencemaran disebabkan oleh dua sebab, yaitu aktivitas alam dan aktivitas manusia. Sebagai hasilnya, ditetapkan pedoman atau batasan untuk material, substrat, atau komponen yang diizinkan ada di udara sekitar, yang biasanya disebut sebagai standar kualitas udara ambien atau baku mutu.

2.1.1 Jenis Pencemaran Udara

Menurut Soedomo (2001), ada beberapa jenis pencemaran udara tergantung dari pengelompokannya, yaitu:

1. Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar berupa:
 - a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
 - b. Gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S, Hidrokarbon)
 - c. Energi (suhu dan kebisingan)
2. Berdasarkan kejadian terbentuknya pencemar, yaitu:
 - a. Pencemar primer ialah pencemar yang diemisikan langsung oleh sumber.
 - b. Pencemar sekunder ialah pencemar yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat.
3. Berdasarkan pola penyebaran emisi pencemar, yaitu:
 - a. Sumber titik (*point source*) ialah sumber yang diam, seperti cerobong asap.
 - b. Sumber garis (*line source*) ialah sumber yang bergerak berasal dari kendaraan bermotor.
 - c. Sumber area (*area source*) ialah sumber berasal dari pembakaran terbuka di daerah permukiman, pedestrian dan lain-lain.

Menurut KLH (2009), menjelaskan bahwa pencemar udara umumnya dibagi menjadi dua kategori berdasarkan asal pembentuknya dan kelanjutan perkembangannya di udara, yaitu:

1. Pencemar primer

Pencemar primer adalah semua pencemar yang berada di udara dalam bentuk hampir tidak berubah. Pencemar primer pada umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktifitas manusia. Sebagai contoh industri maupun emisi kendaraan bermotor seperti CO, SO₂, NO_x, H₂S, dan NH₃ bertindak sebagai *precursor* untuk terbentuknya zat pencemar sekunder.

2. Pencemar sekunder

Pencemar sekunder adalah semua pencemar di udara yang sudah berubah karena hasil reaksi tertentu antara dua atau lebih kontaminan/cemaran primer dengan kontaminan/cemaran lain yang ada dalam udara.

Dalam KLH (2009), menjelaskan bahwasannya zat-zat yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran udara dalam bentuk gas dan partikel. Dalam kategori gas, yang termasuk adalah:

1. Senyawa karbon (hidrokarbon/HC, CO, dan CO₂)
2. Senyawa sulfur (SO_x), senyawa nitrogen (NO_x)
3. Senyawa halogen

Dalam kategori partikel, yang termasuk adalah:

1. *Aerosol* yaitu istilah umum yang menyatakan adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara
2. *Fog* (kabut) adalah *aerosol* yang berupa butiran-butiran air yang berada di udara
3. *Smoke* (asap) adalah *aerosol* yang berupa campuran antara butir padatan dan cairan yang terhambur melayang di udara
4. *Dust* (debu) adalah *aerosol* yang berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara karena adanya hembusan angin
5. *Mist*, mirip kabut tetapi berupa butiran-butiran cairan (bukan air) yang terhambur dan melayang di udara.

6. *Fume*, mirip dengan asap tetapi penyebabnya adalah *aerosol* yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam)
7. *Plume* adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri
8. *Haze* adalah setiap bentuk *aerosol* yang mengganggu pandangan di udara
9. *Smog* adalah bentuk campuran antara *smoke* dan *fog*
10. *Smaze*, hanya dipakai di Amerika untuk campuran antara *smoke* dan *haze*

2.1.2 Sumber Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menjelaskan bahwa sumber pencemaran udara adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan pencemar udara ke dalam udara ambien.

Menurut Siburian. S (2020), sumber pencemar primer dapat dibagi lagi menjadi dua golongan besar:

1. Sumber Alamiah

Aktivitas alam yang dapat menyebabkan pencemaran udara antara lain aktivitas gunung berapi, kebakaran hutan, dan aktivitas mikroorganisme dan lain-lain. Polutan yang dihasilkan biasanya berupa asap, gas, dan debu.

2. Sumber *Anthropogenik*

Kegiatan manusia yang menimbulkan bahan pencemar antara lain pembakaran sampah, pembakaran rumah tangga, industri, kendaraan bermotor dan kegiatan lainnya. Bahan pencemar yang dihasilkan antara lain asap, debu, grit (pasir halus) dan gas (CO dan NO).

2.2 Emisi Kendaraan Bermotor

2.2.1 Emisi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 adalah pencemar udara yang dihasilkan dari kegiatan manusia yang masuk dan/atau dimasukannya ke dalam udara, mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi pencemaran udara. Serta sumber emisi bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berada dari kendaraan dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan berbagai jenis senyawa

kimia dalam emisinya. Bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin yang menggunakan bensin maupun solar ternyata memiliki kandungan gas emisi yang hampir serupa dalam hal komposisinya. Kandungan komposisi senyawa kimia dipengaruhi oleh kondisi berkendara, tipe mesin, serta perangkat yang mengatur emisi bahan, Tingkat suhu saat beroperasi dan berbagai faktor lain semuanya berperan dalam memperumit pola emisi (Kusuma dkk., 2017 dalam Hanura, 2019).

2.2.2 Jenis Kendaraan Bermotor

Dalam Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Jenis kendaraan bermotor dikelompokkan dalam:

a. Sepeda motor

Sepeda motor dapat diartikan sebagai jenis kendaraan bermotor yang memiliki dua roda, baik yang dilengkapi dengan atau tanpa bodi, serta dengan atau tanpa ruang tambahan, atau ujungnya sebagai kendaraan bermotor yang memiliki tiga roda tanpa bodi. Roda yang sejajar dan pada kecepatan tinggi membuat sepeda motor tetap seimbang dan tidak terjatuh berkat pengaruh gaya giroskopik. Sementara itu, pada kecepatan rendah, pengendara terus-menerus mengatur posisi setang untuk menjaga stabilitas. Pada saat ini, sepeda motor yang sering dipakai merupakan sepeda motor dengan 4 tak (4-stroke) (PPRI Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan).

b. Mobil penumpang

Mobil penumpang adalah jenis kendaraan yang dirancang untuk mengangkut penumpang dan memiliki maksimum kapasitas biasanya delapan tempat duduk selain kursi pengemudi (EEA, 2020). Di Indonesia, bahan bakar yang biasa digunakan pada mobil penumpang adalah bensin dan solar.

c. Mobil bus

Kendaraan bus adalah jenis transportasi bermotor yang dirancang untuk mengangkut penumpang dan memiliki lebih dari delapan tempat duduk di luar kursi pengemudi, dengan berat maksimum yang melebihi 5 ton.

d. Mobil barang

Mobil barang umumnya berfungsi sebagai alat untuk mendistribusikan logistik, seperti produk industri, material mentah, atau barang komersial. Kendaraan pengangkut barang dapat mencakup berbagai jenis kendaraan, seperti truk, pikap, atau kendaraan lainnya yang telah dimodifikasi untuk membawa muatan.

e. Kendaraan khusus

Kendaraan bermotor selain untuk angkutan orang dan/atau barang yang mempunyai fungsi khusus dan desain khusus. Mobil khusus dirancang untuk keperluan tertentu yang spesifik, bukan untuk mengangkut penumpang atau barang secara umum.

2.2.3 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Peranan utama jalan adalah prasarana transportasi darat yang memegang peranan yang sangat penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi.

Menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 mengenai jalan, jalan dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Klasifikasi jalan menurut peran dan fungsi

a. Jalan arteri

Jalan arteri adalah jalan publik yang memiliki peran dalam mendukung transportasi utama dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata yang tinggi, dan jumlah akses yang terbatas secara efisien. Jalan arteri terbagi menjadi dua jenis, yaitu jalan arteri utama dan jalan arteri tambahan.

i. Jalan arteri primer

Merupakan jalan yang secara efisien menghubungkan antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Karakteristik jalan arteri primer ialah: didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam dan dengan lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter; mempunyai kapasitas lebih besar daripada volume lalu lintas rata rata; lalu lintas jalan arteri primer tidak boleh diganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas local dan kegiatan local, untuk itu persimpangan pada jalan ini perlu diatur; jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi; jalan arteri primer tidak terputus walaupun memasuki kota dan desa (SNI 03-6967-2003).

ii. Jalan arteri sekunder

Merupakan jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Karakteristiknya yaitu didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 km/jam dan dengan lebar badan jalan tidak kurang dari 8 meter; mempunyai kapasitas yang sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata; pada jalan arteri sekunder lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat; untuk itu persimpangan pada jalan ini perlu diatur.

b. Jalan kolektor

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan lokal

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

d. Jalan lingkungan

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2. Klasifikasi jalan menurut statusnya

a. Jalan nasional

Merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antaribukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

b. Jalan provinsi

Merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antaribukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

c. Jalan kabupaten

Merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

d. Jalan kota

Merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

e. Jalan desa

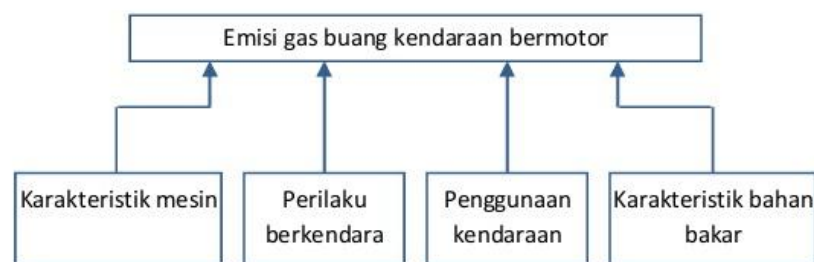
Merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antarpemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.2.4 Inventarisasi Emisi Kendaraan Bermotor

Berdasarkan acuan dari Kementerian Lingkungan Hidup, inventarisasi emisi (*emission inventory*) merupakan suatu pendataan secara komprehensif mengenai jumlah polutan udara dari sumber polusi udara di wilayah dan periode waktu tertentu. Sederhananya, inventarisasi emisi menentukan sumber pencemaran udara, apa dan berapa banyak yang berasal dari sumber pencemaran udara tersebut. Salah satu kegunaan penghitungan emisi adalah untuk menilai kualitas udara dengan

merujuk pada standar yang ada, yang memungkinkan pengembangan strategi untuk mengurangi emisi polutan yang akan dikurangi dan sumber-sumber pencemaran yang memberikan sumbangan terhadap polusi udara (Rahmasari et al., 2023).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup, faktor emisi merupakan suatu rasio yang mempunyai hubungan suatu zat pencemar dengan level aktivitas yang dapat diukur, contohnya jumlah bahan yang diproses atau kuantitas bahan bakar yang dimanfaatkan. Faktor emisi adalah koefisien yang mengaitkan aktivitas tertentu dengan sumber emisi yang dihasilkan. Faktor ini dapat menggambarkan emisi untuk setiap unit berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan (Kusuma dkk, 2010). Faktor emisi umumnya ditentukan berdasarkan data pengukuran yang diperoleh dari satu atau lebih fasilitas di dalam kategori industri tertentu. Oleh karena itu, faktor emisi ini mencerminkan nilai yang serupa untuk suatu industri, namun tidak selalu mencerminkan kondisi nyata yang terjadi pada suatu sumber spesifik. Faktor emisi ini dapat memungkinkan estimasi jumlah emisi dari berbagai kategori sumber atau sumber-sumber tertentu.



Gambar 2. 1 Faktor - faktor pengaruh emisi kendaraan bermotor

Sumber: Meyer dan Miller, 2001 dalam Buku Pedoman Penyusunan Emisi

Untuk ruas jalan arteri dengan simbol panjang L , memiliki karakteristik lalu lintas yang dianggap tetap, sehingga emisi sumber garis dihitung dengan persamaan berikut.

$$Ep = \sum_{i=1}^n L \times Ni \times Fpi$$

Dimana:

- Ep = Intensitas emisi dari satuan ruas (g/jam)
L = Panjang jalan yang diteliti (km)
Ni = Jumlah kendaraan bermotor tipe I
Fpi = Faktor emisi pada kendaraan bermotor (g/km)
I = Jenis kendaraan bermotor
P = jenis polutan yang diteliti

Selain itu, menurut Kementerian Lingkungan Hidup dalam pedoman teknis penyusunan inventarisasi emisi pencemaran udara di perkotaan, perhitungan emisi kategori tier 3 dilakukan langsung dengan model emisi sedangkan kategori tier 2 menggunakan faktor emisi berbasis kilometer jalan kendaraan (vehicle kilometer traveled-VKT atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun). Sehingga dalam penelitian ini digunakan sebagai sumber garis atau *line source*.

Perhitungan VKT pada suatu kendaraan dalam satu ruas jalan dapat diasumsikan karakteristik lalu lintasnya konstan atau tetap, sehingga persamaan yang dilakukan sebagai berikut:

$$VKT_{j,line} = \sum_{i=1}^n Q_{ji} \cdot l_i$$
$$E_{cji} = VKT_j \cdot ED_{cj} \cdot (100 - C)/100$$

Di mana:

- VKT_{j,line} = VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i yang dihitung sebagai sumber garis (km/tahun)
Q_{ji} = volume kendaraan dalam kategori j pada ruas jalan i (kendaraan/tahun)
l_i = panjang ruas jalan i (km)
E_{cji} = emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan i
C = efisiensi peralatan pengendali emisi (%)
C = 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

2.3 Pencemaran Gas O₃

Ozon Permukaan (O₃) adalah salah satu polutan sekunder yang terbentuk melalui reaksi fotokimia. Polutan udara ini memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, ekosistem, dan kesehatan manusia. Hampir 90% ozon (O₃) tersebar di lapisan stratosfer, sementara sekitar 10% lainnya terdapat di lapisan troposfer dengan hal tersebut, asal mula O₃ di troposfer berasal dari perpindahannya dari stratosfer dan proses pembentukannya melalui berbagai reaksi fotokimia yang melibatkan karbon monoksida (CO), radikal peroksida (yang dihasilkan melalui oksidasi fotokimia senyawa organik volatil, VOC), serta nitrogen oksida (NO_x) (Crutzen, 1974 dalam Platikanov dkk., 2022).

2.3.1 Karakteristik Gas O₃

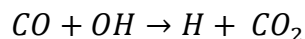
Ozon (O₃) merupakan senyawa di udara selain oksigen yang memiliki sifat sebagai pengoksidasi. Oksidan adalah komponen atmosfer yang diproduksi oleh proses fotokimia, yaitu suatu proses kimia yang membutuhkan sinar matahari mengoksidasi. *Tropospheric ozone* atau ground-level ozone (O₃) adalah polutan sekunder yang terbentuk akibat adanya prekursor utama NO₂, nm VOC, CO dan CH₄, yang mengalami reaksi foto kimia dengan sinar matahari, akibatnya tingkat polusi O₃ tinggi terjadi pada kondisi matahari terik (WHO, 2018, Fowler et. al, 2008, Fung, 2020).

Sifat fisik dan kimia ozon (O₃) menjadikannya gas yang baik, tetapi juga berpotensi berbahaya. Gas O₃ merupakan gas tak berbau dan tak berwarna. Di stratosfer, ozon berperan dalam melindungi kehidupan di Bumi dengan menyerap radiasi ultraviolet yang berbahaya. Namun, di troposfer, ozon dapat menjadi polutan sekunder yang terbentuk oleh reaksi antara nitrogen oksida (NO_x) dan senyawa organik yang mudah menguap (VOC) dalam sinar matahari. Konsentrasi ozon bervariasi bergantung pada lokasi dan waktu. Di stratosfer, konsentrasi ozon berkisar antara 2 hingga 8 bagian perjuta ppm, sedangkan di permukaan bumi, ozon sering ditemukan dalam konsentrasi yang lebih rendah, tetapi dapat meningkat secara signifikan pada hari yang panas dan berawan.

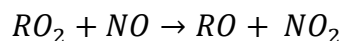
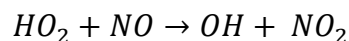
2.3.2 Sumber Pencemar O₃

Ozon di permukaan bumi terbentuk oleh sinar ultraviolet yang menguraikan molekul O₃ membentuk oksigen. Unsur oksigen ini bergabung dengan molekul yang tidak terurai dan membentuk O₃. Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan penting dalam produksi fotokimia. Dalam reaksi ini juga melibatkan fotolitik NO₂ Polutan sekunder yang dihasilkan dari reaksi hidrokarbon dalam siklus ini adalah ozon dan peroksiasetilnitrat. Faktor seperti suhu yang tinggi, curah hujan, dan radiasi matahari menjadi pendukung pembentukan O₃ di atmosfer (Platikanov et al., 2022). Ozon permukaan (O₃) dikenal sebagai polutan sekunder, karena ia terbentuk dari reaksi dan perubahan yang melibatkan partikel-partikel gas lainnya, sekitar 70% oksidan kimiadi atmosfer bereaksi dengan karbon dioksida (CO) (S. Henne dkk 2007 dalam Sulistiyono dkk., 2019).

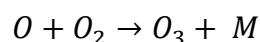
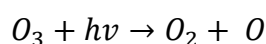
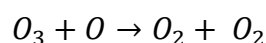
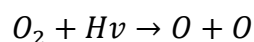
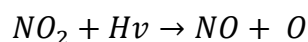
Menurut Sulistiyono A (2019), gas karbon monoksida (CO) serta ozon permukaan (O₃) merupakan dua faktor kunci dalam sistem fotokimia di troposfer bagian bawah (permukaan). Sehingga dalam reaksi pembentukan ozon melibatkan CO, CO akan bereaksi jika bertemu radikal OH dan membentuk atom H radikal dan CO₂:



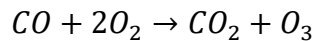
Atom H radikal akan bereaksi dengan O₂ menghasilkan hidrokarbon (RH) dan senyawa VOC yang lain dan membentuk alkyl peroksi radikal (RO₂). HO₂ dan RO₂ mengoksidais NO agar membentuk NO₂.



NO₂ akan terbentuk kembali sehingga ozon terbentuk lebih banyak dalam kurun waktu kurang lebih 1 hingga 2 menit:



Dengan $M = N_2$ atau O_2



Dimana nantinya atom oksigen berasal dari hasil reaksi pemisahan ozon yang lain.

2.3.3 Dampak Terhadap Kesehatan

Dampak dari adanya pencemaran udara ambien polutan ozon (O_3) terhadap kesehatan manusia dan lingkungan cukup signifikan. Di lapisan stratosfer, ozon melindungi makhluk hidup dari radiasi UV yang dapat menyebabkan kanker kulit dan berbagai masalah kesehatan lainnya. Sebaliknya, ozon troposfer dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, memperburuk kondisi asma, serta merusak tanaman dan ekosistem.

Dampak-dampak negatif pastinya akan terjadi jika kadar polutan ozon (O_3) telah melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan pada Baku Mutu Udara Ambien Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021. Berikut pada Tabel merupakan baku mutu untuk parameter ozon (O_3).

Tabel 2.1 Baku mutu ozon (O_3)

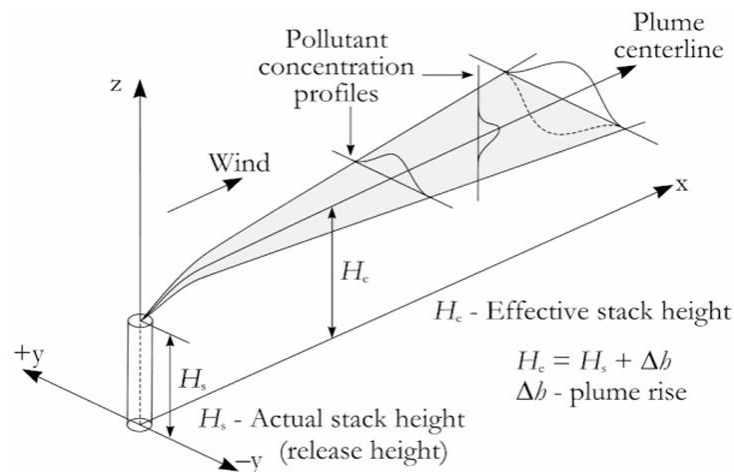
Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Oksidan fotokimia (O_x) sebagai Ozon (O_3)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	8 jam	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 tahun	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber: Lamp. VII PP No.22 tahun 2021

2.4 Dispersi Model Gauss

Dispersi merupakan proses di mana polutan secara berkelanjutan mengalir dari sumbernya (cerobong) dan dipengaruhi oleh angin tetap (*stady state*) dalam kondisi atmosfer yang stabil. Polutan tersebut akan bergerak ke bawah dan melanjutkan pergerakannya mengikuti arah rata-rata angin, yang kemudian menyebarkan konsentrasi polutan dan membawa bahan pencemar itu menjauh dari sumber asalnya. (Patmasari, 2018 dalam Abidin & Hasibuan, 2019). Model dispersi Gaussian sering digunakan untuk memprediksi penyebaran kontaminan secara terus menerus dari permukaan atau daerah dataran tinggi. Hal ini mengasumsikan bahwa penyebaran kontaminan memiliki distribusi probabilitas normal (Abidin & Hasibuan, 2019).

Proses simulasi penyebaran partikel di atmosfer dapat dijelaskan melalui penerapan model statistik numerik (Abidin et al., 2016). Dalam model ini, dispersi Gauss dapat diterapkan untuk menganalisis penyebaran partikel. Model distribusi polusi udara diterapkan dalam pemantauan penyebaran konsentrasi, analisis risiko, perencanaan keadaan darurat, penilaian dampak lingkungan, serta identifikasi sumber pencemar



Gambar 2.2 Dispersi gauss

Pemodelan Dispersi Gauss dapat dinyatakan dengan sederhana untuk penyimpangan partikel di udara terhadap waktu, untuk polutan yang tidak bereaksi, setiap volume dan jarak mengandung massa kontaminan yang sama. Namun, levelnya menurun seiring bertambahnya jarak karena turbulensi atmosfer cenderung menyebarkan material secara horizontal dan vertikal (Damayanti et al., 2015). Berikut merupakan persamaan dispersi Gauss yang digunakan dengan $y = 0$, $z = 0$.

$$x(x, 0, 0; H) = \frac{Q}{\pi \times \sigma_y \times \sigma_z \times U} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

Dimana:

Q = Laju emisi ozon (g/detik)

σ_y = koefisien dispersi gauss horizontal (m)

σ_z = Koefisien dispersi gauss vertikal (m)

U = Kecepatan angin arah sumbu x (m/detik)

H = Ketinggian efektif cerobong (m)

2.5 Transport dan Transformasi Polutan (*mixing height*, stabilitas atmosfer)

Dispersi polutan dapat dijelaskan sebagai proses pemindahan dan penyebaran suatu polutan ke dalam atmosfer. Dispersi polutan dapat ditandai dengan dengan aktivitas polutan sepanjang arah serta konsentrasi polutan terhadap lokasi dari sumber polutan yang berdifusi berbentuk lonceng (Abidin & Hasibuan, 2019). Fenomena ini biasanya terjadi secara tidak menentu, namun apabila arah angin secara konsisten mengarah ke suatu area, maka lokasi tersebut berisiko untuk terpapar polutan dengan konsentrasi yang tinggi.

Proses dispersi polutan di udara dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik meteorologi lokal, termasuk pencahayaan dari sinar matahari, temperatur, kestabilan atmosfer, pola angin, dan tingkat kelembaban. Selain itu, fenomena cuaca seperti hujan juga berperan dalam proses ini. Sementara itu, jika proses dispersi polutan telah berinteraksi dengan elemen di bumi atau permukaannya, maka bentuk lahan memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyebaran polutan tersebut. Kondisi meteorologi yang dapat mempengaruhi dispersi polutan di udara ambien adalah sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu udara dan keberadaan awan berperan penting dalam proses distribusi polutan, yang dapat mempengaruhi stabilitas atmosfer. Perubahan gradien suhu udara akan memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas atmosfer. Dalam proses dispersi, kestabilan atmosfer akan berpengaruh terhadap jenis atau bentuk polutan yang menuju lokasi penerima.

Dengan meningkatnya suhu udara, konsentrasi gas pencemar akan semakin berkurang. Fenomena ini terjadi karena pada suhu udara yang tinggi, kepadatan udara di permukaan bumi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan udara di lapisan atas. Akibatnya, terjadi pergerakan konveksi ke atas yang mengangkat beragam polutan, sehingga konsentrasi polutan di permukaan menjadi berkurang (Ramayana, 2014).

2. Radiasi matahari

Secara fisik dan dinamis, radiasi matahari mempengaruhi penyebaran polusi udara dengan bertindak sebagai sumber energi untuk pergerakan massa udara. Panas yang terjadi di permukaan Bumi dan di perairan akan menciptakan angin dan turbulensi. Faktor yang menyebabkan ini adalah adanya perbedaan suhu yang terjadi di permukaan bumi serta di wilayah perairan yang menghasilkan angin dan ketidakstabilan sehingga berdampak pada keadaan stabilitas atmosfer serta pencampuran polutan dengan lingkungan sekitarnya. Dampak sinar matahari berfungsi sebagai sumber energi dalam pergerakan massa di atmosfer.

3. Kecepatan dan arah angin

Dalam studi klimatologi, laju angin diartikan sebagai jarak yang dilalui oleh angin dalam setiap satuan waktu, yang biasanya diukur dalam knot, kilometer per jam, atau meter per detik. Kecepatan angin bergerak mendatar pada ketinggian dua meter di atas permukaan tanah. Angin berperan penting dalam distribusi polutan di udara, karena dapat mendorong pergerakan berbagai zat. Arah angin berfungsi untuk mengetahui wilayah yang terkena penyebaran zat, sedangkan kecepatan angin mengindikasikan sejauh mana dampak terkena di area tersebut. Semakin besar kecepatan angin tentunya akan semakin mengakibatkan jarak semakin jauh (Abidin & Hasibuan, 2019).

2.6 AERMOD

AERMOD (*American Meteorological Society/Environment Protection Agency Regulatory Model*) merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk menghasilkan model penyebaran udara. AERMOD merupakan model penyebaran polutan dengan pendekatan Gaussian yang dikembangkan oleh AERMIC (American Meteorological Society {AMS}/ United States Environmental Protection Agency {EPA} Regulatory Model Improvement Committee). Software AERMOD View adalah sebuah model dispersi Gaussian yang digunakan untuk mengamati penyebaran pencemaran di wilayah pedesaan dan perkotaan, daerah yang datar serta yang berbentuk kompleks, permukaan yang rata maupun yang memiliki elevasi, serta beragam sumber (termasuk sumber titik, sumber wilayah, dan sumber

volume). Pemodelan ini memungkinkan untuk melakukan analisis terperinci terhadap sebagian besar aspek kualitas udara, termasuk perpindahan dan penyebaran polutan dalam atmosfer.

Pemodelan AERMOD adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis distribusi spasial kualitas udara, bertujuan untuk mematuhi regulasi yang ada dan mampu memprediksi penyebaran kualitas udara dari maksimum 10 sumber yang berbeda, baik itu sumber titik, area, maupun volume (Iriani & Pribadi, 2023). AERMOD bisa diterapkan di wilayah perkotaan maupun pedesaan, untuk mengidentifikasi emisi yang dipancarkan dalam suatu kawasan (Ismahani et al., 2022). Dengan demikian, pemodelan AERMOD menjadi sarana untuk mengidentifikasi polutan dan persebaran konsentrasi O_3 di kawasan kebudayaan di Kota Yogyakarta.

AERMOD terdiri dari model utama atau AERMOD, prosesor meteorologi (AERMET), dan prosesor geomorfologi (AERMAP). Dengan keterangan komponen sebagai berikut:

- AERMOD (model dispersi)
- AERMET (pra-sesor meteorologi)
- AERMAP (pra-prosesor medan)

Pengintegrasian hasil dari data AERMET dan AERMAP akan diproses, pengolahan ini akan dilakukan dengan AERMOD, yang akan menghasilkan peta distribusi konsentrasi polutan. Dalam keadaan lapisan batas yang stabil (Stable Boundary Layer/SBL), distribusi konsentrasi dianggap mengikuti rumus Gauss, baik secara vertical maupun horizontal. Pada lapisan batas konvektif (Convective Boundary Layer/CBL), distribusi horizontal dianggap mengikuti persamaan Gauss, sedangkan distribusi vertikalnya mengikuti fungsi kepadatan probabilitas bi-gaussian. AERMOD juga mempertimbangkan fenomena plume lofting, yaitu massa asap yang dikeluarkan dari sumber yang terus meningkat dan tetap berada di lapisan batas atas sebelum akhirnya bercampur dengan CBL. Dengan pendekatan yang mudah, AERMOD menyatukan ide-ide atau data-data yang telah ada mengenai aliran dan penyebaran di area dengan kontur yang rumit.

Dalam model AERMOD, aspek refleksi dan dispersi vertikal dianggap sebagai proses bi-gaussian. Parameter meteorologi yang mengukur turbulensi ini juga mencakup berbagai aspek yang lebih komprehensif, seperti: kecepatan gesekan (*friction velocity*), skala kecepatan konveksi (*convective velocity scale*), ketinggian lapisan batas mekanis dan konvektif (*mechanical and convective boundary layer height*), serta panjang Monin-Obukhov. Pada model AERMOD yang dimaksud, karakteristik atmosfer dapat diprediksi dengan cukup akurat, sehingga penentuan nilai koefisien yang berperan dalam perhitungan dapat dilakukan dengan lebih tepat. Dalam pemodelan ini akan dibagi menjadi tiga sub program AERMOD, dengan penjelasan sebagai berikut.

2.6.1 AERMET

AERMET digunakan untuk mengumpulkan informasi meteorologi, termasuk kecepatan dan arah angin, suhu, serta tutupan awan. Seluruh informasi tersebut diolah melalui AERMET untuk menentukan parameter permukaan pada Planetary Boundary Layer (PBL), termasuk kecepatan gesekan, panjang Monin-Obukov, skala kecepatan konvektif, tinggi campuran, panas permukaan, dan skala suhu (Cimorelli et al., 2005). AERMET juga digunakan untuk mengkarakterisasi sejauh mana *wind driven* (secara mekanis atau pergerakan) dan *temperature riven* (secara konvektif) yang nantinya dapat memberikan proses pencampuran pada lapisan troposfer di sepanjang waktu yang ditentukan. Data *hourly* meteorology permukaan (kelembapan, suhu, curah hujan, dan kecepatan angin) dan profil meteorologi vertikal (*upper air*).

2.6.2 AERMAP

AERMOD melalui program AERMAP, dapat memproses data elevasi tanah dalam format Digital Elevation Model (DEM). AERMAP memanfaatkan data kawasan yang telah diorganisir dalam bentuk grid untuk menghitung ketinggian pengaruh kawasan (h_c) yang sesuai bagi setiap reseptor, dengan AERMOD yang menghitung nilai H_c khusus untuk setiap reseptor tersebut. Dengan metode ini, AERMOD menghitung dampak polutan pada area yang datar serta pada area yang berketinggian, menggunakan suatu kerangka kerja tertentu menggunakan

pendekatan yang serupa untuk mencegah penggunaan rumus yang berbeda antara permukaan sederhana dan kompleks.

The AERMIC terrain pre-processor (AERMAP) mengelola data masukan berupa medan permukaan tanah / terrain wilayah kajian dan membuat grid untuk merepresentasikan reseptor dari model tersebut. Data ketinggian permukaan tanah yang dibutuhkan AERMAP dapat diperoleh dari data Digital Elevation Model (DEM). Data ini ditinjau karena faktor elevasi memainkan peranan dalam menentukan pola dispersi polutan dan konsentrasi polutan di setiap titik reseptor.

2.6.3 AERMOD

Main processor AERMOD terdiri dari beberapa tahapan / pengaturan model (*pathway*) yang perlu dilakukan untuk dapat menghasilkan hasil keluaran berupa peta kontur konsentrasi pencemar udara. Pengolahan data dalam main processor AERMOD sebagai berikut: Dalam penggunaan AERMOD View, terdapat beberapa *pathway* utama yang harus diperhatikan:

a. Control Pathway

Control Pathway adalah tahap awal yang menetapkan parameter dasar untuk simulasi, seperti pilihan dispersi, jenis polutan yang akan dianalisis, dan durasi penyebaran. Selain itu, untuk melakukan pengaturan terhadap jenis hasil keluaran model (jenis pencemar udara dan output rata-rata waktu (1 jam, 24 jam, tahunan, dll)), tipe kawasan (rural/urban), tipe ketinggian kontur permukaan (datar/berelevasi).

b. Source Pathway

Pada tahap ini, data terkait asal emisi diinputkan. Jalur sumber mencakup data seperti koordinat titik asal, ukuran area, tingkat emisi, serta sifat-sifat gas yang. Informasi ini krusial untuk menentukan jenis sumber pencemar (titik/area/garis), secara umum melakukan pengisian data terkait letak titik koordinat, laju emisi, base elevation, release height, ketinggian cerobong, dll.

c. Receptor Pathway

Dalam *Pathway* ini, terdapat penentuan lokasi reseptor, yaitu titik-titik di mana konsentrasi polutan akan diukur. Pengguna dapat memilih grid reseptor yang

seragam atau spesifik, serta mengatur jumlah dan ukuran *grid* sesuai kebutuhan analisis. Sehingga menentukan reseptor dalam wilayah kajian beserta elevasi permukaan reseptor.

d. *Meteorological Pathway*

Data meteorologi yang relevan, seperti kecepatan dan arah angin, suhu, serta kelembapan, dimasukkan untuk mendukung model. Data ini biasanya diambil dari pengamatan selama periode tertentu dan sangat penting untuk akurasi simulasi. Hasil pengolahan data dalam *preprocessor* AERMET menjadi input dalam *meteorology pathway*.

e. *Terrain Pathway*

Pathway ini melibatkan pengolahan data topografi menggunakan model Digital Elevation Model (DEM). Data terrain membantu dalam menentukan bagaimana kontur tanah mempengaruhi penyebaran polutan, termasuk efek dari bangunan atau fitur geografis lainnya.

f. *Output Pathway*

Jenis output yang akan dihasilkan model (peta plot kontur pencemar udara).

2.7 Penelitian Terdahulu

Salah satu sumber yang dijadikan acuan oleh penulis dalam pelaksanaan penelitian ini adalah dengan mengkaji beberapa studi sebelumnya. Hasil penelitian itu menunjukkan bahwa tidak ada judul yang serupa dengan riset yang sedang dilakukan. Walaupun begitu, penelitian ini masih berhubungan dengan studi yang saat ini sedang dilakukan oleh peneliti. Pada Tabel 2.2 dibawah ini menunjukkan daftar penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai rujukan.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1	Platikanov, dkk (2022)	<i>Understanding Temporal and Spatial Changes of O3 or NO2 Concentrations Combining Multivariate Data Analysis Methods and Air Quality Transport Models</i>	Penelitian ini menerapkan teknik analisis data multivariat untuk mengeksplorasi dan memahami pola serta hubungan dalam data kualitas udara. Metode seperti Analisis Komponen Utama (PCA) dan Multivariate Curve Resolution Alternating Least Squares (MCR-ALS) digunakan untuk menganalisis data yang kompleks dan mengidentifikasi sumber varians dalam kumpulan data. Sistem CALIOPE digunakan untuk memprediksi konsentrasi O3 dan NO2. Model ini mengandalkan parameter fisika-kimia untuk memahami dinamika polutan udara dan memprediksi distribusi temporal dan spasial polutan di wilayah yang diteliti.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi O3 dan NO2 di wilayah Catalonia dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk sinar matahari, musim, dan aktivitas lalu lintas. Analisis data multivariat yang diterapkan berhasil mengidentifikasi pola temporal dan spasial yang signifikan dalam konsentrasi polutan, dengan sistem CALIOPE memberikan prediksi yang memadai terhadap distribusi polutan. Penelitian ini menemukan bahwa konsentrasi O3 mencapai puncaknya pada saat sinar matahari maksimum, sementara konsentrasi NO2 menunjukkan fluktuasi yang lebih jelas, terutama di daerah perkotaan. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa model transportasi kualitas udara dapat menangkap dinamika polutan dengan baik, meskipun terdapat pergeseran waktu dalam profil konsentrasi yang diukur dibandingkan dengan prediksi model secara keseluruhan.

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
2	Abdillah, Taufik., dkk (2017)	Penggunaan AERMOD untuk Kajian Simulasi Dampak Pencemar Karbon Monoksida di Kota Yogyakarta Akibat Emisi kendaraan Bermotor	Metode yang digunakan untuk menganalisis dampak pencemaran udara di Yogyakarta adalah dengan menggunakan perangkat lunak AERMOD yang dikembangkan oleh US-EPA. Penelitian ini melibatkan pengukuran kondisi meteorologi, seperti temperatur udara, kelembaban, kecepatan dan arah angin, serta pengukuran kadar karbon monoksida (CO) dan jumlah kendaraan yang melintas. Data meteorologi sekunder juga diperoleh dari BMKG Lanud Adisucipto Yogyakarta. Hasil simulasi penyebaran CO dilakukan dengan AERMOD dan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak SURFER 9.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi karbon monoksida (CO) di Kota Yogyakarta pada bulan Januari 2015 berada pada rentang antara 5.500 hingga 8.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,46 hingga 6,49 ppm) di jalan Cik Di Tiro. Simulasi yang dilakukan selama 10 tahun ke depan memperkirakan bahwa pada tahun 2025, konsentrasi CO tertinggi dapat mencapai sekitar 16.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (16 ppm) di lokasi yang sama. Penelitian ini menyoroti dampak signifikan dari emisi kendaraan bermotor terhadap kualitas udara di Yogyakarta, yang semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan.
3	Gibson, Mark D., (2013)	<i>Dispersion model evaluation of PM2.5, NOX and SO2 from point and major line sources in Nova</i>	Metode penelitian yang digunakan menggunakan pemodelan AERMOD view v62 di Nova Scotia. Metode penelitian melibatkan penggunaan data inventaris emisi tahun 2004 dalam simulasi yang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model AERMOD memiliki kesesuaian yang baik dalam memperkirakan konsentrasi SO2 tahunan dan bulanan di Halifax dan Sydney, meskipun kurang akurat dalam estimasi per jam. Sebaliknya,

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
		<i>Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion</i>	dilakukan di empat domain berukuran 50 km x 50 km, dengan analisis hasil dalam periode tahunan, bulanan, dan per jam. Model dievaluasi dengan membandingkan konsentrasi yang diprediksi dengan data pengamatan dari situs pemantauan kualitas udara nasional (NAPS) menggunakan berbagai metode statistik seperti R^2 , bias fraksional, dan kesalahan kuadrat rata-rata ternormalisas.	model menunjukkan keterampilan yang buruk dalam memprediksi PM _{2.5} di Halifax dan Pictou serta NO _x di Halifax. Secara keseluruhan, konsentrasi permukaan dari semua sumber di semua domain berada jauh di bawah standar kualitas udara nasional, menegaskan bahwa adalah alat yang berguna untuk melakukan pemodelan penyebaran polutan di wilayah tersebut.
4	Agus, Muhammad., dkk (2021)	Pengaruh Jenis Kendaraan Bermotor Terhadap Peningkatan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) di Sekitar Bundaran Dolog	Penelitian ini menggunakan metode pengambilan sampel udara untuk menganalisis pengaruh volume kendaraan bermotor terhadap konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) di sekitar Bundaran Dolog. Selama enam hari, pengambilan sampel dilakukan di delapan titik lokasi, dengan klasifikasi kendaraan menjadi ringan (LV), berat (HV), dan sepeda motor (MC). Data suhu dan kecepatan angin juga diukur untuk analisis lebih lanjut. Metode	Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi NO ₂ di area Taman Pelangi adalah 30,92 µg/m ³ , sedangkan di permukiman Jemur Gayungan mencapai 41,07 µg/m ³ . Analisis regresi menunjukkan nilai R sebesar 0,739, yang menunjukkan adanya hubungan kuat antara volume kendaraan dan variabel meteorologis (suhu dan kecepatan angin) terhadap peningkatan konsentrasi NO ₂ . Temuan ini menegaskan bahwa volume kendaraan bermotor secara signifikan berkontribusi terhadap pencemaran udara

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
			analisis yang digunakan adalah regresi linier berganda untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel tersebut dengan konsentrasi NO ₂ .	di wilayah tersebut, dengan beberapa titik pengambilan sampel melebihi ambang batas yang ditetapkan.
5	Ma Xuying, dkk.,(2024)	<i>A comprehensive review of the development of land use regression approach for modeling spatiotemporal variations of ambient air pollution: A perspective from 2011 to 2023</i>	Penelitian ini merupakan tinjauan komprehensif mengenai perkembangan pendekatan regresi penggunaan lahan (Land Use Regression, LUR) dalam memodelkan variasi spatiotemporal polusi udara dari tahun 2011 hingga 2023. Metode yang digunakan meliputi pencarian literatur yang ekstensif di berbagai database akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan Web of Science, dengan fokus pada studi-studi yang menggunakan model LUR untuk menganalisis polusi udara. Kriteria inklusi mencakup artikel yang secara eksplisit menyebutkan penggunaan model LUR atau yang mengembangkan model statistik untuk	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 155 artikel yang diidentifikasi, sebagian besar berfokus pada pemodelan polutan udara terkait emisi lalu lintas seperti NO ₂ dan PM _{2.5} . Model LUR telah berkembang untuk mencakup berbagai polutan, termasuk polutan yang tidak diatur, dan menunjukkan kinerja yang bervariasi dengan nilai R ² antara 0.07 hingga 0.97, tergantung pada jenis polutan. Penelitian ini menekankan bahwa pendekatan LUR yang lebih kompleks dan penggunaan data dari berbagai sumber telah meningkatkan kemampuan model dalam menangkap variasi lokal dan temporal polusi udara, serta memberikan arah untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang ini.

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
			memperkirakan variasi spatiotemporal polusi udara dalam kerangka LUR	
6	Haruna, dkk., (2019)	Pencemaran Udara Akibat Gas Buang kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan dengan Menggunakan Model Caline-4	Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian teori atau penelitian literer dan bersifat deskriptif eksploratif, dengan metode deskriptif eksploratif yaitu, pengembangan metode yang mendeskripsikan gagasan-gagasan dalam bentuk naskah primer maupun naskah sekunder untuk kemudian dikembangkan (Lubis, 2019). Fokus pembahasan tentang komposisi gas buangan kendaraan bermotor serta informasi tentang berbagai dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh gas buangan kendaraan bermotor primer seperti konsentrasi NO ₂ dan volume lalu lintas, serta data sekunder berupa faktor emisi dan data meteorologi. Konsentrasi NO ₂ diukur menggunakan metode Griess Saltzman, sementara pola sebaran	Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi kendaraan bermotor dapat menyebabkan gangguan kesehatan, seperti penyakit pernapasan akut dan kronis, efek racun sistemik, risiko kanker, serta gangguan kenyamanan akibat kebisingan dan debu. Untuk mengurangi dampak tersebut, diperlukan regulasi pemerintah yang tegas dalam menetapkan standar baku mutu lingkungan dan mempromosikan perilaku hidup sehat di masyarakat meskipun hasil simulasi cenderung lebih tinggi dibandingkan pengukuran lapangan. Perbedaan ini disebabkan oleh keterbatasan model dalam mempertimbangkan sumber emisi lain dan faktor lingkungan tertentu.

No	Sumber (Nama dan Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
			divisualisasikan dengan ArcGIS 10.8.	

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

3.1.1 Lokasi

Penelitian ini berlokasi di daerah kawasan budaya, Kota Yogyakarta tepatnya berada pada sepuluh jalan yang akan dilakukan penelitian. Kawasan budaya Kota Yogyakarta menjadi salah satu destinasi wisatawan dan masyarakat sekitar dalam berkegiatan luar ruangan, hal ini menjadikan daerah kawasan budaya di Kota Yogyakarta memiliki kontribusi yang signifikan terhadap penyumbang pencemar udara. Akan tetapi tidak adanya pemantauan tentang pencemaran udara ambien parameter ozon (O_3) di kawasan tersebut menjadi kekurangan yang perlu diatasi, sehingga dibutuhkan pemantauan pencemaran udara ambien parameter ozon (O_3) di kawasan tersebut untuk mengatasi permasalahan itu.

Selain karena faktor daerah kawasan budaya Kota Yogyakarta, pemilihan kawasan ini dikarenakan beberapa jalan disekitar kawasan budaya tersebut merupakan jalan penghubung antar daerah di Kota Yogyakarta. Serta ketersediaan *cctv* juga menjadi faktor pendukung fasilitas di jalan-jalan tersebut. Berikut pada Tabel 3.1 dan 3.2 merupakan data tentang lokasi jalan dan *cctv* dan pada Gambar 3.1 mengenai peta daerah penelitian.

Tabel 3.1 Nama jalan dan titik *cctv*

No	Jalan	Titik <i>CCTV</i> (ATCS)
1	Jl Wahid Hasyim	Simpang Tamansari
2	Jl Suryowijayan	Simpang Tamansari
3	Jl Bantul	Simpang Jukteng Kulon
4	Jl MT Haryono	Simpang Pasar Gading - Jl MT. Haryono
5	Jl Panjaitan	Simpang Pasar Gading - Jl MT. Haryono
6	Jl Mayjen Sutoyo	Simpang Pasar Gading - Jl MT. Haryono
7	Jl Parangtriis	Simpang Jukteng Wetan - Jl Parangtritis (PTZ)
8	Jl Brigjen Katamso	Simpang Gondomanan View Selatan
9	Jl Panembahan Senopati	Simpang Nol KM Timur
10	Jl KH Ahmad Dahlan	Simpang PKU Muh (PTZ)

Tabel 3.2 Titik lokasi sampling

Lokasi Sampling	Koordinat	Jarak antar Titik
Jl Bantul	Lat -7.813385° Long 110.256053°	755 m
Jl DI Panjaitan	Lat -7.8145° Long 110.362792°	



Gambar 3.1 Peta daerah penelitian

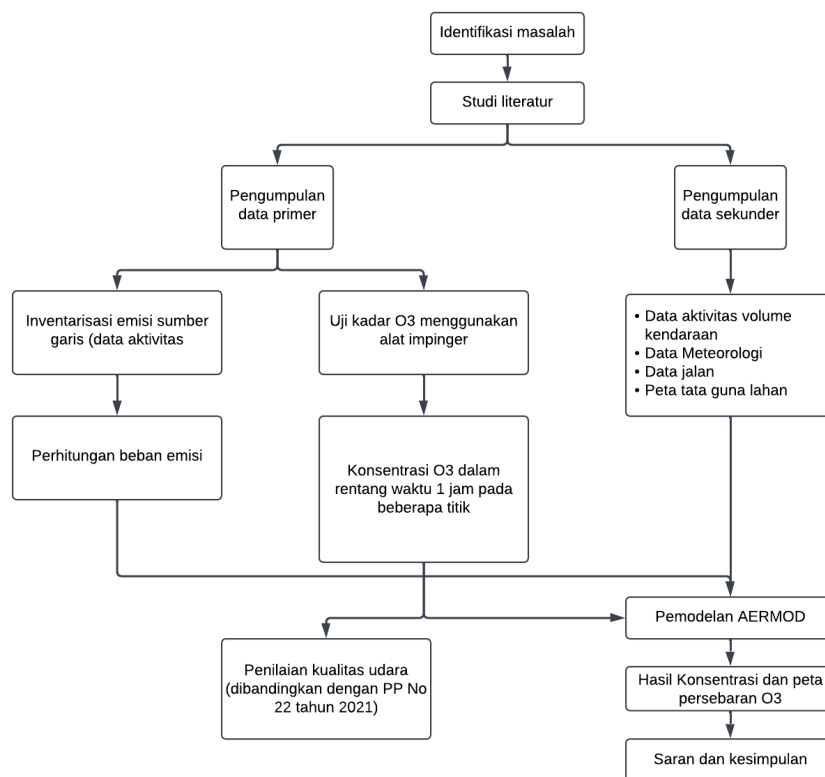
3.1.2 Waktu

Pada penelitian akan dilakukan beberapa tahapan dari persiapan larutan hingga melakukan analisis hasil uji di laboratorium dan analisis data, dengan dengan waktu penelitian selama kurun waktu 1 bulan yaitu pada Bulan Januari 2025 sampai dengan Bulan Februari 2025. Pengambilan data atau sampel dilakukan pada pekan ketiga Bulan Januari 2025 selama 2 kali pengambilan sampel untuk tiap titiknya, sehingga dilakukan total 4 hari untuk pengambilan sampel udara ozon (O_3). Pengambilan sampel atau pengujian kualitas udara polutan ozon (O_3)

dilakukan selama 1 jam untuk setiap titiknya yang dilakukan selama tiga bagian waktu yaitu pagi, siang, dan sore hari.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penentuan tahapan diagram alir pada penelitian ini memiliki tujuan sebagai penggambaran proses yang akan dilaksanakan selama proses penelitian ini berlangsung. Tahap pertama pada proses penelitian ini yaitu, perumusan masalah atau identifikasi masalah, menentukan tujuan dan lingkup penelitian, mencari kajian pustaka, pengambilan data penelitian berupa data primer dan data sekunder. Pada pengambilan data primer dilakukan uji kualitas udara O_3 secara langsung. Selanjutnya yaitu analisis data dan pemodelan dari data yang didapat. Kemudian penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang didapat. Adapun tahapan proses penelitian dalam bentuk bagan alir dijelaskan pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Jenis Data

Penelitian ini membutuhkan data sebagai penunjang penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer sendiri nantinya akan diperoleh dari pengujian kualitas udara menggunakan alat impinger pada beberapa titik yang telah ditentukan sebelumnya yaitu pada Jalan Bantul dan Jalan DI Panjaitan. Berikut merupakan pengumpulan data primer yang dibutuhkan.

- a. Data sampel uji konsentrasi O₃

Pengambilan data secara langsung pada titik yang telah ditentukan dengan menggunakan alat impinger.

- b. Data volume lalu lintas kendaraan

Volume lalu lintas didapatkan dari perhitungan manual yang dipantau dari rekaman langsung.

Kemudian data sekunder sendiri diperoleh dari berbagai literatur ataupun data-data baik dari instansi pemerintah atau swasta. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Data meteorologi

Data meteorologi per jam yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data reanalisis (satelit) yang diperoleh dari *website* <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Data ini terdiri dari data tutupan awan, temperatur udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah angin, kecepatan angin dan tinggi awan rendah (*ceiling height*).

- b. Data volume lalu lintas kendaraan

Volume lalu lintas didapatkan dari perhitungan manual yang dipantau dari CCTV Kota Jogja yang diperoleh dari *website* <https://cctv.jogjakota.go.id/>.

- c. Data elevasi dan tata guna lahan

Peta elevasi atau peta kontur dibutuhkan karena dalam peta dasar wilayah studi tidak terdapat data tersebut. Pengambilan data elevasi untuk wilayah studi didapat melalui situs www.webgis.com. Data elevasi dipilih sesuai koordinat yang sesuai dengan wilayah studi.

3.3.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI 19-7119.8-2017 tentang cara uji kadar oksidan dengan metode *neutral buffer kaliumiodida* (NBKI). Berikut merupakan kebutuhan dalam pengambilan sampel atau data.

Tabel 3.3 Pengumpulan data primer dan sekunder

No	Kegiatan	Data	Alat dan Bahan
1	Inventarisasi Emisi	Volume kendaraan	Microsoft Excel, QGIS
		Faktor emisi kendaraan kategori bahan bakar	Microsoft Excel
		Koordinat jalan, lebar jalan, dan panjang jalan	Microsoft Excel, QGIS, AERMOD
2	Pengukuran Kualitas Udara Ambien	Kadar Ozon (O ₃) (Impinger)	Alat: Labu ukur 100 ml, 500 ml, 1000 ml; pipet volumetrik; gelas ukur 100 ml; gelas piala 100 ml dan 1000 ml; tabung uji 10 ml; spektrofotometer UV-Vis; neraca analitik; buret 50 ml; desikator; labu erlenmeyer; oven; thermometer; barometer. Bahan: larutan penjerap oksidan; larutan induk iod (I₂) 0,05 N; larutan asam klorida (HCl); larutan natrium tiosulfat; hablur kalium iodat (Na₂S₂O₃); asam klorida (HCl pekat) 37%; hablur kalium iodida (KI); larutan indikator kanji.
3	Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara	Data meteorologi (elevasi, anemometer <i>height</i> , arah kecepatan angin, suhu, kelembapan, tekanan, presipitasi, radiasi, dan <i>cloud cover</i>).	Microsoft Excel, WRPLOT, AERMET, ODV
		Peta tata guna lahan	AERMAP
		Peta kontur permukaan (<i>terrain</i>)	AERMAP
4	Uji Validasi Model	Uji korelasi	Microsoft Excel

3.3.3 Pengujian Laboratorium

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa alat dan bahan, persiapan berupa alat dan bahan digunakan untuk melakukan pengujian primer kualitas udara O₃. Berdasarkan SNI 19-7119.8-2017 tentang cara uji kadar oksidan dengan metode *neutral buffer kaliumiodida* (NBKI), berikut terdapat langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kualitas udara O₃.

1. Pengambilan contoh uji
 - a. Susun peralatan pengambilan contoh uji.
 - b. Masukkan larutan penjerap sebanyak 10 mL ke dalam botol penjerap. Atur atau tempatkan botol penjerap sedemikian rupa sehingga terhalang dari hujan dan terik matahari langsung.
 - c. Hidupkan pompa penghisap udara dan atur laju alir 0,5 L/menit sampai 3 L/menit, setelah stabil catat sebagai laju alir awal (F1).
 - d. Lakukan pengambilan contoh uji selama 30 menit dan catat temperatur dan tekanan udara.
 - e. Setelah 30 menit catat sebagai laju alir akhir (F2) dan kemudian matikan pompa penghisap.
2. Persiapan pengujian
 - a. Standarisasi larutan natrium tiosulfat 0,1 N
 - i. Larutkan 0,35 g kalium iodat yang telah dipanaskan pada suhu 180° C selama 2 jam ke dalam labu ukur 100 ml dan tambahkan air suling sampai tanda tera.
 - ii. Pipet 25 ml larutan KIO₃ diatas dalam labu erlenmeyer.
 - iii. Tambahkan 1 g KI dan 10 ml HCl.
 - iv. Titrasi dengan natrium tiosulfat sampai warna larutan kuning muda.
 - v. Tambahkan 5 mL indikator kanji, dan lanjutkan titrasi sampai titik akhir (warna biru tepat hilang). Catat volum larutan penitar yang diperlukan.
 - vi. Hitung normalitas natrium tiosulfat dengan rumus sebagai berikut.

$$N_1 = \frac{b \times 1000 \times V_b}{35,67 \times 100 \times V_1}$$

Dimana:

N1 = Konsentrasi larutan natrium tiosulfat (N)

b = Bobot KIO₃ dalam 100 ml air suling (g)

Vb = Volum larutan KIO₃ yang digunakan dalam titrasi (ml)

V1 = Volum larutan natrium tiosulfat hasil titrasi (ml)

35,67 = Bobot ekuivalen KIO₃ (BM KIO₃/6)

100 = Volum larutan KIO₃ yang dibuat dalam labu ukur 100 ml

1000 = Konversi liter (L) ke ml

b. Standarisasi larutan iod 0,05 N

- i. Pipet 25 mL larutan induk Iod ke dalam labu erlenmeyer 100 ml.
- ii. Tambahkan 1 mL asam klorida pekat, diamkan di tempat gelap selama 10 menit.
- iii. Titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna larutan kuning muda, kemudian tambahkan 3 tetes indikator kanji, lanjutkan titrasi sampai warna larutan biru muda. Catat volum larutan penitar yang diperlukan.
- iv. Hitung normalitas iod tersebut dengan rumus sebagai berikut.

$$N_2 = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$$

Dimana:

N1 = Konsentrasi larutan natrium tiosulfat (N)

N2 = Konsentrasi larutan iod

V1 = Volum larutan natrium tiosulfat hasil titrasi (mL)

V2 = Volum larutan iod yang dititrasi (mL)

c. Pembuatan kurva kalibrasi

- i. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk alat.
- ii. Siapkan tabung uji 10 mL, lalu pipet 0 mL, 0,5 mL, 1,0 mL, 1,5 mL, 2,0 mL, dan 3,0 mL larutan standar iod ke dalam masing-masing tabung uji.
- iii. Tambahkan larutan penjerap sampai volume larutan 10 mL dan homogenkan.

- iv. Ukur masing-masing larutan standar dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 352 nm.
 - v. Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah oksidan (μg).
3. Pengujian contoh uji
- a. Dalam jangka waktu 30 menit – 60 menit setelah pengambilan contoh uji, masukkan larutan contoh uji ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, lalu ukur intensitas warnakuning yang terbentuk pada panjang gelombang 352 nm.
 - b. Baca serapan contoh uji kemudian hitung jumlah oksidan (μg) dengan menggunakan kurva kalibrasi.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Perhitungan Konsentrasi Polutan

Berikut merupakan perhitungan konsentrasi berdasarkan SNI 19-7119.8-2017 tentang cara uji kadar oksidan dengan metode *neutral buffer kaliumiodida* (NBKI).

1. Volum contoh uji udara yang diambil

Volum contoh uji udara yang diambil, dikoreksi pada kondisi normal (25 °C, 760 mmHg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V = \frac{F_1 \times F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760}$$

Dimana:

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

F1 = Laju alir awal (L/menit)

F2 = Laju alir akhir (L/menit)

t = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

P_a = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)

T_a = Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (°K)

298= Konversi temperaturpada kondisi normal (25 °C) ke dalam Kelvin

760= Tekanan udara standar (mmHg)

2. Kosentrasi oksdian di udara ambien

Konsentrasi oksidan dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$C = \frac{a}{V} \times 1000$$

Dimana:

C = Konsentrasi oksidan di udara ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

A = Jumlah oksidan dalam contoh uji yang diperoleh dari kurva kalibrasi (μg)

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

3.4.2 Perhitungan Beban Emisi

Menurut (Ersa et al., 2023), sumber emisi kendaraan dari jalan raya dapat dihitung menggunakan metode tier-1 dan tier-2, namun metode tier-2 dianggap lebih teliti disebabkan pertimbangan kategori kendaraan, jenis bahan bakar, dan jarak yang digunakan.

Metode ini memanfaatkan faktor emisi yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010. Dalam metode ini, digunakan data penggunaan bahan bakar yang dikelompokkan berdasarkan subkategori kendaraan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan.

$$E = \text{Jumlah Kendaraan} \times L \times FE \times 10^{-6}$$

Dimana:

E = Beban emisi (ton)

L = Total panjang perjalanan yang diamati (km)

FE = Faktor emisi nasional (g/km/kendaraan)

3.4.3 Pemodelan AERMOD

Pemodelan sebaran konsentrasi O_3 yang diterapkan dalam penelitian ini adalah AERMOD. AERMOD merupakan suatu model dispersi yang dikembangkan untuk melakukan simulasi dalam jarak dekat (hingga 50 kilometer) dengan asumsi bahwa kondisi meteorologi tetap konstan selama periode pemodelan satu jam dan bersifat homogen. AERMOD sangat cocok digunakan di lokasi pengambilan sampel dengan kontur yang datar maupun rumit, baik di area pedesaan maupun

perkotaan. Suhu, arah dan kecepatan angin adalah informasi meteorologi yang diperlukan untuk penggunaan AERMOD. AERMOD dipakai dan disarankan oleh Amerika Serikat. Badan Perlindungan Lingkungan AS (USEPA) mengantisipasi penyebaran bau berkat kinerjanya yang sangat efektif, khususnya dalam simulasi dengan jarak dekat. Ada beberapa langkah sub-program dalam proses pemodelan peta kontur kebauan dengan AERMOD. Dalam proses pemodelan ini, diperlukan pengolahan data meteorologi melalui AERMET dan persiapan kontur permukaan dengan AERMAP.

3.4.4 Validasi Model

Validasi model merupakan langkah penting dalam proses pengembangan model prediktif. Metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi keakuratan suatu model adalah RMSE. RMSE (*root mean square error*) mengukur seberapa akurat suatu model memprediksi nilai yang diamati dengan menghitung akar kuadrat dari kesalahan kuadrat rata-rata antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual.

RMSE dilakukan untuk membandingkan data hasil sampling atau hasil AQMS dengan output model yang dihasilkan. Uji validasi dilakukan dengan menghitung nilai bias atau error, pada penelitian ini digunakan metode *root mean square error* (RMSE). Metode *Root Mean Square Error* (RMSE) menunjukkan perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil yang akan dimodelkan. Nilai RMSE dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

Dimana:

n = Jumlah observasi

P_i = Nilai yang diprediksi oleh model pada observasi ke- i

O_i = Nilai yang diobservasikan pada observasi ke- i

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Penelitian

Kondisi lapangan ketika dilakukan penelitian, penelitian yang dimaksud adalah pengambilan data primer berupa polutan ozon (O_3) menggunakan impinger dan data meteorologi berupa suhu ($^{\circ}C$), kelembapan (%), kecepatan angin (m/s), dan tekanan udara (mmHg). Pengambilan data primer dilakukan di dua titik, yaitu titik 1 berada di Jalan Bantul yang memiliki panjang 477 m dan titik 2 berada di Jalan DI Panjaitan yang memiliki panjang 460 m. Penelitian berlangsung selama dua hari untuk masing-masing titik, dikumpulkan juga data mobilitas lalu lintas berupa jumlah kendaraan.

Pada kedua jalan yang menjadi titik pengambilan data tersebut secara karakteristik mencakup lebar jalan 6 hingga 10 meter, memiliki total 2 hingga 4 lajur jalan, terdapat bangunan disekitar ruas jalan, dan terdapat lampu lalu lintas dan persimpangan yang dapat meningkatkan penumpukan di ruas jalan tersebut. Keadaan ini dapat menaikkan volume kendaraan serta meningkatkan polusi ozon (O_3). Berikut pada Tabel 4.1 keterangan kondisi eksisting.

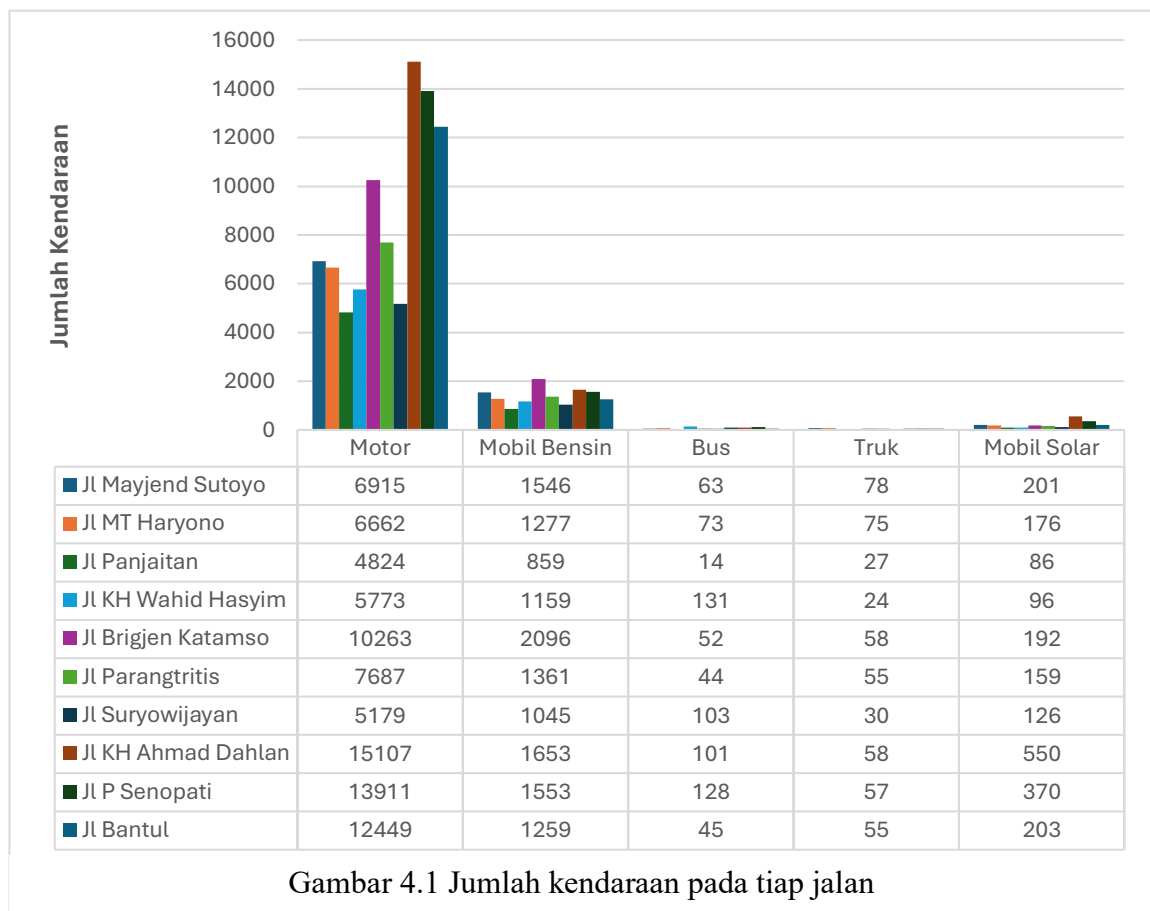
Tabel 4.1 Kondisi eksisting area penelitian

No	Titik Sampling	Dokumentasi	Kondisi Eksisting
1	Titik 1 Jalan Bantul (Depan Toko Ayo Gadai)		- Kondisi jalan baik - Lebar jalan 10 meter - Mempunyai 2 hingga 4 lajur jalan - Banyak bangunan - Terdapat pertigaan dan perempatan
2	Titik 2 Jalan DI Panjaitan (Depan Polsek Mantrijeron)		- Kondisi jalan baik - Lebar jalan 7 meter - Mempunyai 2 lajur jalan - Banyak bangunan - Terdapat perempatan

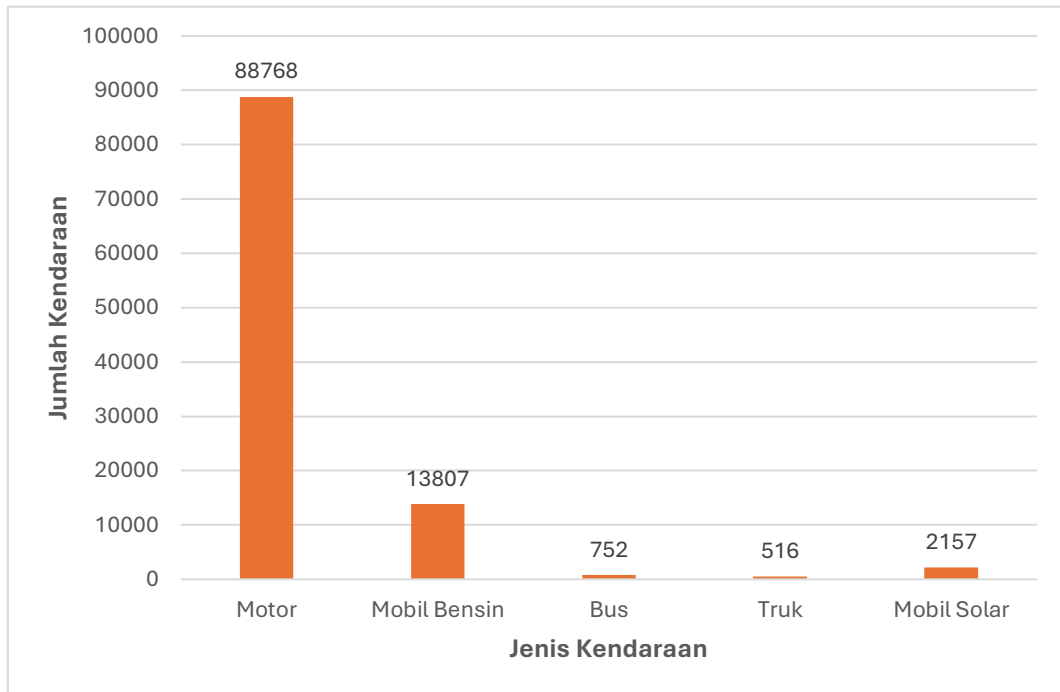
4.2 Volume Kendaraan

Dalam penelitian ini, pengambilan data volume kendaraan dilakukan dengan dua sistem pengambilan. Sistem pengambilan data dilakukan dengan merekam video pada ruas jalan yang dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran konsentrasi ozon (O_3) selama satu jam. Selain itu, pengambilan data dilakukan juga dengan cara merekam melalui *CCTV* ATCS Kota Yogyakarta untuk delapan jalan yang lain selama satu jam.

Pengambilan data dilakukan selama tiga kurun waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari yang nantinya akan mengasumsikan besarnya konsentrasi pada satu hari (Iriani & Pribadi, 2023). Untuk menguatkan data yang diperoleh, pada tiap ruas jalannya dilakukan pengambilan data selama empat hari untuk selanjutnya akan dijumlah setiap harinya dan hasil rata-rata kedua hari tersebut menunjukkan hasil volume kendaraan pada satu hari. Hasil pengukuran volume kendaraan ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Jumlah kendaraan pada tiap jalan



Gambar 4.2 Total jumlah tiap jenis kendaraan

Berdasarkan data yang disajikan dalam kedua grafik di atas, dapat diamati adanya disparitas signifikan dalam volume lalu lintas berdasarkan jenis kendaraan. Sepeda motor mendominasi komposisi lalu lintas dengan jumlah mencapai 88.768 unit, secara substansial melebihi jenis kendaraan lain. Selanjutnya, kendaraan roda empat berbahan bakar bensin tercatat sebanyak 13.807 unit, menempati posisi kedua setelah sepeda motor. Sementara itu, kendaraan komersial seperti bus dan truk menunjukkan volume yang relatif rendah, masing-masing sebesar 752 dan 516 unit. Kendaraan mobil diesel tercatat sejumlah 2.157 unit.

Dominasi kendaraan motor yang cukup tinggi dibandingkan dengan kendaraan lain mengindikasikan bahwa sepeda motor merupakan moda transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di wilayah studi. Beberapa faktor yang mungkin berkontribusi terhadap hasil ini meliputi biaya operasional yang relatif rendah, kemampuan manuver atau berpindah yang tinggi dalam kondisi lalu lintas padat, serta aksesibilitas yang lebih baik dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Serta dengan pertimbangan banyaknya ruang publik di daerah

penelitian ini, seperti pasar tradisional, alun-alun kota, titik nol, rumah sakit, puskesmas, dan tempat publik lainnya menjadikan faktor penggunaan kendaraan motor lebih banyak digunakan karena faktor aksesibilitas yang lebih mudah.

4.3 Nilai Beban Perkursor Ozon (O_3)

Dalam penelitian ini, perhitungan beban emisi sesuai dengan pedoman penyusunan inventarasi emisi pencemar udara di perkotaan KLH, menggunakan jalan utama untuk sumber bergerak (*on road*) (kg/km) dan menggunakan metode tier 2 dikarenakan dalam metode tersebut menggunakan faktor emisi dengan hubungan jarak kilometer jalan kendaraan atau biasa disebut panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun. Faktor emisi yang akan diolah terdiri dari beberapa kendaraan, yaitu motor, mobil bensin, mobil solar, bus, dan truk. Faktor emisi merupakan suatu koefisien representatif yang mengkuantifikasi massa polutan tertentu yang terlepas ke atmosfer per satuan aktivitas sumber pencemar. Nilai ini merepresentasikan hubungan proporsional antara tingkat aktivitas suatu sumber dan jumlah polutan spesifik yang teremisi (Iriani & Pribadi, 2023).

4.3.1 Beban Emisi Karbon Monoksida (CO)

Perhitungan beban emisi karbon monoksida (CO) merupakan suatu cara untuk nantinya mengetahui hasil perhitungan beban emisi ozon (O_3) dari perkursor tersebut. Karbon dioksida menjadi pengaruh pembentukan ozon (O_3) permukaan sebesar 20-80 % dengan korelasi negatif (Ambarsari et al., 2008). Studi menunjukkan bahwa pengaruh CO semakin kuat terhadap pembentukan ozon di permukaan (Warsita Masdat et al., 2022) . Dalam hal ini pengaruh karbon monoksida (CO) terhadap pembentukan perlu diketahui untuk memperkirakan atau mengasumsikan efisiensi pembentukan ozon (O_3).

Perhitungan awal yang perlu dilakukan adalah mengukur panjang jalan yang digunakan dalam penelitian dalam satuan kilometer (km). Menentukan komposisi armada atau volume tiap jenis kendaraan masing-masing. Selanjutnya menghitung VKT kategori kendaraan pada ruas jalan yang dihitung sebagai sumber garis, yaitu pada 10 jalan yang menjadi area penelitian, mengalikan volume kendaraan tiap ruas jalan dengan panjang ruas jalan (km).

Mengacu dalam pedoman penyusunan inventarisasi emisi pencemar udara di perkotaan Kementerian Lingkungan Hidup memiliki faktor emisi kendaraan bermotor di Indonesia sebagai berikut.

Tabel 4.2 Faktor emisi CO

Motor	Mobil (Bensin)	Mobil (Solar)	Bus	Truk
(g/km)				
14	40	2,8	11	8,4

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12/2010

Setelah diketahui VKT garis untuk tiap jenis kendaraan, selanjutnya untuk mengetahui beban emisi karbon monoksida (CO), dikalikan VKT garis kendaraan dengan faktor emisi karbon monoksida (CO) sesuai jenis kendaraan. Selanjutnya menjumlahkan beban emisi dari kelima jenis kendaraan sehingga didapatkan beban emisi total (gr/jam), lalu diubah menjadi satuan (gr/detik). Berikut hasil beban emisi karbon monoksida (CO) pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai beban emisi CO

No	Jalan	Beban Emisi CO (g/dtk)
1	Jl Wahid Hasyim	47,183
2	Jl Suryowijayan	15,618
3	Jl Bantul	29,966
4	Jl MT Haryono	30,858
5	Jl Panjaitan	13,263
6	Jl Mayjen Sutoyo	28,126
7	Jl Parangtriis	20,339
8	Jl Brigjen Katamso	94,510
9	Jl Panembahan Senopati	50,577
10	Jl KH Ahmad Dahlan	85,969

4.3.2 Beban Emisi Nitrogen Oksida (NO_x)

Perhitungan beban emisi karbon oksida (NO_x) merupakan suatu cara untuk nantinya mengetahui hasil perhitungan beban emisi ozon (O₃) dari perkusor tersebut. Dalam hal ini pengaruh nitrogen oksida (NO_x) terhadap pembentukan perlu

diketahui untuk memperkirakan atau mengasumsikan efisiensi pembentukan ozon (O_3).

Perhitungan awal yang perlu dilakukan adalah mengukur panjang jalan yang digunakan dalam penelitian dalam satuan kilometer (km). Menentukan komposisi armada atau volume tiap jenis kendaraan masing-masing. Selanjutnya menghitung VKT kategori kendaraan pada ruas jalan yang dihitung sebagai sumber garis, yaitu pada 10 jalan yang menjadi area penelitian, mengalikan volume kendaraan tiap ruas jalan dengan panjang ruas jalan (km).

Mengacu dalam pedoman penyusunan inventarisasi emisi pencemar udara di perkotaan Kementerian Lingkungan Hidup memiliki faktor emisi kendaraan bermotor di Indonesia sebagai berikut.

Tabel 4.4 Faktor emisi NO_x

Motor	Mobil (Bensin)	Mobil (Solar)	Bus	Truk
(g/km)				
0,29	2	3,5	11,9	17,7

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12/2010

Setelah diketahui VKT garis untuk tiap jenis kendaraan, selanjutnya untuk mengetahui beban emisi nitrogen oksida (NO_x), dikalikan VKT garis kendaraan dengan faktor emisi nitrogen oksida (NO_x) sesuai jenis kendaraan. Selanjutnya menjumlahkan beban emisi dari kelima jenis kendaraan sehingga didapatkan beban emisi total (gr/jam), lalu diubah menjadi satuan (gr/detik). Berikut pada Tabel 4.5 adalah beban emisi nitrogen oksida.

Tabel 4.5 Nilai beban emisi NO_x

No	Jalan	Beban Emisi NO_x (g/dtk)
1	Jl Wahid Hasyim	2,304
2	Jl Suryowijayan	0,779
3	Jl Bantul	1,104
4	Jl MT Haryono	1,541
5	Jl Panjaitan	0,697

No	Jalan	Beban Emisi NO _x (gr/dtk)
6	Jl Mayjen Sutoyo	1,389
7	Jl Parangtriis	0,871
8	Jl Brigjen Katamso	3,910
9	Jl Panembahan Senopati	2,132
10	Jl KH Ahmad Dahlan	3,627

Hasil analisis beban emisi nitrogen oksida (NO_x) terbesar berada pada Jalan Brigjen Katamso yang membentang dari Simpang Gondomanan hingga simpang Jukteng Kulon sebesar 3,910 gr/detik. Sedangkan beban emisi terendah terjadi di Jalan Suryowijayan sebesar 0,779 gr/detik.

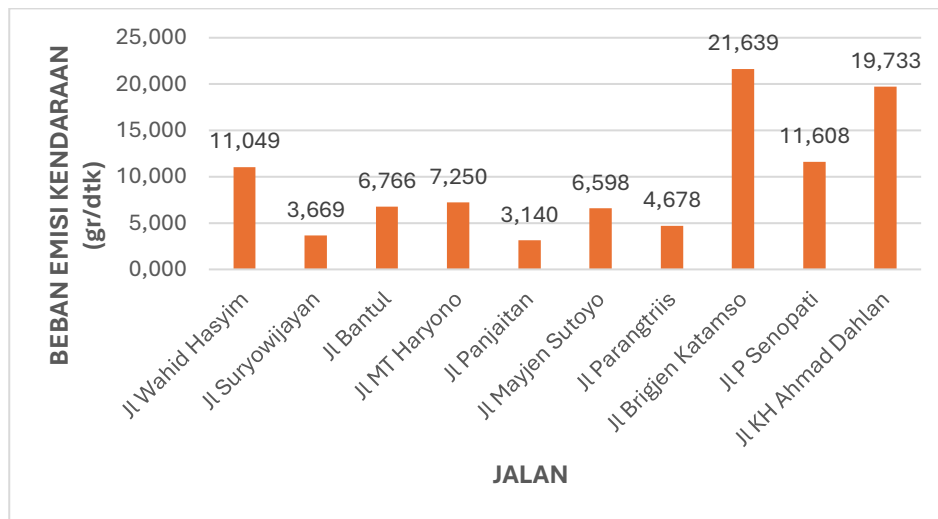
4.3.3 Beban Emisi Ozon (O₃)

Beban emisi dihitung menggunakan data volume kendaraan yang didapat dari perhitungan rekaman lalu lintas pada jam puncak dan faktor emisi perkursor ozon (O₃). Perkursor emisi ozon (O₃) atau yang nantinya menjadi beban emisi diasumsikan didapat dari perhitungan antara hasil beban emisi dari faktor emisi karbon dioksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x). Dalam pembentukan ozon (O₃) atau *source* O₃ di troposfer, CO dan NO_x menjadi perkursor yang berperan penting dalam mekanisme tersebut (Qonitan, 2018). Perkursor ozon yaitu karbon monoksida, hidrokarbon, dan oksida nitrogen yang bersumber dari alam ataupun aktivitas manusia mempengaruhi konsentrasi ozon troposfer, sehingga semakin tinggi emisi dari perkursor maka semakin tinggi konsentrasi ozon terbentuk (Ambarsari et al., 2015). Ozon permukaan terbentuk akibat reaksi oksidasi fotokimia antara karbon monoksida (CO) dan senyawa organik volatil (VOCs) yang terjadi di hadapan nitrogen oksida (Ambarsari et al., 2008b). Pada persamaan reaksi yang berkaitan terhadap reaksi fotokimia, CO memiliki peranan penting dalam siklus pembentukan O₃ terutama skala luas di atmosfer bebas, sedangkan VOCs memiliki peranan dalam skala lokal (Warsita Masdat et al., 2022).

Dalam penelitian ini diasumsikan secara sederhana dan mendekati kondisi perkiraan rata-rata kasar sebagai pendekatan awal. Hal ini digunakan karena keterbatasan data dalam penelitian ini, sehingga persentase dalam pembentukan ozon (O₃) berasal dari karbon monoksida (CO) sebesar 20 % dan nitrogen oksida (NO_x) sebesar 70 %. Nitrogen oksida yang dihasilkan oleh bahan bakar di jalan raya dan

sumber solar di jalan raya meyalurkan lebih dari 50 % pembentukan O_3 di lokasi pemantauan, sehingga sektor transportasi menjadi sumber terbesar NO_x yang berperan dalam proses pembentukan O_3 (Zhao et al., 2022). Menurut *National Research Council America* tahun 1999 menyatakan bahwa sekitar 20 % ozon yang terbentuk di permukaan atmosfer berasal langsung dari emisi karbon monoksida (CO). Dalam persamaan reaksi yang berhubungan dengan reaksi fotokimia yang lambat, CO memiliki peranan penting dalam siklus pembentukan ozon (O_3) dalam skala luas di atmosfer bebas, sedangkan VOCs memiliki peranan penting dalam pembentuk ozon (O_3) dalam skala lokal (Warsita Masdat et al., 2022).

Perhitungan pembentukan beban emisi ozon (O_3) dilakukan dengan menjumlahkan hasil beban emisi karbon monoksida (CO) dengan nitrogen oksida (NO_x) yang telah dikalikan dengan masing – masing persentase, sehingga didapatkan hasil beban emisi polutan ozon (O_3). Berikut pada Gambar 4.3 merupakan hasil perhitungan beban emisi ozon (O_3).



Gambar 4.3 Grafik nilai beban emisi kendaraan parameter ozon (O_3)

Berdasarkan gambar grafik diatas, terlihat bahwa beban emisi kendaraan (dalam satuan gram per detik) bervariasi secara signifikan di antara sepuluh ruas jalan yang dianalisis. Jalan Brigjen Katamso menunjukkan nilai beban emisi tertinggi sebesar 21.639 gr/dtk, diikuti oleh Jalan KH Ahmad Dahlan dengan

19.733 gr/dtk dan Jalan Panembahan Senopati sebesar 11.608 gr/dtk. Sebaliknya, ruas jalan dengan emisi terendah terdapat pada Jalan Panjaitan dan Jalan Suryowijayan, masing-masing sebesar 3.140 gr/dtk dan 3.669 gr/dtk.

4.4 Konsentrasi Polutan Ozon (O₃) Menggunakan Impinger

Pengujian kadar gas ozon (O₃) di udara ambien berdasarkan dari SNI 7119-8:2017. Dengan prinsip oksidan dari udara ambien akan bereaksi dengan ion iodida yang ada di dalam larutan penerap NBKI dan membebaskan iod yang berwarna kuning muda. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri dengan panjang gelombang 352 nm. Pengambilan sampel gas ozon (O₃) dilakukan di dua titik dengan masing-masing titik pada dua waktu berbeda. Hal tersebut dimaksudkan untuk membandingkan antar dua waktu berbeda berdasarkan hari kerja dan akhir pekan.

4.4.1 Data Meteorologi

Dalam penelitian ini dibutuhkan data pendukung berupa data primer meteorologi yang di ambil pada waktu yang sama saat pengambilan sampel polutan ozon (O₃). Data meteorologi ini akan digunakan dalam perhitungan konsentrasi polutan ozon (O₃). Berikut pada Tabel 4.6 merupakan hasil data meteorologi.

Tabel 4.6 Data meteorologi pendukung

No	Lokasi	Waktu	Kec Angin	Suhu	Kelembapan	Tekanan
			(m/s)	(°C)	(%)	(mmHg)
1	Titik 1 <i>weekday</i>	Pagi	1,55	30,60	67,35	745,70
		Siang	0,75	35,25	52,23	744,15
		Sore	0,90	34,28	61,93	742,93
2	Titik 1 <i>weekend</i>	Pagi	1,45	28,83	77,25	746,05
		Siang	0,93	34,15	59,65	743,28
		Sore	0,85	33,45	60,95	742,78
3	Titik 2 <i>weekend</i>	Pagi	1,00	30,10	72,35	746,83
		Siang	1,43	33,50	63,03	745,65
		Sore	3,10	30,65	63,58	744,58
4	Titik 2 <i>weekday</i>	Pagi	1,25	29,98	74,08	745,68
		Siang	0,15	33,83	63,73	744,28
		Sore	0,13	33,28	63,85	743,45

Dari data tabel di atas, kecepatan angin tertinggi sebesar 3,1 m/s dan 0,13 m/s untuk yang paling rendah. Menurut skala beaufort (Stewart & Stewart, 2009) kecepatan angin $<0,3$ m/s menunjukkan tenang, 0,3 – 1,5 terdapat hembusan angin, dan 1,5 – 3,3 terdapat angin sepoi-sepoi. Suhu udara yang didapatkan dari data tersebut juga memperlihatkan pola yang tidak jauh beda, di mana suhu tertinggi tercatat pada siang hari di titik 1 saat *weekday* sebesar 35,25 °C, dan suhu terendah 28,83 °C. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari radiasi matahari pada siang hari.

Kelembapan udara tertinggi sebesar 77,25 % terjadi pada pagi hari di Titik 1 saat *weekend*, sedangkan kelembapan terendah sebesar 52,23 % tercatat pada siang hari di Titik 1 saat *weekday*. Data tabel diatas memperlihatkan karakteristik umum kelembapan yang cenderung tinggi pada pagi hari akibat proses kondensasi dan menurun pada siang hari karena peningkatan suhu udara. Tekanan udara pada kedua titik penelitian relatif stabil, dengan nilai tertinggi sebesar 746,05 mmHg pada pagi hari di Titik 1 saat *weekend* dan nilai terendah sebesar 742,73 mmHg pada sore hari di Titik 1 saat *weekend*. Penurunan tekanan udara pada sore hari dapat dikaitkan dengan peningkatan suhu permukaan yang menyebabkan udara menjadi lebih ringan dan tekanan menurun.

4.4.2 Konsentrasi Ozon (O₃) Jalan Bantul

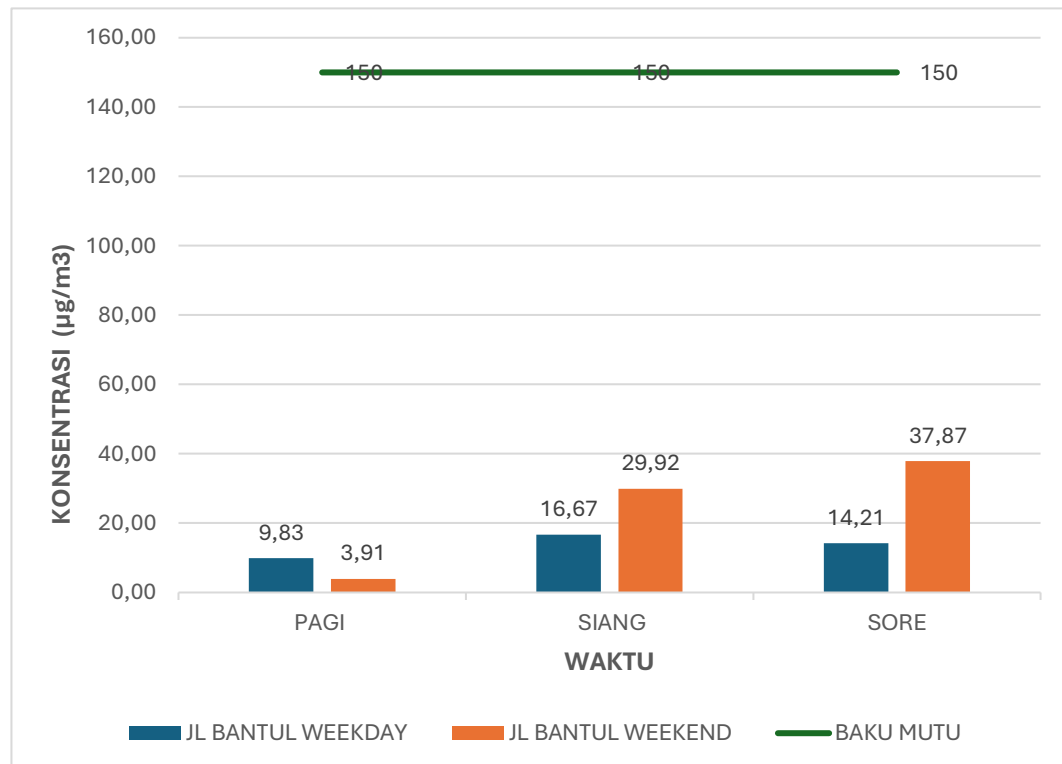
Dalam melakukan analisis terhadap pengambilan sampel yang dilakukan secara langsung mengacu pada SNI 19-7119.8-2017 tentang cara uji kadar oksidan dengan metode neutral buffer kaliumiodida (NBKI). Pengambilan sampel gas ozon (O₃) di Jalan Bantul dilakukan pada dua waktu yaitu pada hari Sabtu (1 Februari 2025) untuk *weekend* dan hari Selasa (4 Februari 2025) untuk *weekday*. Pengambilan dilakukan selama satu jam untuk tiap sesi (pagi, siang, sore).

Jalan Bantul yang menjadi area penelitian memiliki panjang 477 meter dari utara di simpang perempatan jukteng kulon hingga mengarah ke selatan di simpang pertigaan Jalan Suryodiningratan. Kondisi area penelitian di sepanjang Jalan Bantul merupakan bangunan ruko dengan berbagai aktivitas ekonomi didalamnya, selain itu di sekitarnya terdapat bangunan masjid, gereja, stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) Dukuh, Pasar Condrongaran, kampus, hotel, dan tempat umum

lainnya. Kondisi cuaca di Jalan Bantul selama waktu *weekday* dan *weekend* tidak jauh berbeda yaitu cerah berawan selama siang hingga sore hari.

Kondisi pada waktu *weekday* menunjukkan keramaian lalu lintas yang ramai lancar, dengan total kendaraan selama tiga sesi waktu (pagi, siang, sore) berjumlah 12612 kendaraan. Berbeda dengan pada saat *weekend*, total jumlah kendaraan yang melintas selama tiga sesi waktu (pagi, siang, sore) berjumlah 15407 kendaraan.

Setelah mengambil sampel dilapangan, selanjutnya larutan akan diukur menggunakan spektrofotometer, nilai yang keluar disebut sebagai nilai absorbansi yang akan digunakan dalam menghitung volume udara yang diambil dan hasil konsentrasi nantinya. Sebagai contoh, dihasilkan konsentrasi ozon (O_3) dalam kurun waktu 30 menit pertama sebesar $13,9621 \mu g/m^3$. Setelah itu dihasilkan nilai konsentrasi ozon (O_3) dalam kurun waktu 30 menit kedua dengan rumus perhitungan yang sama sebesar $5,69568 \mu g/m^3$. Dengan demikian didapatkan rata-rata dalam waktu satu jam sebesar $9,83 \mu g/m^3$.



Gambar 4.4 Grafik hasil konsentrasi O_3

Berdasarkan grafik diatas, hasil konsentrasi ozon (O_3) di Jalan Bantul memiliki perbedaan yang cukup signifikan dalam dua waktu pengambilan yang berbeda, yaitu, hari kerja dan akhir pekan. Nilai konsentrasi ozon (O_3) tertinggi sebesar 37,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00 WIB di waktu *weekend*. Nilai konsentrasi ozon (O_3) terendah sebesar 3,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pagi hari pukul 08.00 – 09.00 WIB di waktu *weekend*.

Hasil grafik untuk kedua waktu *weekday* dan *weekend* menunjukkan perbedaan tren yang cukup signifikan, pada *weekday* konsentrasi ozon (O_3) mengalami kenaikan dari sesi pagi ke sesi siang, namun mengalami penurunan ke sesi sore hari. Hal ini cukup sesuai ketika di sesi pagi menghasilkan konsentrasi ozon (O_3) yang terendah, mengingat sinar matahari belum sepenuhnya maksimal dibandingkan sesi siang dan sore. Kenaikan seta penurunan konsentrasi ozon (O_3) berhubungan dengan adanya proses fotokimia yang energinya bersumber dari sinar matahari (Sulistiyono et al., 2019). Serta sejalan dengan kenaikan suhu permukaan dari pagi hari menuju siang hari seperti pada waktu *weekday*, suhu pagi sebesar 30,6°C meningkat hingga 35,25°C pada siang hari. Suhu yang lebih tinggi dan intensitas sinar matahari yang meningkat dapat mempercepat pembentukan O_3 , sehingga kadar O_3 umumnya mencapai titik tertinggi pada siang hari dan selama musim panas (Mahidin et al., 2021) dalam (Gonzalez et al., 2024). Selain itu, yang mempengaruhi keadaan ini adalah cuaca yang cukup mendung di sesi pagi hari, meskipun pada waktu *weekday* volume kendaraan yang melintas tidak jauh berbeda.

Berbeda pada waktu *weekend*, tren grafik yang dihasilkan menunjukkan kenaikan dari sesi pagi hingga sore hari. Sesi pagi memiliki nilai konsentrasi ozon (O_3) yang lebih kecil dibandingkan sesi pagi pada *weekday*. Selain dikarenakan faktor meteorologi, volume kendaraan yang lebih sedikit menjadi salah satu faktor yang menjadikan nilai konsentrasi ozon (O_3) lebih kecil di waktu tersebut. Volume kendaraan yang lebih sedikit dibandingkan sesi yang lain sejalan dengan waktu akhir pekan yang dimana pengguna jalan tidak melakukan aktivitas seperti hari kerja. Nilai konsentrasi ozon (O_3) pada sesi siang dan sore lebih tinggi

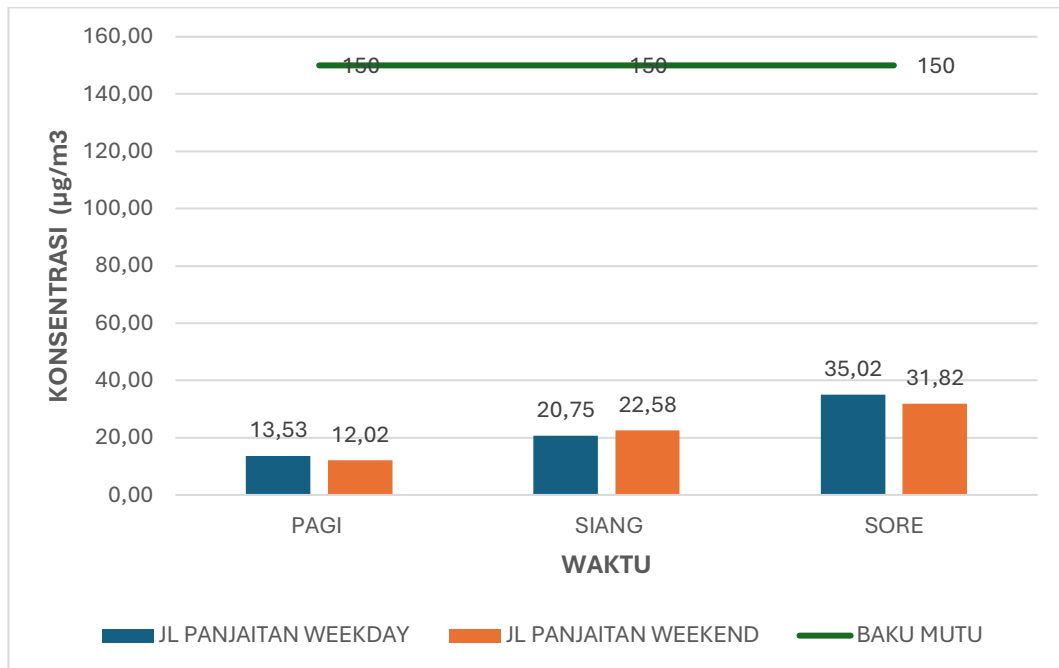
dibandingkan pada saat *weekday* dapat memberikan asumsi bahawasannya pada akhir pekan aktivitas lalu lintas meningkat pada siang hingga sore hari.

4.4.3 Konsentrasi Ozon (O_3) Jalan DI Panjaitan

Dalam melakukan analisis terhadap pengambilan sampel yang dilakukan secara langsung mengau pada SNI 19-7119.8-2017 tentang cara uji kadar oksidan dengan metode neutral buffer kaliumiodida (NBKI). Pengambilan sampel gas ozon (O_3) di Jalan DI Panjaitan dilakukan pada dua waktu yaitu pada hari Minggu (2 Februari 2025) untuk *weekend* dan hari Kamis (30 Januari 2025) untuk *weekday*. Pengambilan dilakukan selama satu jam untuk tiap sesi (pagi, siang, sore).

Kondisi area penelitian yang dilakukan di Jalan DI Panjiatan tidak jauh berbeda dengan Jalan Bantul yang dibuktikan dengan volume kendaraan yang melintas cukup ramai lancar selama penelitian dilakukan. Penelitian dilakukan di depan kantor Kepolisian Sektor Mantrijeron, Kota Yogyakarta. Melihat dari kondisi fisik Jalan DI Panjaitan yang menjadi area penelitian memiliki panjang 460 meter dengan lebar jalan 7 meter. Jalan DI Panjaitan yang membentang dari simpang empat Plengkung Gading hingga simpang empat yang menghubungkan dengan Jalan Suryodiningrata dan Jalan Tirtodipuran. Di sepanjang Jalan DI Panjaitan terdapat banyak fasilitas umum, seperti Benteng Plengkung Gading dari arah Jalan Gading, Pasar Tradhisional Gading, Polsek Mantrijeron, Masjid Ngadinegaran, Gereja Ngadinegaran, *homestay*, swalayan, serta tempat yang lain. Kondisi cuaca yang cukup menjadi pertimbangan adalah ketika pemantaun di *Weekday* yang dimana pada siang hari cuaca mendung disertai gerimis kecil.

Setelah mengambil sampel dilapangan, selanjutnya larutan akan diukur menggunakan spektrofotometer, nilai yang keluar disebut sebagai nilai absorbansi yang akan digunakan dalam menghitung volume udara yang diambil dan hasil konsentrasi nantinya. Sebagai contoh, pada waktu *weekday* di siang hari dihasilkan konsentrasi ozon (O_3) dalam kurun waktu 30 menit pertama sebesar 20,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Lalu dihasilkan nilai konsentrasi ozon (O_3) dalam kurun waktu 30 menit kedua dengan rumus perhitungan yang sama sebesar 21,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan demikian didapatkan rata-rata dalam waktu satu jam sebesar 20,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 4.5 Grafik hasil konsentrasi O_3

Berdasarkan grafik diatas, hasil konsentrasi ozon (O_3) di Jalan DI Panjaitan tidak jauh berbeda dalam tiap sesi waktu antara *weekday* dan *weekend*. Nilai konsentrasi ozon (O_3) tertinggi sebesar $35,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ terjadi pada sore hari pukul 16.00 – 17.00 WIB di waktu *weekday*. Nilai konsentrasi ozon (O_3) terendah sebesar $12,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada pagi hari pukul 08.00 – 09.00 WIB di waktu *weekend*. Dari kedua pengambilan sampel yang dilakukan pada *weekday* dan *weekend* konsentrasi terbesar berada pada siang menuju sore hari. Hal tersebut dikarenakan pada siang hari menjadi waktu puncak terjadinya pembentukan dan persebaran ozon. Pada profil jurnal O_3 disebutkan bahwa puncak tunggal normal yang diperoleh dan waktu puncak terjadi pada pukul 15.00 – 16.00 (Chen et al., 2025).

Secara umum, dilihat pada grafik bahwa konsentrasi pada *weekend* lebih besar dibandingkan dengan *weekday* kecuali pada sesi waktu siang hari. Hal itu dikarenakan terjadi mendung dan gerimis kecil. Ozon terjadi karena adanya reaksi fotokimia antara senyawa organik dan nitrogen oksida dibawah sinar matahari (Warsita Masdat et al., 2022). Dengan adanya hujan yang dimana mendung atau awan yang menutupi permukaan bumi menjadikan pembentukan ozon menurun. Selain itu, hujan dapat mengencerkan konsentrasi polutan di atmosfer, ketika turun

hujan, partikel dan gas yang teakumulasi di udara akan larut ke tanah dan mengurnagi konsentrasi ozon (Yoo et al., 2014).

Penurunan ataupun peningkatan kosnentrrasi O_3 berkesesuaian disini dengan faktor radiasi matahari. Pengurangan konsentrasi O_3 berkaitan dengan berkurangnya intensitas radiasi matahari, dan selain pengaruh dari cahaya matahari yang rendah, aktivitas manusia juga berperan dalam proses terbentuknya O_3 (Warsita Masdat et al., 2022). Dikarenakan dari intensitas sinar matahari yang rendah, aktivitas manusia menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan penurunan emisi gas-gas prekursor ozon dari sektor transportasi dan sektor-sektor lain, sehingga konsentrasi ozon troposfer yang terbentuk juga menurun.

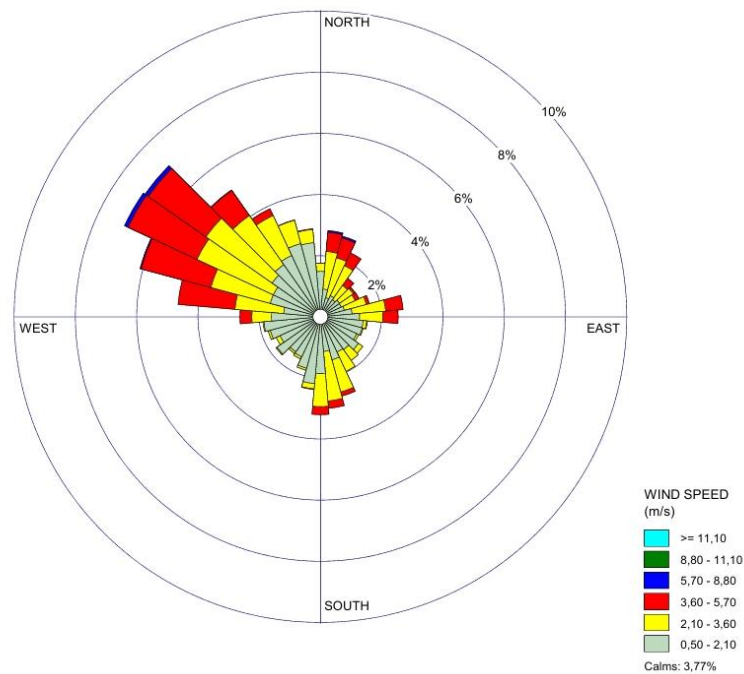
4.5 Hasil *Windrose*

Arah angin atau *windrose* adalah suatu penggambaran untuk kondisi kecepatan dan arah angin dalam kurun waktu tertentu. Data yang digunakan adalah data perjam selama 24 jam dari Bulan Februari 2024 hingga Bulan Januari 2025 atau selama 12 bulan. Peta *windrose* di hasilkan dari pengolahan data angin menggunakan WRPLOT view yang menunjukkan arah angin (*blowing from* dan *blowing to*) dan frekuensi distribusi kelas angin (*wind class frequency ditribution*). Dari hasil pengolahan data meteorologi arah angin, diketahui bahwasannya arah angin bertiup secara dominan dari arah Barat Laut (*Northwest*) ke arah Tenggara (*Southeast*) dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 1,91 m/s.

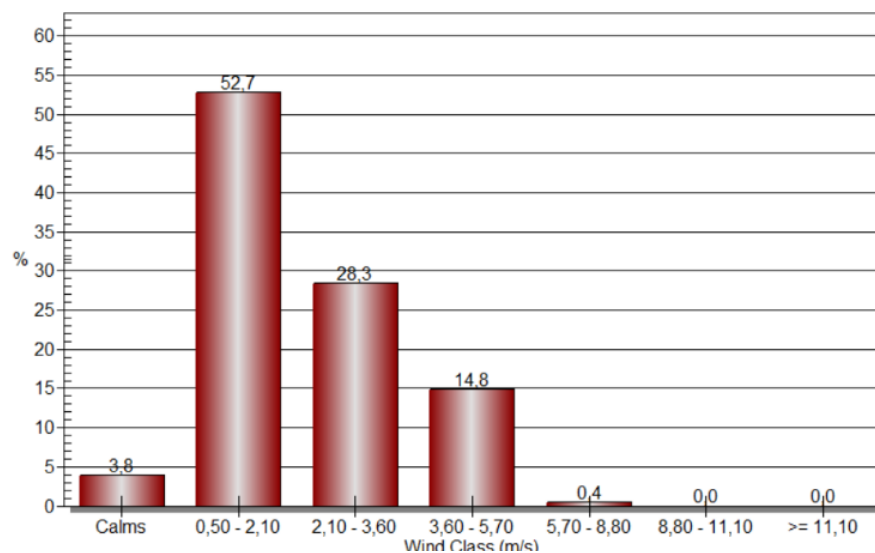
Dari hasil tersebut angin dominan bertiup dari arah barat dan barat laut yang ditunjukkan dengan batang yang lebih panjang dan lebih dominan yang menandakan kecepatan moderat antara 3,60 – 5,70 m/s serta angin dengan kecepatan lebih tinggi (5,70 – 8,80 m/s) namun lebih sedikit. Selain itu terdapat frekuensi angin timur yang cukup rendah dibandingkan angin dari arah barat, Kecepatan angin timur didominasi dengan kategori rendah yang didominasi dengan warna kuning (2,10 – 3,60 m/s).

Distribusi frekuensi kelas angin adalah representasi statistik yang menggambarkan seberapa sering kecepatan angin dalam rentang kelas tertentu muncul selama periode waktu tertentu di suatu tempat. Berdasarkan pada Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa kelas angin yang paling dominan adalah angin lemah

dengan kecepatan antara 0,5 hingga 2,10 m/s, yang mencapai persentase sebesar 52,7 %. Persentase lain yang menunjukkan angin bertiup dengan kecepatan <0,5 m/s atau *calms winds* sebesar 3,8 %; 2,10 – 3,60 m/s sebesar 28,3 %; 3,60 – 5,70 m/s sebesar 14,8 %; 5,70 – 8,80 m/s sebesar 0,4 %.



Gambar 4.6 Windrose (*blowing from*)



Gambar 4.7 Grafik *wind class frequency distribution*

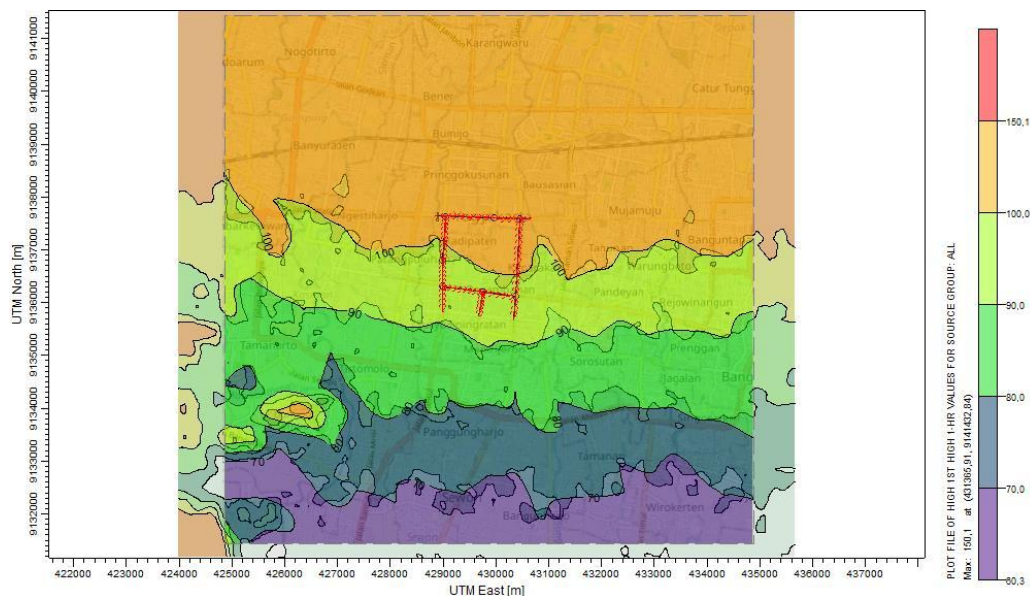
4.6 Hasil Pemodelan AERMOD

Analisis pemodelan sebaran ozon (O_3) menggunakan AERMOD View 8.9.0 sebagai software olah data, serta menggunakan AERMET View 8.9.0 untuk proses olah data meteorologi dan topografi. Simulasi dalam penelitian model dispersi ozon (O_3) dilakukan dalam waktu 1 jam.

4.6.1 Data Kontur (Elevasi Permukaan Tanah) Area Penelitian

Area penelitian yang dimodelkan untuk mengetahui sebarannya adalah 10 jalan yang menjadi sumber polutan dan sekitarnya dengan area 5 km x 5 km. Model AERMOD, menggunakan pengolahan kontur lewat AERMAP pada AERMET, mampu menangani setiap ketinggian tanah di lokasi penelitian dengan data kontur (*DEM). Untuk mendapatkan data kontur adalah mengunduh data elevasi dari situs resmi www.webgis.com, yang terhubung langsung dengan AERMET, menghasilkan data elevasi dalam format hgt.

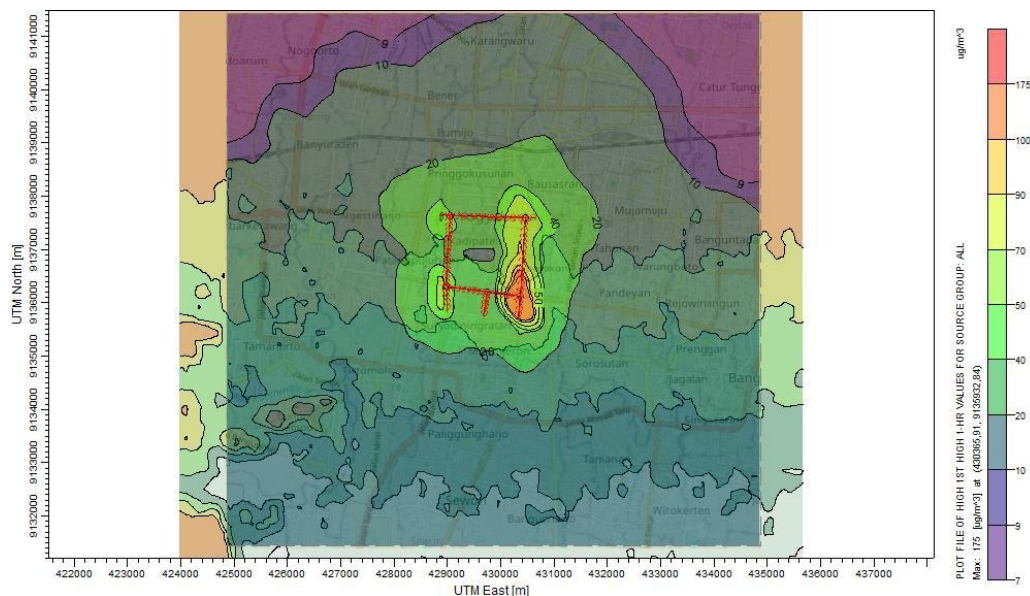
Terrain contour mencakup elevasi lahan yang diperlukan sebagai data input untuk model AERMOD yang menyebabkan elevasi dapat mempengaruhi penyebaran emisi polutan, baik dari segi pola sebaran maupun konsentrasi polutan dari sumber menuju penerima (Sasmita, 2019). Berikut pada Gambar 4.8 merupakan hasil *terrain contour* dalam penelitian ini.



Gambar 4.8 Kontur area sekitar tempat penelitian (*terrain contour*)

4.6.2 Sebaran Konsentrasi Ozon (O_3)

Hasil pemodelan sebaran emisi polutan gas ozon (O_3) dengan variasi waktu 1 jam yang digunakan menyesuaikan dengan baku mutu udara ambien pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, sesuai dengan yang tercantum dalam baku mutu udara mabien parameter O_3 yaitu selama 1 jam. Simulasi sebaran ozon (O_3) menggunakan AERMOD dengan data input berupa data emisi kendaraan bermotor, lebar jalan, elevasi dan titik koordinat jalan.



Gambar 4.9 Hasil sebaran ozon (O_3) periode waktu 1 jam

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui konsentrasi maksimum O_3 dalam periode waktu 1 jam pada kawasan budaya Kota Yogyakarta tertelak pada titik koordinat UTM 430365,91 m; 9135932,84 m dengan konsentrasi 175,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang berlokasi di sekitar Simpang Jokteng Kulon yang menghubungkan Jalan Brigjen Katamso ke Jalan Parangtritis.

Tabel 4.7 Konsentrasi ozon (O_3) pada 2 titik penelitian

Area	Titik Koordinat		Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	X	Y	
Jl Bantul	428865,91	9136432,84	53,01
JL DI Panjaitan	429865,91	9136432,84	27,18

Dari keterangan Tabel 4.7 di atas, diketahui bahwa untuk konsentrasi lebih tinggi terjadi pada sekitar Jalan Bantul dengan konsentrasi $53,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dibandingkan dengan Jalan DI Panjiatan dengan konsentrasi $27,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari kedua reseptor atau titik memiliki konsentrasi yang berbeda, hal ini tentunya banyak faktor yang mempengaruhi hasil pada kedua titik tersebut. Perbedaan konsentrasi dipengaruhi salah satunya karena faktor meteorologi, seperti suhu, radiasi matahari, tekanan udara, atau kelembapan udara yang menjadi faktor spesifik yang memberikan pengaruh hasil konsentrasi ozon.

Pada penelitian ini pengolahan AERMET digunakan sebagai input pada AERMOD, diperlukan data meteorologi setahun serta data tutupan lahan yang dimasukkan untuk area tersebut, digunakan nilai *albedo* yang digunakan sebesar 0,18; *bowen ratio* sebesar 0,75; dan *surface roughness* sebesar 0,3. Penggunaan nilai albedo sebesar 0,18 mengartikan bahwasannya sekitar 18% rasio radiasi matahari yang masuk dipantulkan kembali keatas atmosfer, nilai ini cukup rendah di area semi-perkotaan yang dimana rendahnya albedo menunjukkan banyaknya energi untuk konveksi udara. Adanya nilai konveksi udara atau pergerakan udara berpengaruh pada stabilitas atmosfer di area ini.

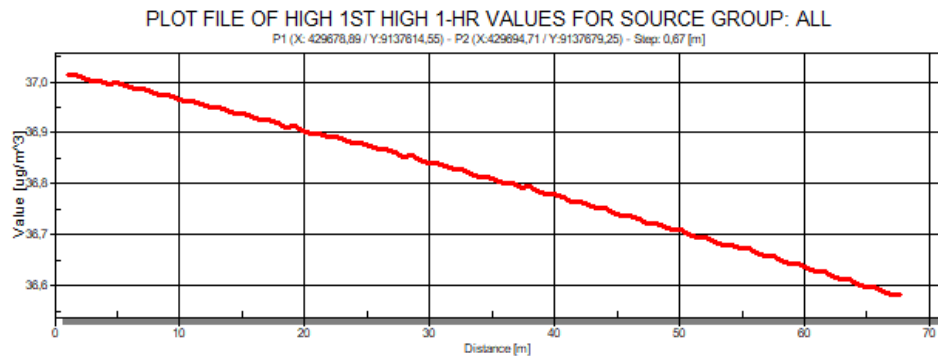
Menurut EPA AERMOD *Implementation Guide*, *bowen ratio* sebesar 0,75 menunjukkan bahwa banyak panas yang digunakan dalam memanaskan udara yang berada pada vegetasi ringan bukan lahan tandus ataupun rawa-rawa mengingat berada pada area perkotaan. Nilai *surface roughness* sebesar 0,3 menggambarkan ukuran kerataan permukaan yang berpengaruh terhadap laju angin. Dengan nilai-nilai yang digunakan tersebut disimpulkan bahwa karakteristik tutupan lahan yang digunakan adalah kawasan semi-perkotaan dengan vegetasi yang rendah serta bangunan yang tidak tinggi menyesuaikan kondisi di lapangan.

Faktor topografi atau elevasi permukaan tanah juga memberikan dampak terhadap sebaran ozon (O_3), dari Gambar 4.8 dapat diamati sebaran elevasi yang rendah cenderung menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibanding wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi. Pada Gambar 4.8 diketahui bahwa konsentrasi tertinggi sejalan dengan elevasi yang lebih rendah disamping faktor arah dan kecepatan angin. Konsentrasi polutan juga dipengaruhi oleh elevasi di setiap

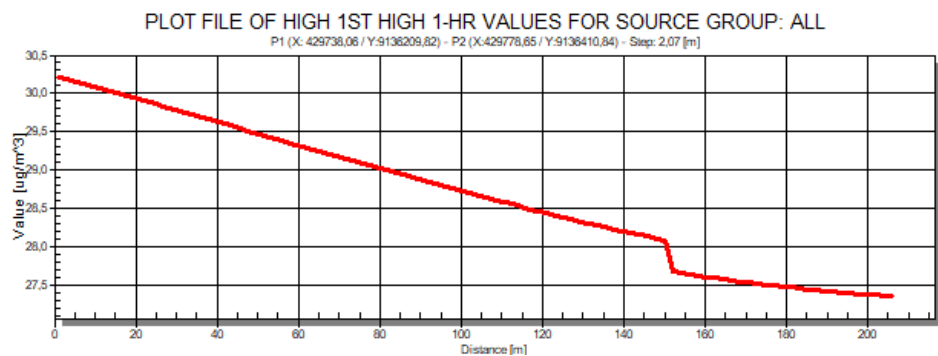
reseptor, yang menjadi dasar dalam menentukan pola sebaran dan konsentrasi polutan menggunakan AERMOD (Sasmita et al., 2019). Ozon (O_3) yang merupakan polutan sekunder terbawa angin yang sebagian besar mengarah dari arah barat laut ke arah tenggara (*transport* horizontal), sehingga sebaran tertinggi berada sepanjang area Jalan Brigjen Katamso hingga Jalan Parangtritis. Kecepatan angin yang dihasilkan juga memberikan banyak polutan ozon tersebar jauh. Konsentrasi perkursor ozon dapat terjadi dalam skala lokal atau mengalami *transport* yang berkontribusi pada pembentukan ozon troposfer di lokasi lain, proses ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin (Ambarsari et al., 2015).

Selain itu hasil konsentrasi di titik 1 sebesar $53,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang lebih besar dari titik 2 sebesar $27,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sejalan dengan jumlah beban emisi pada kedua titik di jalan tersebut. Pada Jalan Bantul memiliki jumlah total kendaraan yang lebih banyak dibandingkan Jalan DI Panjaitan sebesar 14.011 kendaraan dibandingkan 5.810 kendaraan. Dengan perbandingan kendaraan yang hampir setengahnya memberikan hasil beban emisi yang sama pula sehingga hasil konsentrasi yang dihasilkan antara keduanya cukup berbeda jauh.

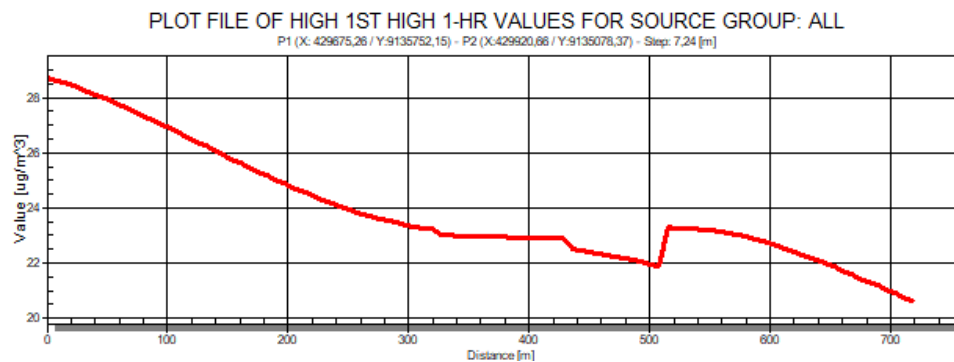
Berikut merupakan grafik perebaran polutan ozon untuk tambahan reseptor pada penelitian ini. Terdapat 3 titik reseptor yaitu di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Kota Yogyakarta, Alun-alun Kidul Yogyakarta, dan Masjid Jogokariyan. Pengambilan 3 titik tersebut didasarkan atas posisi titik reseptor dengan area penelitian, untuk RS PKU Muhammadiyah Kota Yogyakarta yang berada di utara area penelitian, Alun-alun Kidul berada di tengah area penelitian, dan Masjid Jogokariyan berada di sebelah selatan area penelitian. Sehingga dapat mewakili posisi-posisi dalam area penelitian ini. Dalam Gambar 4.10 merupakan grafik 3 titik reseptor.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.10 (a) Reseptor RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta (b) Alun-alun kidul (c) Masjid Jogokariyan

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat diketahui hasil prediksi model AERMOD pada ketiga reseptor. Konsentrasi tertinggi hingga kerendah secara berurutan yaitu RS PKU Muhammadiyah sebesar 36,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Alun-alun Kidul sebesar 27,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; dan Masjid Jogokariyan sebesar 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Reseptor RS PKU menunjukkan grafik menurun ditarik dari Jalan KH Ahmad Dahlan hingga RS PKU dengan jarak

60 meter. Pada reseptor RS PKU memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan yang lain, salah satu hal yang berpengaruh seperti jarak dengan jalan yang menjadi sumber polutan. Hal ini sejalan dengan ketiga grafik diatas yang secara umum menunjukkan tren menurun dari jarak terdekat ke jarak terjauh.

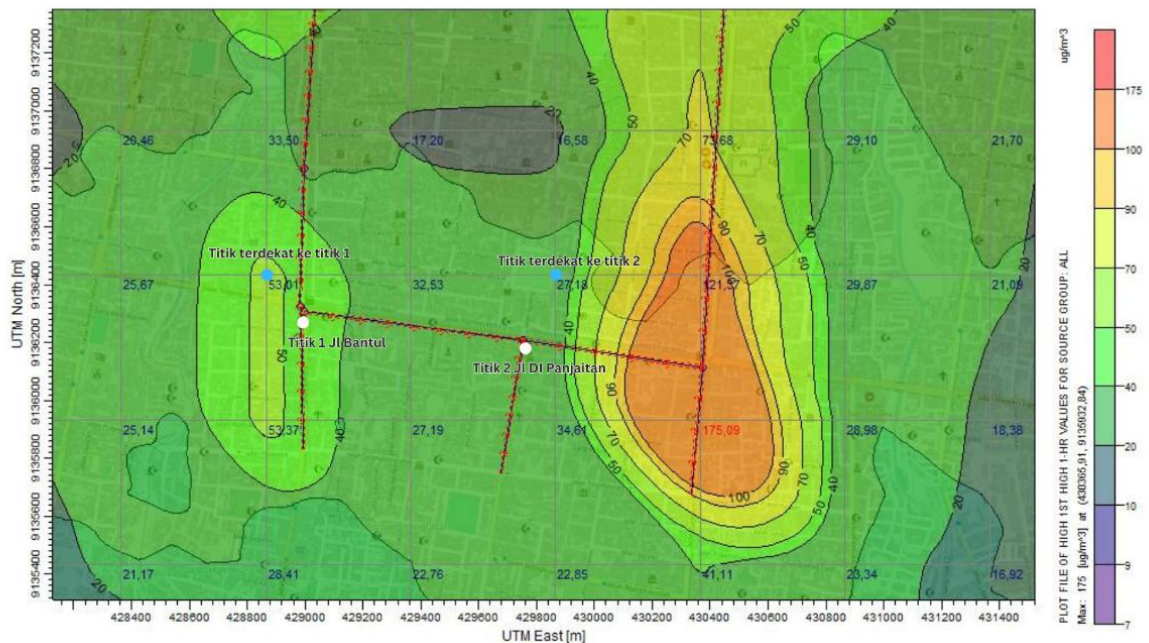
Pada grafik titik reseptor Alun-alun Kidul menunjukkan tren menurun, pada Jalan MT Haryono memiliki konsentrasi sebesar $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga mendekati Alun-alun Kidul pada jarak 200 meter memiliki konsentrasi sebesar $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada reseptor Masjid Jogokariyan, ditarik dari Jalan DI Panjaitan memiliki konsentrasi sebesar $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lalu berjarak hingga 700 meter ke selatan menjadi $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Akan tetapi pada jarak 500 meter mengalami kenaikan konsentrasi hingga sekitar $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, faktor yang menjadi pengaruh salah satunya dikarenakan mendekati area yang beririsan dengan sebaran polutan antara Jalan DI Panjaitan dan Jalan Parangtritis, sehingga konsentrasi meningkat lalu semakin ke arah selatan grafik menurun kembali. Selain itu, perbedaan konsentrasi pada ketiga reseptor dipengaruhi oleh elevasi dan arah angin. Kondisi di lapangan menunjukkan elevasi yang semakin rendah kearah selatan dan kecepatan angin berhembus ke arah tenggara menjadi pengaruh tinggi konsentrasi yang dihasilkan.

4.7 Validasi Model

Validasi model perlu dilakukan untuk memastikan tingkat kepercayaan terhadap model, karena pengaruh kondisi lingkungan tertentu dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara hasil model (output) dengan kondisi nyata. Validasi yang dilakukan yaitu membandingkan dari hasil prediksi konsentrasi AERMOD untuk tiap titik pengukuran dengan pengukuran secara aktual. Pada penelitian ini, pengukuran secara langsung dilakukan di 2 titik, yaitu titik 1 di Jalan Bantul (Lat - $7,813385^\circ$ Long $110,25605^\circ$) dan titik 2 berada di Jalan DI Panjaitan (Lat - $7,8145^\circ$ Long $110,362792^\circ$). Validasi ini memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari model AERMOD dalam melakukan prediksi sebaran polutan di suatu area.

Tabel 4.8 Perhitungan akurasi pemodelan AERMOD dengan metode RMSE

Titik	Keterangan Titik	Konsentrasi Aktual	Konsentrasi Model AERMOD	Error	Nilai Absolut Error	Kuadrat Nilai Error
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1	Jl Bantul	18,73	53,01	-34,28	34,28	1175,12
2	Jl DI Panjaitan	22,62	27,18	-4,56	4,56	20,79
Total				-38,84	38,84	1195,91
n	2					
RMSE	24,45					



Gambar 4.11 Perbandingan titik aktual (putih) dan titik hasil pemodelan (biru)

Dari hasil perhitungan uji validasi model menggunakan RMSE seperti tabel diatas didapatkan nilai sebesar $24,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalam hasil perhitungan RMSE nilai yang cenderung semakin kecil menandakan akurasi model yan dilakukan semakin baik. Akan tetapi, hasil yang telah diperoleh menunjukkan nilai yang cukup besar sehingga prediksi jauh dari keadaan yang sesuai. Pada grafik diatas perbedaan jauh berada pada nilai konsentrasi aktual dan konsentrasi model di Jalan Bantul.

Tabel 4.9 Perhitungan akurasi model metode MAE dan MBE

Titik	Keterangan Titik	Konsentrasi Aktual	Konsentrasi Model AERMOD	Error Absolut	Rata-rata Error Absolut	Bias Error	Rata-rata Bias Error
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
1	Jl Bantul	18,73	53,01	34,28	19,42	34,28	19,42
2	Jl DI Panjaitan	22,62	27,18	4,56		4,56	

Berdasarkan nilai hasil perhitungan MAE (*Mean Absolute Error*) dan MBE (*Mean Bias Error*), nilai MAE dihasilkan sebesar 19,42 yang dapat diartikan bahwa rata-rata besar kesalahan absolut. Sedangkan nilai MBE yang dihasilkan sama yaitu sebesar +19,42. Nilai RMSE yang cukup tinggi serta nilai MBE yang *positive* (*overestimasi*) menunjukkan bahwasanya model AERMOD dalam penelitian ini belum bisa menggambarkan sebaran konsentrasi ozon (O_3) secara baik dan akurat. Sehingga dari hasil tersebut, dapat diambil beberapa faktor seperti emisi yang digunakan untuk input data yang kurang sesuai, parameter meteorologis, serta data tutupan lahan yang digunakan yang masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk digunakan selama pemrosesan data meteorologi. Ketidaksesuaian dalam pengukuran secara langsung dan model dapat dipengaruhi oleh transformasi fotokimia yang berbeda-beda serta pemilihan model yang perlu disesuaikan (Leksmono et al., 2006).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Analisis Dispersi Ozon (O_3) Udara Ambien di Kawasan Budaya Kota Yogyakarta Menggunakan AERMOD”, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai beban emisi ozon (O_3) yang dihasilkan dari kendaraan bermotor pada 10 jalan di kawasan budaya, Kota Yogyakarta sebagai berikut, Jalan Wahid Hasyim sebesar 11,05 gr/dtk; Jalan Suryowijayan sebesar 3,67 gr/dtk; Jalan Bantul sebesar 6,76 gr/dtk; Jalan MT Haryono sebesar 7,25 gr/dtk; Jalan DI Panjaitan sebesar 3,14 gr/dtk; Jalan Mayjen Sutoyo sebesar 6,6 gr/dtk; Jalan Parangtritis sebesar 4,68 gr/dtk; Jalan Brigjem Katamso sebesar 21,63 gr/dtk; Jalan Panembahan Senopati sebesar 11,61 gr/dtk; dan Jalan KH Wahid Hasyim sebesar 19,73 gr/dtk.
2. Hasil pengukuran secara langsung konsentrasi ozon (O_3) menggunakan impinger menghasilkan nilai rata-rata untuk tiap titik selama 1 jam, yaitu titik 1 (Jalan Bantul) sebesar 18,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan titik 2 (Jalan DI Panjaitan) sebesar 22,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil konsentrasi tersebut juga menunjukkan masih berada dalam baku mutu O_3 udara ambien.
3. Pada pemodelan AERMOD polutan ozon (O_3), sebaran yang dihasilkan menunjukkan pada titik 1 nilai konsentrasi sebesar 53,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan titik 2 memiliki nilai konsentrasi sebesar 27,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
4. Hasil perbandingan model dispersi AERMOD dengan data aktual (pengukuran langsung) menunjukkan nilai sebesar 24,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini mengindikasikan prediksi yang cukup tinggi dan kurang akurat.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut.

1. Diperlukannya studi lebih lanjut untuk mengetahui pengukuran aktual di beberapa tempat lain sekitar lokasi penelitian atau penambahan titik lokasi

untuk dilakukan pengambilan sampel, sehingga memiliki banyak sampel dan data yang dapat dimodelkan yang dapat meningkatkan hasil penelitian.

2. Mempertimbangkan lebih lanjut terkait struktural waktu dalam pengambilan data secara aktual dan data hasil pemodelan untuk memberikan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Penyebaran Konsentrasi Polutan Dengan Pemodelan Dispersi Gauss Menggunakan Matlab. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5(2), 227–234. <https://doi.org/10.29303/jpft.v5i2.1341>
- Abidin, J., Purqon, A., & Studi Magister Sains Komputasi, P. (2016). *Pemodelan Polusi Udara dengan Gaussian Plume*. <http://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/pubs/figure2-2>
- Ambarsari, N., Komala, N., Afif, D., Bidang, B., Ozon, P., Udara, P., Pemanfaatan, P., Atmosfer, S., Lapan, I., Djundjunan, J., & 133 Bandung, N. (2008a). *PENGARUH KARBON MONOKSIDA TERHADAP OZON PERMUKAAN*.
- Ambarsari, N., Komala, N., Afif, D., Bidang, B., Ozon, P., Udara, P., Pemanfaatan, P., Atmosfer, S., Lapan, I., Djundjunan, J., & 133 Bandung, N. (2008b). *PENGARUH KARBON MONOKSIDA TERHADAP OZON PERMUKAAN*.
- Ambarsari, N., Sain, P., Atmosfer, T., Penerbangan, L., Nasional, A., & Djundjunan, J. (2015). *EFEK RADIKAL HIDROXYL (OH) DAN NITRIC OXIDE (NO) DALAM REAKSI KIMIA OZON DI ATMOSFER*.
- Aryo Sasmita, D. A. dan P. H. (2019). PEMETAAN SEBARAN PARTIKULAT DARI PEMBAKARAN LIMBAH PADAT INDUSTRI PENGOLAHAN SAWIT, DI KABUPATEN KAMPAR, RIAU. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(18), 57–67.
- Chen, S., Wei, W., Wang, C., Wang, X., Zhou, C., & Cheng, S. (2025). A modeling approach to dynamically estimating local photochemistry process and its contribution to surface O₃ pollution. *Journal of Environmental Management*, 373. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123450>
- Cimorelli, A. J., Perry, S. G., Venkatram, A., Weil, J. C., Paine, R. J., Wilson, R. B., Lee, R. F., Peters, W. D., & Brode @@, R. W. (2005). *AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization*.

- Damayanti, R., Roswandi, I., Prfn-Batan, Z., Puspipetek, K., 71, G., & Selatan - 15310, T. (2015). PERHITUNGAN SEBARAN OZON DARI CEROBONG IRADIATOR GAMMA PRFN. *PRIMA*, 12(2).
- Dwiki Likuisa, MS. H. A. (2019). *NASKAH PUBLIKASI SISTEM PEMANTAU KUALITAS UDARA BERBASIS INTERNET OF THINGS*.
- Ersa, N. S., Akbar, S. J., Fadhliani, F., Akbar, T. I. S., & Ikhwal, M. F. (2023). Analisis Beban Emisi Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Transportasi Kendaraan Bermotor di Jalan Keude Cunda, Kota Lhokseumawe. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 391. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i2.898>
- Gonzalez, A., Mallia, D., Lin, J. C., Mitchell, L., Wilmot, T. Y., Daher, N., Sghiatti, M., & Harkins, C. (2024). Examining the sensitivity of ozone to NO_x and VOCs in the Salt Lake City urban region from spatiotemporal patterns observed using stationary and mobile observations collected from a light-rail public transit platform. *Atmospheric Environment*, 334. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120686>
- Hanura, L. F. A. A. R. A. (2019). Pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap kesehatan. *UNM Environmental Journals*, 2, 57–61.
- Indra, O., Iqbal, P., Williams, M., Saputro, M. J., & Waluya, U. M. (2024). Program Studi D-III Sanitasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Mandala Waluya 1,2,3 Departemen/Program Studi D-III Sanitasi Fakultas Sains dan Teknologi. *JIRK Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(1).
- Iriani, L., & Pribadi, D. A. (2023). Analisis Sebaran Konsentrasi PM 2,5 Menggunakan Model AERMOD di Jalur Protokol Kota Bogor. *JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN*, Vol. 08(No. 03). <https://doi.org/10.29244/jsil.8.3.213-222>
- Ismahani, R., Anurogo, D. W., & Kunci, K. (2022). Indonesian Journal of Conservation Pemodelan AERMOD Untuk Proyeksi Pola Penyebaran Emisi Heat Recovery Steam Generator PT X dan PT Y. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(2), 51–63. <https://doi.org/10.15294/ijc.v11i2.37953>

- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi.
- Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. 2002. No. 153 Tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Gubernur DIY.
- Kusuma, W., Boedisantoso, R., Wilujeng, S. 2010. Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon Di Surabaya Bagian Barat. Laporan Tugas Akhir. Surabaya: ITS
- Leksmono, N. S., Longhurst, J. W. S., Ling, K. A., Chatterton, T. J., Fisher, B. E. A., & Irwin, J. G. (2006). Assessment of the relationship between industrial and traffic sources contributing to air quality objective exceedences: a theoretical modelling exercise. *Environmental Modelling & Software*, 21(4), 494–500. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2004.07.012>
- Muhammad Agus Ainur Rosyid, E. N. H. dan F. P. (2021). JENIS KENDARAAN BERMOTOR TERHADAP PENINGKATAN KONSENTRASI NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI SEKITAR BUNDARAN DOLOG. JURNAL ENVIROTEK , VOL 13 NO 1.
- Nugroho, A. W., & Sofyan, A. (2010). *SISTEM PEMODELAN KUALITAS UDARA TERINTEGRASI DENGAN MENGGUNAKAN AERMOD, WRF-CHEM DAN PYTHON*.
- Otero, N., Sillmann, J., Schnell, J. L., Rust, H. W., & Butler, T. (2016). Synoptic and meteorological drivers of extreme ozone concentrations over Europe. *Environmental Research Letters*, 11(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024005>
- Patmasari, S. 2018. Model Matematika Dari Penyebaran Polutan Di Udara Dengan Model Gaussian Plume, MATHunesa Jurnal Ilmiah Matematika, 6(2), ISSN 2301-911.
- Platikanov, S., Terrado, M., Pay, M. T., Soret, A., & Tauler, R. (2022). Understanding temporal and spatial changes of O₃ or NO₂ concentrations combining multivariate data analysis methods and air quality transport models.

- Science of the Total Environment*, 806.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150923>
- Qonitan, F. D. (2018). Pengaruh Fenomena El Nino Southern Oscillation (ENSO) Terhadap Peningkatan Ozon Troposferik di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(3). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i3.2508>
- Rahmasari, R. N., Jati, D. R., & Jumiati, J. (2023). Inventarisasi Emisi dari Sektor Transportasi Darat di Kota Pontianak. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(3), 627–635. <https://doi.org/10.14710/jil.21.3.627-635>
- Reed, K. F., Casper, D. P., France, J., & Kebeab, E. (2015). Prediction of nitrogen efficiency in dairy cattle: A review. In *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* (Vol. 10). CABI International. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201510001>
- Sasmita, A., Andrio, Da., & Hasiubuan, P. (2019). PEMETAAN SEBARAN PARTIKULAT DARI PEMBAKARAN LIMBAH PADAT INDUSTRI PENGOLAHAN SAWIT, DI KABUPATEN KAMPAR, RIAU. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2, 57–67.
- Silo, K., Jember, K., Lichen, M., Bioindikator, S., Fandani, S. T., Sulistiyowati, H., Setiawan, R., & Biologi, J. (2019). *Tingkat Pencemaran Udara di Desa Silo dan Pace*. <http://limnologi.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkat>
- Stewart, R. H., & Stewart, R. (2009). *PHYSICAL OCEANOGRAPHY PHYSICAL OCEANOGRAPHY Introduction to Introduction to Introduction to Physical Oceanography*.
http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/PDF_files...
- Sulistiyono, A., Hartanto, H., Fathuroyan, F., Saputra, D., & Arifin, I. B. (2019). Studi Profil Ozon Permukaan (O₃) Dan Gas Monoksida (CO) Antara Kota Bandung Dan Bukit Kototabang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 239. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.239-244>
- Warsita Masdat, D., Satria Putra, Y., & Adriat, R. (2022). Keterkaitan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Ozon Permukaan (O₃) Di wilayah Kalimantan Barat. *PRISMA FISIKA*, 10(3), 251–258.
<https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets?page=2&me>

- Weilong Wang, D. X. J. W. H. W. (n.d.). *The cost of pollution in the digital era: Impediments of air pollution on enterprise digital transformation.*
- Yoo, J. M., Lee, Y. R., Kim, D., Jeong, M. J., Stockwell, W. R., Kundu, P. K., Oh, S. M., Shin, D. Bin, & Lee, S. J. (2014). New indices for wet scavenging of air pollutants (O₃, CO, NO₂, SO₂, and PM₁₀) by summertime rain. *Atmospheric Environment*, 82, 226–237.
<https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2013.10.022>
- Zhao, Y., Li, Y., Kumar, A., Ying, Q., Vandenberghe, F., & Kleeman, M. J. (2022). Separately resolving NO_x and VOC contributions to ozone formation. *Atmospheric Environment*, 285.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119224>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Lapangan

Tanggal: Selasa, 4 Februari

No	Lokasi	Waktu	Menit ke	Kec Angln (m/s)	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Tekanan (mmHg)
1	Weekday Titik 2 Ji Bantul	Pagi (08.00 – 09.00)	15'	1,5	29,5	75,6	746,6
			30'	2,3	30,4	68,6	745,7
			45'	1,8	30,8	65,7	745,7
			60'	0,8	31,7	59,5	745,8
2		Siang (12.00 – 13.00)	15'	0,1	34	56	744,5
			30'	2	35,4	50,8	744,3
			45'	0,6	35,9	52,8	744
			60'	0,3	35,7	49,3	743,8
3		Sore (15.00 – 16.00)	15'	0,9	39,8	61,9	742,9
			30'	0	34,8	59	742,8
			45'	1	34,4	62,1	743
			60'	1,7	34,1	64,7	743

Tanggal: Sabtu, 1 Februari

No	Lokasi	Waktu	Menit ke	Kec Angin (m/s)	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Tekanan (mmHg)
1	Weekend Titik 2 Ji Bantul	Pagi (08.00 – 09.00)	15'	1,5	28,5	78,8	746
			30'	0,7	28,8	77,7	746
			45'	1,3	29,8	76,1	746,1
			60'	2,5	28,8	76,4	745,7
2		Siang (12.00 – 13.00)	15'	0,7	34,9	59,1	745,4
			30'	0,7	33,8	61,6	745,3
			45'	1,5	34	59,7	742,7
			60'	1,4	33,9	58,2	742,7
3		Sore (15.00 – 16.00)	15'	1,4	33,9	58,2	742,7
			30'	1,8	33,4	60,8	742,7
			45'	0,2	33,1	62,8	743,7
			60'	0,2	33,1	62,5	743

FORM DATA METEOROLOGI SAMPLING OZON (O3)

Tanggal: Kamis, 30 Januari 2025

No	Lokasi	Waktu	Menit ke	Kec Angin (m/s)	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Tekanan (mmHg)
1	Weekday Titik 2 Jl Di Panjaitan	Pagi (08.00 – 09.00)	15'	2,2	28,7	76,5	746,9
			30'	1,2	29,8	73,9	746,6
			45'	0,4	30,8	69,3	746,0
			60'	0,2	31,1	68,7	746,8
2		Siang (12.00 – 13.00)	15'	1,1	31,7	68,1	746,0
			30'	1,5	33,2	63,6	745,7
			45'	1,7	33,8	62,6	745,6
			60'	1	34,9	62,2	745,3
3		Sore (15.00 – 16.00)	15'	4,5	31,1	60,3	744,5
			30'	3,4	30,6	64,6	744,6
			45'	2,1	30,6	63,9	744,6
			60'	2,6	30,3	63,5	744,6

Tanggal: Minggu, 2 Februari 2025

No	Lokasi	Waktu	Menit ke	Kec Angin (m/s)	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Tekanan (mmHg)
1	Weekend Titik 2 Jl Di Panjaitan	Pagi (08.00 – 09.00)	15'	1,1	29,1	78,5	745,6
			30'	1,1	30,4	72,1	745,6
			45'	1,7	30	73,5	745,7
			60'	1,1	30,4	72,2	745,6
2		Siang (12.00 – 13.00)	15'	0	33,3	65,5	744,5
			30'	0	33,3	68,1	744,5
			45'	0,2	34,1	62,6	744,2
			60'	0,4	34,5	63,7	744,1
3		Sore (15.00 – 16.00)	15'	0,5	34,4	61	743,3
			30'	0,2	34	61,4	743,3
			45'	0	32,6	65,9	743,6
			60'	0	32,1	67,1	743,6

Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Perkusor Ozon (O₃)

Contoh perhitungan konsentrasi ozon (O₃) Jalan Bantul:

- Perhitungan jumlah ozon (O₃) (μg)

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0528x - 0,0017$$

$$x = \frac{y+a}{b}$$

Digunakan nilai absorbansi (y) = 0,029

$$x = \frac{0,029 + 0,0017}{0,0528}$$

$$x = 0,58144 \text{ } \mu\text{g}$$

- Perhitungan volume udara yang didapatkan

$$t = 30 \text{ menit}$$

$$F = 1,5 \text{ L/m}$$

$$T = 302,4 \text{ K}$$

$$P = 746,85 \text{ mm/Hg}$$

$$V = F \times t \times \frac{P}{T} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 1,5 \times 30 \times \frac{746,85}{302,4} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 43,5779 \text{ Nm}^3$$

- Perhitungan Konsentrasi gas ozon (O₃)

Diketahui x (μg) blanko perjalanan = 0,29735 μg

$$C = \frac{a}{V} \times 1000$$

$$C = \frac{0,58144 - 0,29735}{43,5779} \times 1000$$

$$C = 6,51914 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

Contoh perhitungan konsentrasi ozon (O₃) Jalan Bantul:

- Perhitungan jumlah ozon (O₃) (μg)

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0528x - 0,0017$$

$$x = \frac{y+a}{b}$$

Digunakan nilai absorbansi (y) = 0,029

$$x = \frac{0,029 + 0,0017}{0,0528}$$

$$x = 0,58144 \mu\text{g}$$

- Perhitungan volume udara yang didapatkan

$$t = 30 \text{ menit}$$

$$F = 1,5 \text{ L/m}$$

$$T = 302,4 \text{ K}$$

$$P = 746,85 \text{ mm/Hg}$$

$$V = F \times t \times \frac{P}{T} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 1,5 \times 30 \times \frac{746,85}{302,4} \times \frac{298}{760}$$

$$V = 43,5779 \text{ Nm}^3$$

- Perhitungan Konsentrasi gas ozon (O₃)

Diketahui x (μg) blanko perjalanan = 0,29735 μg

$$C = \frac{a}{V} \times 1000$$

$$C = \frac{0,58144 - 0,29735}{43,5779} \times 1000$$

$$C = 6,51914 \mu\text{g/m}^3$$

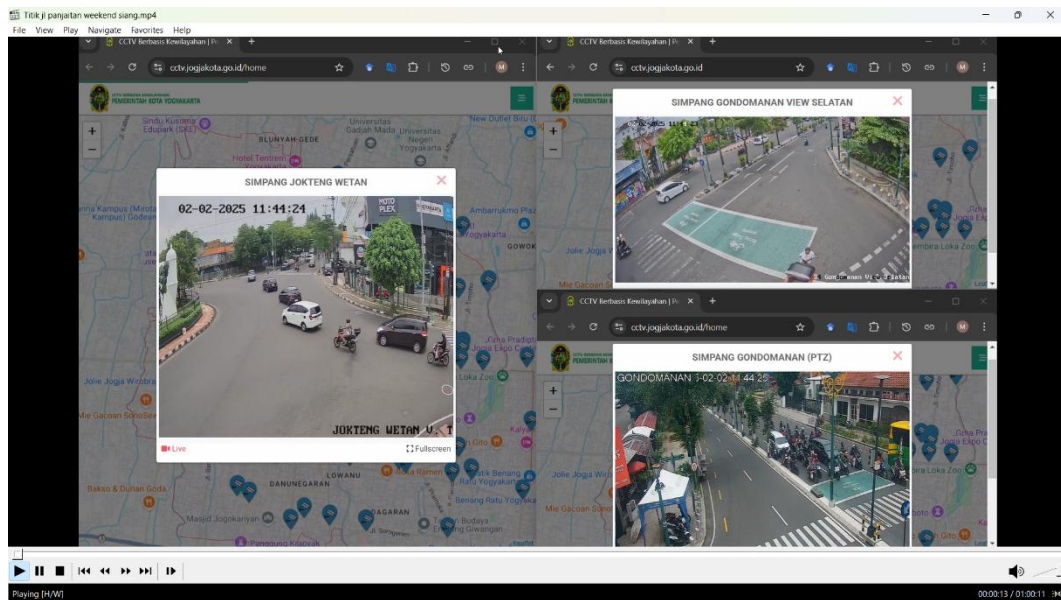
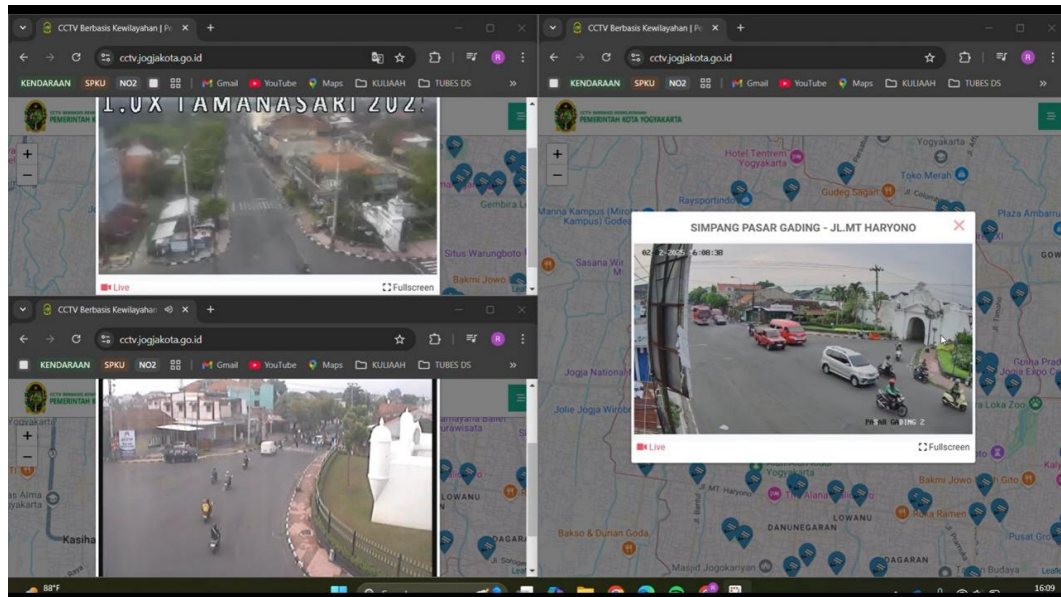
JL BANTUL WEEKDAY										
Sesi	Kode Sampel	T (menit)	F (L/m)	T		P	V	Abs (y)	X (μg O ₃)	C (μg/m ³)
				Celcius	Kelvin	mm/Hg	O ₃			Rata-rata
Pagi	Y1A	30	1,5	30,0	303,1	745,7	43,40745	0,046	0,903409	13,96213
	Y1B	30	1,5	31,3	304,4	745,8	43,22787	0,027	0,543561	5,695681
Siang	Y2A	30	1,5	34,7	307,9	744,4	42,66605	0,062	1,206439	21,30713
	Y2B	30	1,5	35,8	309,0	743,9	42,48558	0,041	0,808712	12,03617
Sore	Y3A	30	1,5	34,3	307,5	742,9	42,6326	0,05	0,979167	15,99288
	Y3B	30	1,5	34,3	307,4	743,0	42,64814	0,042	0,827652	12,43438
B perjalanan				33,4	306,5	744,3	0,952052	0,014	0,297348	

JL BANTUL WEEKEND										
Sesi	Kode Sampel	T (menit)	F (L/m)	T		P	V	Abs (y)	X (μg O ₃)	C (μg/m ³)
				Celcius	Kelvin	mm/Hg	O ₃			Rata-rata
Pagi	Y1A	30	1,50	28,55	301,70	746,00	43,62935	0,016	0,335227	5,643269
	Y1B	30	1,50	29,10	302,25	746,10	43,55579	0,008	0,183712	2,174153
Siang	Y2A	30	1,51	34,35	307,50	743,55	43,02138	0,02	0,410985	7,483946
	Y2B	30	1,50	33,95	307,10	743,00	42,68981	0,121	2,323864	52,35087
Sore	Y3A	30	1,51	33,65	306,80	742,70	43,07025	0,141	2,702652	60,6831
	Y3B	30	1,50	33,25	306,40	742,85	42,7787	0,037	0,732955	15,05281
B perjalanan				32,14	305,29	744,03	0,955609	0,003	0,089015	

JL DI PANJAITAN WEEKDAY											
Sesi	Kode Sampel	T (menit)	F (L/m)	T		P	V	Abs (y)	X (µg O3)	C (µg/m3)	
				Celcius	Kelvin	mm/Hg	O3				Rata-rata
Pagi	Y1A	30	1,50	29,25	302,40	746,85	43,57795	0,029	0,581439	6,519144	13,53
	Y1B	30	1,50	30,95	304,10	746,80	43,33144	0,061	1,1875	20,54286	
Siang	Y2A	30	1,50	32,65	305,80	745,85	43,03573	0,06	1,168561	20,24392	20,75
	Y2B	30	1,50	34,35	307,50	745,45	42,77486	0,062	1,206439	21,25293	
Sore	Y3A	30	1,50	30,85	304,00	744,55	43,21509	0,028	0,5625	6,135623	35,02
	Y3B	30	1,50	30,45	303,60	744,60	43,27494	0,16	3,0625	63,8973	
B perjalanan				31,42	304,57	745,68	0,960008	0,014	0,297348		

JL DI PANJAITAN WEEKEND											
Sesi	Kode Sampel	T (menit)	F (L/m)	T		P	V	Abs (y)	X (µg O3)	C (µg/m3)	
				Celcius	Kelvin	mm/Hg	O3				Rata-rata
Pagi	Y1A	30	1,53	29,75	302,90	745,60	44,15709	0,018	0,3731061	6,433643	12,02
	Y1B	30	1,49	30,20	303,35	745,75	43,01601	0,043	0,8465909	17,61148	
Siang	Y2A	30	1,50	33,35	306,50	744,40	42,85397	0,051	0,9981061	21,21369	22,58
	Y2B	30	1,50	34,30	307,45	744,15	42,70721	0,057	1,1117424	23,94742	
Sore	Y3A	30	1,50	34,20	307,35	743,30	42,6723	0,05	0,9791667	20,86017	31,82
	Y3B	30	1,50	32,35	305,50	743,60	42,94804	0,1	1,9261364	42,77544	
B perjalanan				32,36	305,51	744,47	0,955487	0,003	0,0890152		

Lampiran 3 Tampilan Lalu Lintas Penelitian (CCTV ATCS)



Lampiran 4 Perhitungan Inventarisasi Emisi

No	Jalan	W	L (pjg)	A	L	Volume kendaraan Q					VKT GARIS				
		(lebar)				MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK	MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK
		(m)	(m)	(m^2)	(km)	(kendaraan/jam)					(Km/jam)				
				E=C*D		(hitung manual)					(Q*L)				
1	Jl Wahid Hasyim	9	1315,8	11842,2	1,316	5773	1159	96	131	24	7595,456	1525,341	126,3168	172,3698	30,9213
2	Jl Suryowijayan	9	484,6	4361,4	0,485	5179	1045	126	103	30	2509,501	506,2859	60,8173	49,79265	14,538
3	Jl Bantul	10	477,0	4770,0	0,477	12449	1259	203	45	55	5938,173	600,543	96,5925	21,2265	25,9965
4	Jl MT Haryono	10	759,5	7595,0	0,760	6662	1277	176	73	75	5059,789	969,6916	133,8619	55,4435	57,15238
5	Jl Panjaitan	7	460,0	3220,0	0,460	4824	859	86	131	27	2218,81	395,14	39,56	60,26	12,42
6	Jl Mayjen Sutoyo	13	630,6	8197,8	0,631	6915	1546	201	63	78	4360,757	974,9076	126,7506	39,7278	49,1868
7	Jl Parangtriis	11	448,0	4928,0	0,448	7687	1361	159	44	55	3443,664	609,728	71,008	19,6	24,64
8	Jl Brigjen Katamso	12	1485,0	17820,0	1,485	10263	2096	192	52	58	15240,93	3112,56	284,3775	76,4775	86,13
9	Jl Panembahan Senopati	15	700,9	10513,5	0,701	13911	1553	370	128	57	9750,22	1088,322	259,1578	89,36475	39,60085
10	Jl KH Ahmad Dahlan	16	1102,4	17638,4	1,102	15107	1653	550	101	58	16653,41	1821,992	606,32	111,3424	64,2148

Jalan	FAKTOR EMISI CO					E garis CO					E garis CO Total		
	MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK	MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK			
	(gr/km)					(gr/jam)					(gr/jam)	(gr/dtk)	gr/s/m2
						(VKT*FE)							ke aermod
Jl Wahid Hasyim	14	40	2,8	11	8,4	106336,377	61013,65	353,687	1896,068	259,7389	169859,5168	47,1831991	0,003984327
Jl Suryowijayan	14	40	2,8	11	8,4	35133,0154	20251,43	170,2884	547,7192	122,1192	56224,57619	15,61793783	0,003580946
Jl Bantul	14	40	2,8	11	8,4	83134,422	24021,72	270,459	233,4915	218,3706	107878,4631	29,96623975	0,006282231
Jl MT Haryono	14	40	2,8	11	8,4	70837,046	38787,67	374,8133	609,8785	480,08	111089,4827	30,85818964	0,004062961
Jl Panjaitan	14	40	2,8	11	8,4	31063,34	15805,6	110,768	662,86	104,328	47746,896	13,26302667	0,004118952
Jl Mayjen Sutoyo	14	40	2,8	11	8,4	61050,5931	38996,3	354,9017	437,0058	413,1691	101251,9737	28,12554825	0,003430865
Jl Parangtriis	14	40	2,8	11	8,4	48211,296	24389,12	198,8224	215,6	206,976	73221,8144	20,33939289	0,004127312
Jl Brigjen Katamso	14	40	2,8	11	8,4	213372,9675	124502,4	796,257	841,2525	723,492	340236,369	94,5101025	0,005303597
Jl Panembahan Senopati	14	40	2,8	11	8,4	136503,0786	43532,9	725,6418	983,0123	332,6471	182077,2788	50,57702188	0,004810674
Jl KH Ahmad Dahlan	14	40	2,8	11	8,4	233147,6784	72879,66	1697,696	1224,766	539,4043	309489,2091	85,96922476	0,004873981

Jalan	FAKTOR EMISI NOx					E garis NOx					E garis NOx Total		
	MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK	MOTOR	MOBIL (Bensin)	MOBIL (Solar)	BUS	TRUK			
	(gr/km)					(gr/jam)					(gr/jam)	(gr/dtk)	gr/s/m2
						(VKT*FE)							ke aermod
Jl Wahid Hasyim	0,29	2	3,5	11,9	17,7	2202,682	3050,682	442,1088	2051,201	547,307	8293,980825	2,303883563	0,000194549
Jl Suryowijayan	0,29	2	3,5	11,9	17,7	727,7553	1012,572	212,8606	592,5325	257,3226	2803,042704	0,778622973	0,000178526
Jl Bantul	0,29	2	3,5	11,9	17,7	1722,07	1201,086	338,0738	252,5954	460,1381	3973,96332	1,1038787	0,000231421
Jl MT Haryono	0,29	2	3,5	11,9	17,7	1467,339	1939,383	468,5166	659,7777	1011,597	5546,61331	1,540725919	0,000202861
Jl Panjaitan	0,29	2	3,5	11,9	17,7	643,4549	790,28	138,46	717,094	219,834	2509,1229	0,696978583	0,000216453
Jl Mayjen Sutoyo	0,29	2	3,5	11,9	17,7	1264,619	1949,815	443,6271	472,7608	870,6064	5001,428909	1,389285808	0,000169471
Jl Parangtriis	0,29	2	3,5	11,9	17,7	998,6626	1219,456	248,528	233,24	436,128	3136,01456	0,871115156	0,000176768
Jl Brigjen Katamso	0,29	2	3,5	11,9	17,7	4419,869	6225,12	995,3213	910,0823	1524,501	14074,89311	3,909692531	0,000219399
Jl Panembahan Senopati	0,29	2	3,5	11,9	17,7	2827,564	2176,645	907,0522	1063,441	700,935	7675,636504	2,132121251	0,000202798
Jl KH Ahmad Dahlan	0,29	2	3,5	11,9	17,7	4829,488	3643,983	2122,12	1324,975	1136,602	13057,16734	3,626990929	0,00020563

Jalan	E garis CO Total	E garis NOx Total	Pembentuk O3 (NOx 60 % - 70 %; CO 10 % - 20 %)		
			CO	NOx	O3
			20%	70%	jumlah CO+NOx
	(gr/dtk)	(gr/dtk)	(gr/dtk)	(gr/dtk)	(gr/dtk)
Jl Wahid Hasyim	47,1831991	2,303883563	9,43663982	1,612718494	11,04935831
Jl Suryowijayan	15,61793783	0,778622973	3,123587566	0,545036081	3,668623647
Jl Bantul	29,96623975	1,1038787	5,99324795	0,77271509	6,76596304
Jl MT Haryono	30,85818964	1,540725919	6,171637928	1,078508144	7,250146071
Jl Panjaitan	13,26302667	0,696978583	2,652605333	0,487885008	3,140490342
Jl Mayjen Sutoyo	28,12554825	1,389285808	5,62510965	0,972500066	6,597609716
Jl Parangtriis	20,33939289	0,871115156	4,067878578	0,609780609	4,677659187
Jl Brigjen Katamso	94,5101025	3,909692531	18,9020205	2,736784772	21,63880527
Jl Panembahan Senopati	50,57702188	2,132121251	10,11540438	1,492484876	11,60788925
Jl KH Ahmad Dahlan	85,96922476	3,626990929	17,19384495	2,53889365	19,7327386

Lampiran 5 Tabel Konsentrasi *Plot File Grid View*

X	Y	Concentration (AVERAGE CONC) [ug/m^3]	Elevation (ZELEV)	Hill Height s (ZHILL)	Flagpole (ZFLAG)	Averagin Period (AVE)	Source Group (GRP)	Rank	Net ID	Date (DATE(CON)
424865,9 1	9131432,8 4	9,84436	102,4	122	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	18/09/2024 24 hr
425365,9 1	9131432,8 4	10,57759	69,1	69,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/11/2024 01 hr
425865,9 1	9131432,8 4	10,72823	60,3	60,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/10/2024 01 hr
426365,9 1	9131432,8 4	10,92908	62,7	62,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
426865,9 1	9131432,8 4	10,98801	68,4	68,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	16/10/2024 24 hr
427365,9 1	9131432,8 4	11,11872	67,9	67,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
427865,9 1	9131432,8 4	11,30437	61,9	61,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 01 hr
428365,9 1	9131432,8 4	11,00207	62,7	62,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 24 hr
428865,9 1	9131432,8 4	11,36405	62,9	62,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9131432,8 4	11,44188	64,1	64,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/05/2024 18 hr

429865,9 1	9131432,8 4	11,37413	61,1	61,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 02 hr
430365,9 1	9131432,8 4	11,47708	65,3	65,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9131432,8 4	11,56741	63,1	63,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 21 hr
431365,9 1	9131432,8 4	11,58284	63,2	63,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 02 hr
431865,9 1	9131432,8 4	11,4655	61,2	61,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 04 hr
432365,9 1	9131432,8 4	11,25673	62,7	62,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 24 hr
432865,9 1	9131432,8 4	10,66	63,4	63,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/08/2024 24 hr
433365,9 1	9131432,8 4	10,81719	62,7	62,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/09/2024 19 hr
433865,9 1	9131432,8 4	10,55962	65,6	65,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/05/2024 23 hr
434365,9 1	9131432,8 4	10,53229	62,1	62,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
434865,9 1	9131432,8 4	10,07649	67	67	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/04/2024 02 hr
424865,9 1	9131932,8 4	10,68008	76,5	133	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
425365,9 1	9131932,8 4	10,81175	78,5	78,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 20 hr
425865,9 1	9131932,8 4	11,3105	80,1	80,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/11/2024 01 hr

426365,9 1	9131932,8 4	11,18211	65,3	65,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/10/2024 01 hr
426865,9 1	9131932,8 4	11,32696	65,3	65,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
427365,9 1	9131932,8 4	11,59377	65,8	65,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
427865,9 1	9131932,8 4	11,671	65,6	65,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
428365,9 1	9131932,8 4	11,60747	69,1	69,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 24 hr
428865,9 1	9131932,8 4	11,68086	66,3	66,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9131932,8 4	11,71924	68	68	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/05/2024 18 hr
429865,9 1	9131932,8 4	11,84301	66,8	66,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 02 hr
430365,9 1	9131932,8 4	11,88951	66,8	66,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9131932,8 4	12,10118	70,6	70,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 21 hr
431365,9 1	9131932,8 4	11,96419	66	66	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 23 hr
431865,9 1	9131932,8 4	11,8251	65,2	65,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 22 hr
432365,9 1	9131932,8 4	11,67789	65,7	65,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 24 hr
432865,9 1	9131932,8 4	11,25317	65,6	65,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/11/2024 21 hr

433365,9 1	9131932,8 4	11,01793	63,5	63,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/09/2024 19 hr
433865,9 1	9131932,8 4	11,03147	66,5	66,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
434365,9 1	9131932,8 4	10,53506	68,2	68,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/04/2024 02 hr
434865,9 1	9131932,8 4	10,19162	65,3	65,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
424865,9 1	9132432,8 4	10,43417	66,6	66,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
425365,9 1	9132432,8 4	10,98974	66,9	66,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
425865,9 1	9132432,8 4	11,11724	62,7	62,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 20 hr
426365,9 1	9132432,8 4	11,54005	64,9	64,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/11/2024 01 hr
426865,9 1	9132432,8 4	11,85889	76,3	76,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
427365,9 1	9132432,8 4	11,7863	69,9	69,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	16/10/2024 24 hr
427865,9 1	9132432,8 4	11,85562	71	71	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
428365,9 1	9132432,8 4	11,96402	68,8	68,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 01 hr
428865,9 1	9132432,8 4	11,82432	69,6	69,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9132432,8 4	12,03668	70,3	70,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/02/2024 04 hr

429865,9 1	9132432,8 4	12,09931	66,9	66,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 02 hr
430365,9 1	9132432,8 4	12,31151	68,2	68,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9132432,8 4	12,50322	72	72	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 21 hr
431365,9 1	9132432,8 4	12,52804	71,5	71,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/09/2024 01 hr
431865,9 1	9132432,8 4	12,21141	71,3	71,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 24 hr
432365,9 1	9132432,8 4	11,62136	70,4	70,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/08/2024 24 hr
432865,9 1	9132432,8 4	11,76487	67,1	67,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/09/2024 19 hr
433365,9 1	9132432,8 4	11,44404	66,3	66,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/05/2024 23 hr
433865,9 1	9132432,8 4	11,0303	69	69	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
434365,9 1	9132432,8 4	10,7314	70,5	70,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
434865,9 1	9132432,8 4	10,20607	72,2	72,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/10/2024 24 hr
424865,9 1	9132932,8 4	10,82863	66,7	66,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 19 hr
425365,9 1	9132932,8 4	10,99602	65,7	65,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
425865,9 1	9132932,8 4	11,44505	64,4	64,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr

426365,9 1	9132932,8 4	11,88564	72,5	72,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 20 hr
426865,9 1	9132932,8 4	12,2495	74,8	74,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/10/2024 01 hr
427365,9 1	9132932,8 4	12,3729	73,2	73,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
427865,9 1	9132932,8 4	12,43355	71,9	71,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
428365,9 1	9132932,8 4	12,39817	71,6	71,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
428865,9 1	9132932,8 4	12,1993	75,1	75,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 24 hr
429365,9 1	9132932,8 4	12,50968	76,3	76,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429865,9 1	9132932,8 4	12,67928	71,7	71,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/09/2024 23 hr
430365,9 1	9132932,8 4	12,80644	70,4	70,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9132932,8 4	12,97511	72,4	72,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/11/2024 19 hr
431365,9 1	9132932,8 4	13,11801	77,5	77,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 04 hr
431865,9 1	9132932,8 4	12,84777	74,6	74,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 24 hr
432365,9 1	9132932,8 4	12,30845	69,7	69,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/09/2024 19 hr
432865,9 1	9132932,8 4	12,09954	71,5	71,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/05/2024 23 hr

433365,9 1	9132932,8 4	11,64854	67,9	67,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
433865,9 1	9132932,8 4	11,23039	71,1	71,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
434365,9 1	9132932,8 4	10,69041	70,2	70,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/10/2024 24 hr
434865,9 1	9132932,8 4	10,85212	73,1	73,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
424865,9 1	9133432,8 4	11,23408	96,4	96,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/10/2024 18 hr
425365,9 1	9133432,8 4	11,79389	93,4	93,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 19 hr
425865,9 1	9133432,8 4	11,69304	71,8	109	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
426365,9 1	9133432,8 4	12,21351	76,6	76,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
426865,9 1	9133432,8 4	12,69707	82,1	82,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 20 hr
427365,9 1	9133432,8 4	12,74785	72,4	72,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/10/2024 01 hr
427865,9 1	9133432,8 4	12,69257	73	73	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	16/10/2024 24 hr
428365,9 1	9133432,8 4	12,69931	73,4	73,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
428865,9 1	9133432,8 4	12,66585	75,5	75,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 01 hr
429365,9 1	9133432,8 4	12,87834	76,7	76,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr

429865,9 1	9133432,8 4	13,33945	76,4	76,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/05/2024 18 hr
430365,9 1	9133432,8 4	13,459	73,1	73,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9133432,8 4	13,82023	79,1	79,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/11/2024 19 hr
431365,9 1	9133432,8 4	13,64124	78,8	78,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/09/2024 22 hr
431865,9 1	9133432,8 4	12,95071	75,5	75,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/11/2024 21 hr
432365,9 1	9133432,8 4	12,67474	74,4	74,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 19 hr
432865,9 1	9133432,8 4	12,45148	75,3	75,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
433365,9 1	9133432,8 4	11,7659	72,2	72,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
433865,9 1	9133432,8 4	11,35621	76,4	76,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
434365,9 1	9133432,8 4	11,27406	75,2	75,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
434865,9 1	9133432,8 4	11,02511	79,9	79,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 24 hr
424865,9 1	9133932,8 4	11,39241	83,4	83,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 04 hr
425365,9 1	9133932,8 4	11,69642	86,9	86,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/10/2024 18 hr
425865,9 1	9133932,8 4	11,54579	100,4	106	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/10/2024 18 hr

426365,9 1	9133932,8 4	11,18594	106,8	114	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
426865,9 1	9133932,8 4	13,08434	88,2	107	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
427365,9 1	9133932,8 4	13,28974	77,4	77,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 20 hr
427865,9 1	9133932,8 4	13,57451	82,5	82,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
428365,9 1	9133932,8 4	13,35356	79,4	79,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
428865,9 1	9133932,8 4	13,23386	80,4	80,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
429365,9 1	9133932,8 4	13,35289	79,4	79,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 24 hr
429865,9 1	9133932,8 4	14,15617	78,4	78,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/05/2024 18 hr
430365,9 1	9133932,8 4	14,74908	79,7	79,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 01 hr
430865,9 1	9133932,8 4	15,00175	84	84	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 02 hr
431365,9 1	9133932,8 4	14,42947	77,8	77,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/05/2024 24 hr
431865,9 1	9133932,8 4	13,81901	80,3	80,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/09/2024 19 hr
432365,9 1	9133932,8 4	13,26971	79,4	79,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
432865,9 1	9133932,8 4	12,46061	79,6	79,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr

433365,9 1	9133932,8 4	12,00528	79,2	79,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
433865,9 1	9133932,8 4	11,70765	82	82	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 24 hr
434365,9 1	9133932,8 4	11,37694	83	83	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/09/2024 18 hr
434865,9 1	9133932,8 4	11,04482	83,3	83,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/09/2024 18 hr
424865,9 1	9134432,8 4	11,28306	79,9	79,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 20 hr
425365,9 1	9134432,8 4	11,62567	78,3	78,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 04 hr
425865,9 1	9134432,8 4	12,17424	85,7	85,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 04 hr
426365,9 1	9134432,8 4	12,58786	82,5	82,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/10/2024 18 hr
426865,9 1	9134432,8 4	13,04875	78	78	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
427365,9 1	9134432,8 4	13,81727	81,3	81,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
427865,9 1	9134432,8 4	14,51139	82,9	82,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/11/2024 01 hr
428365,9 1	9134432,8 4	14,51585	84,2	84,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
428865,9 1	9134432,8 4	13,99223	80,5	80,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9134432,8 4	15,04414	85	85	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 01 hr

429865,9 1	9134432,8 4	16,17482	84,1	84,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
430365,9 1	9134432,8 4	17,19129	80	80	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 01 hr
430865,9 1	9134432,8 4	16,76485	83,1	83,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/09/2024 01 hr
431365,9 1	9134432,8 4	15,21886	85,2	85,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/11/2024 21 hr
431865,9 1	9134432,8 4	14,39714	84,6	84,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
432365,9 1	9134432,8 4	13,16168	82,5	82,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
432865,9 1	9134432,8 4	12,62109	84	84	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
433365,9 1	9134432,8 4	12,16256	84,4	84,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 24 hr
433865,9 1	9134432,8 4	11,74645	83,1	83,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/09/2024 18 hr
434365,9 1	9134432,8 4	11,46865	85	85	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
434865,9 1	9134432,8 4	11,0448	81,6	81,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
424865,9 1	9134932,8 4	11,09396	81,2	81,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
425365,9 1	9134932,8 4	11,34365	80,4	80,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 20 hr
425865,9 1	9134932,8 4	11,98068	85,5	85,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 20 hr

426365,9 1	9134932,8 4	12,46512	84,7	84,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 04 hr
426865,9 1	9134932,8 4	13,09084	79,5	79,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 04 hr
427365,9 1	9134932,8 4	14,15284	82,6	82,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 19 hr
427865,9 1	9134932,8 4	15,64619	82,1	82,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
428365,9 1	9134932,8 4	16,95029	87,4	87,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 21 hr
428865,9 1	9134932,8 4	17,70523	85,3	85,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9134932,8 4	17,35491	87,5	87,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/02/2024 01 hr
429865,9 1	9134932,8 4	18,45608	88,8	88,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
430365,9 1	9134932,8 4	22,69113	84,1	84,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 01 hr
430865,9 1	9134932,8 4	19,5455	86,5	86,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 22 hr
431365,9 1	9134932,8 4	16,62236	85,6	85,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
431865,9 1	9134932,8 4	14,23865	87,4	87,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/04/2024 20 hr
432365,9 1	9134932,8 4	13,14361	85,1	85,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
432865,9 1	9134932,8 4	12,49115	87,6	87,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 24 hr

433365,9 1	9134932,8 4	12,00812	88,1	88,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/09/2024 18 hr
433865,9 1	9134932,8 4	11,72155	87,2	87,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
434365,9 1	9134932,8 4	11,41715	86,9	86,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 03 hr
434865,9 1	9134932,8 4	11,07506	83,6	83,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/12/2024 01 hr
424865,9 1	9135432,8 4	11,01745	84,8	84,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/01/2025 04 hr
425365,9 1	9135432,8 4	11,14553	85,1	85,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
425865,9 1	9135432,8 4	11,65693	89,2	89,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
426365,9 1	9135432,8 4	12,04464	88,3	88,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
426865,9 1	9135432,8 4	12,5808	81,3	81,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
427365,9 1	9135432,8 4	14,16198	87,1	87,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 20 hr
427865,9 1	9135432,8 4	16,85582	87,6	87,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 04 hr
428365,9 1	9135432,8 4	21,16671	89,2	89,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
428865,9 1	9135432,8 4	28,4115	88,7	88,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 04 hr
429365,9 1	9135432,8 4	22,76305	90	90	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/10/2024 01 hr

429865,9 1	9135432,8 4	22,84546	92,2	92,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
430365,9 1	9135432,8 4	41,10514	93,5	93,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 01 hr
430865,9 1	9135432,8 4	23,33799	91,3	91,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
431365,9 1	9135432,8 4	16,92334	89,2	89,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
431865,9 1	9135432,8 4	14,03085	90,6	90,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/03/2024 02 hr
432365,9 1	9135432,8 4	12,92237	88,2	88,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/08/2024 24 hr
432865,9 1	9135432,8 4	12,28212	90,2	90,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/10/2024 19 hr
433365,9 1	9135432,8 4	11,89826	89,5	89,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 03 hr
433865,9 1	9135432,8 4	11,62358	89,7	89,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/12/2024 01 hr
434365,9 1	9135432,8 4	11,42016	90,9	90,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 02 hr
434865,9 1	9135432,8 4	11,10237	85,6	85,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 02 hr
424865,9 1	9135932,8 4	11,1533	93,2	93,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
425365,9 1	9135932,8 4	11,20159	86,3	86,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
425865,9 1	9135932,8 4	11,33123	87,9	87,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/01/2025 04 hr

426365,9 1	9135932,8 4	11,67917	90,3	90,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
426865,9 1	9135932,8 4	12,51476	90,6	90,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
427365,9 1	9135932,8 4	14,28044	90,5	90,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
427865,9 1	9135932,8 4	17,82189	92,5	92,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
428365,9 1	9135932,8 4	25,14081	93,9	93,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
428865,9 1	9135932,8 4	53,36505	91,7	91,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
429365,9 1	9135932,8 4	27,19141	93	93	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 04 hr
429865,9 1	9135932,8 4	34,61036	96,1	96,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 03 hr
430365,9 1	9135932,8 4	175,09144	97,1	97,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 02 hr
430865,9 1	9135932,8 4	28,98026	93,9	93,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
431365,9 1	9135932,8 4	18,38272	93,3	93,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
431865,9 1	9135932,8 4	14,57421	93,9	93,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
432365,9 1	9135932,8 4	13,18587	91,6	91,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
432865,9 1	9135932,8 4	12,47942	93,5	93,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 03 hr

433365,9 1	9135932,8 4	11,98726	95,2	95,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 02 hr
433865,9 1	9135932,8 4	11,63998	94,8	94,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 02 hr
434365,9 1	9135932,8 4	11,40131	92,4	92,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
434865,9 1	9135932,8 4	10,9674	91,1	91,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
424865,9 1	9136432,8 4	11,07593	91,4	91,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/11/2024 03 hr
425365,9 1	9136432,8 4	11,16555	89,7	89,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
425865,9 1	9136432,8 4	11,39276	93,9	93,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
426365,9 1	9136432,8 4	11,555	91,7	91,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
426865,9 1	9136432,8 4	12,10848	96	96	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 24 hr
427365,9 1	9136432,8 4	13,98373	95,7	95,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/01/2025 05 hr
427865,9 1	9136432,8 4	17,27853	95	95	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 01 hr
428365,9 1	9136432,8 4	25,66565	96,3	96,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr
428865,9 1	9136432,8 4	53,01035	97,4	97,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 18 hr
429365,9 1	9136432,8 4	32,52684	96,8	96,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 24 hr

429865,9 1	9136432,8 4	27,17733	98,5	98,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 20 hr
430365,9 1	9136432,8 4	121,36693	99	99	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 01 hr
430865,9 1	9136432,8 4	29,86637	97,1	97,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
431365,9 1	9136432,8 4	21,09415	100,1	100,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
431865,9 1	9136432,8 4	16,12597	98,1	98,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
432365,9 1	9136432,8 4	13,90777	98	98	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/12/2024 01 hr
432865,9 1	9136432,8 4	12,75405	97,1	97,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 02 hr
433365,9 1	9136432,8 4	11,98933	97,8	97,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
433865,9 1	9136432,8 4	11,17096	96,8	96,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
434365,9 1	9136432,8 4	10,95135	96,2	96,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/10/2024 22 hr
434865,9 1	9136432,8 4	11,15614	93,4	93,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/10/2024 22 hr
424865,9 1	9136932,8 4	10,93013	95,9	95,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 03 hr
425365,9 1	9136932,8 4	10,97951	98,8	98,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/11/2024 03 hr
425865,9 1	9136932,8 4	11,3533	101,1	101,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/11/2024 03 hr

426365,9 1	9136932,8 4	12,00578	96,7	96,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
426865,9 1	9136932,8 4	13,09525	99,1	99,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 01 hr
427365,9 1	9136932,8 4	14,56295	99,5	99,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
427865,9 1	9136932,8 4	16,30335	99,9	99,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 24 hr
428365,9 1	9136932,8 4	20,46138	98,8	98,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 04 hr
428865,9 1	9136932,8 4	33,50289	98,3	98,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/11/2024 01 hr
429365,9 1	9136932,8 4	17,2041	100,5	100,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/05/2024 24 hr
429865,9 1	9136932,8 4	16,5763	104,3	104,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/08/2024 20 hr
430365,9 1	9136932,8 4	73,68261	105	105	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	29/01/2025 04 hr
430865,9 1	9136932,8 4	29,10239	97,4	97,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
431365,9 1	9136932,8 4	21,70444	105	105	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/12/2024 01 hr
431865,9 1	9136932,8 4	17,49892	103	103	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/06/2024 02 hr
432365,9 1	9136932,8 4	14,39064	99,8	99,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
432865,9 1	9136932,8 4	12,43212	99,4	99,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/10/2024 22 hr

433365,9 1	9136932,8 4	12,22688	95,3	95,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/10/2024 22 hr
433865,9 1	9136932,8 4	11,45144	100,2	100,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
434365,9 1	9136932,8 4	11,13206	100,6	100,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
434865,9 1	9136932,8 4	10,97368	98,2	98,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
424865,9 1	9137432,8 4	10,90415	96,7	96,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/12/2024 24 hr
425365,9 1	9137432,8 4	11,26896	96,5	96,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/11/2024 02 hr
425865,9 1	9137432,8 4	11,45003	103,8	103,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/03/2024 22 hr
426365,9 1	9137432,8 4	12,52074	95,9	95,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/03/2024 22 hr
426865,9 1	9137432,8 4	13,8591	98	98	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 03 hr
427365,9 1	9137432,8 4	16,2611	101,6	101,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/12/2024 03 hr
427865,9 1	9137432,8 4	20,80188	102,4	102,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/11/2024 03 hr
428365,9 1	9137432,8 4	31,19587	104,5	104,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/11/2024 03 hr
428865,9 1	9137432,8 4	50,07183	100,8	100,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	09/02/2024 19 hr
429365,9 1	9137432,8 4	36,57896	105,7	105,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 20 hr

429865,9 1	9137432,8 4	38,73588	105,1	105,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 03 hr
430365,9 1	9137432,8 4	66,84859	110,4	110,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/08/2024 19 hr
430865,9 1	9137432,8 4	47,68506	103,6	103,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/06/2024 21 hr
431365,9 1	9137432,8 4	30,08649	107,4	107,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
431865,9 1	9137432,8 4	20,14988	106,3	106,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
432365,9 1	9137432,8 4	15,55805	104,4	104,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/12/2024 18 hr
432865,9 1	9137432,8 4	13,157	104,3	104,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 22 hr
433365,9 1	9137432,8 4	12,06339	104,2	104,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 22 hr
433865,9 1	9137432,8 4	11,22557	104,2	104,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 23 hr
434365,9 1	9137432,8 4	10,7006	104,3	104,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/09/2024 23 hr
434865,9 1	9137432,8 4	10,47839	101,7	101,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/04/2024 18 hr
424865,9 1	9137932,8 4	10,87601	97,3	97,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr
425365,9 1	9137932,8 4	10,98049	102,2	102,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 01 hr
425865,9 1	9137932,8 4	11,67693	99,4	99,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr

426365,9 1	9137932,8 4	12,57856	100,6	100,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr
426865,9 1	9137932,8 4	13,6563	107,8	107,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr
427365,9 1	9137932,8 4	16,3468	104,9	104,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	31/10/2024 24 hr
427865,9 1	9137932,8 4	21,63744	106,8	106,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/01/2025 04 hr
428365,9 1	9137932,8 4	30,87931	106,9	106,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/02/2024 21 hr
428865,9 1	9137932,8 4	40,21915	104,1	104,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
429365,9 1	9137932,8 4	36,49668	108,9	108,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/04/2024 23 hr
429865,9 1	9137932,8 4	34,37928	112,2	112,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
430365,9 1	9137932,8 4	55,26017	112,3	112,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 04 hr
430865,9 1	9137932,8 4	35,65959	111,8	111,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
431365,9 1	9137932,8 4	26,27801	115,7	115,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
431865,9 1	9137932,8 4	18,92519	110,8	110,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 18 hr
432365,9 1	9137932,8 4	14,73627	109,5	109,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
432865,9 1	9137932,8 4	12,77712	108,2	108,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr

433365,9 1	9137932,8 4	11,50069	109,5	109,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
433865,9 1	9137932,8 4	10,42193	111,1	111,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
434365,9 1	9137932,8 4	10,33574	106,4	106,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
434865,9 1	9137932,8 4	9,54206	107,6	107,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 18 hr
424865,9 1	9138432,8 4	10,78622	100	100	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/01/2025 04 hr
425365,9 1	9138432,8 4	10,23556	107,3	107,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/01/2025 04 hr
425865,9 1	9138432,8 4	11,18003	105,8	105,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/01/2025 04 hr
426365,9 1	9138432,8 4	11,98377	106,6	106,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/11/2024 24 hr
426865,9 1	9138432,8 4	13,23183	107,3	107,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/02/2024 21 hr
427365,9 1	9138432,8 4	15,0321	109,5	109,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 19 hr
427865,9 1	9138432,8 4	17,41989	106,5	106,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/11/2024 24 hr
428365,9 1	9138432,8 4	20,97543	112,3	112,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
428865,9 1	9138432,8 4	22,70965	106,7	106,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 06 hr
429365,9 1	9138432,8 4	23,70867	109,7	109,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/10/2024 21 hr

429865,9 1	9138432,8 4	23,49903	115,6	115,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/03/2024 02 hr
430365,9 1	9138432,8 4	29,89345	110,4	110,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 04 hr
430865,9 1	9138432,8 4	27,21625	115,8	115,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 22 hr
431365,9 1	9138432,8 4	19,44714	118	118	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
431865,9 1	9138432,8 4	14,85052	115,9	115,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/02/2024 24 hr
432365,9 1	9138432,8 4	14,09713	116,2	116,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
432865,9 1	9138432,8 4	12,07616	114,9	114,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
433365,9 1	9138432,8 4	10,2854	111,8	111,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/12/2024 02 hr
433865,9 1	9138432,8 4	9,29659	114,2	114,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/08/2024 24 hr
434365,9 1	9138432,8 4	8,64284	113,5	113,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	03/11/2024 23 hr
434865,9 1	9138432,8 4	8,76126	109,4	109,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	03/11/2024 23 hr
424865,9 1	9138932,8 4	9,11998	109,2	109,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/11/2024 24 hr
425365,9 1	9138932,8 4	9,43753	110,5	110,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	05/02/2024 21 hr
425865,9 1	9138932,8 4	10,25443	109,1	109,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/09/2024 18 hr

426365,9 1	9138932,8 4	10,97551	110	110	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 19 hr
426865,9 1	9138932,8 4	11,91073	110	110	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 02 hr
427365,9 1	9138932,8 4	13,20621	111,5	111,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 18 hr
427865,9 1	9138932,8 4	14,56919	112,3	112,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
428365,9 1	9138932,8 4	16,10221	114,5	114,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
428865,9 1	9138932,8 4	17,00774	111,3	111,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 02 hr
429365,9 1	9138932,8 4	18,33679	115,4	115,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/04/2024 02 hr
429865,9 1	9138932,8 4	19,00653	118,4	118,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/04/2024 21 hr
430365,9 1	9138932,8 4	20,78337	110,6	110,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9138932,8 4	21,88481	121,2	121,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/12/2024 24 hr
431365,9 1	9138932,8 4	16,96158	119	119	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 18 hr
431865,9 1	9138932,8 4	14,27464	119,7	119,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
432365,9 1	9138932,8 4	12,02938	121,9	121,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 01 hr
432865,9 1	9138932,8 4	10,39484	118,2	118,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 21 hr

433365,9 1	9138932,8 4	9,52349	115,2	115,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/02/2024 24 hr
433865,9 1	9138932,8 4	9,21709	117,6	117,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
434365,9 1	9138932,8 4	8,55054	120,7	120,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
434865,9 1	9138932,8 4	7,66215	118,9	118,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/01/2025 18 hr
424865,9 1	9139432,8 4	8,18834	115,2	115,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 19 hr
425365,9 1	9139432,8 4	8,7145	114,7	114,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 19 hr
425865,9 1	9139432,8 4	10,61558	106,7	106,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/11/2024 24 hr
426365,9 1	9139432,8 4	10,07613	114,8	114,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 01 hr
426865,9 1	9139432,8 4	10,9673	119,1	119,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 18 hr
427365,9 1	9139432,8 4	11,82709	114,8	114,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
427865,9 1	9139432,8 4	13,01493	115,9	115,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
428365,9 1	9139432,8 4	13,05421	117,7	117,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
428865,9 1	9139432,8 4	13,60977	117,5	117,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 02 hr
429365,9 1	9139432,8 4	14,88559	121,2	121,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/03/2024 01 hr

429865,9 1	9139432,8 4	16,30953	122,1	122,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 05 hr
430365,9 1	9139432,8 4	17,01913	115,5	115,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9139432,8 4	17,58429	123,6	123,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	12/10/2024 21 hr
431365,9 1	9139432,8 4	15,10496	125,2	125,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 21 hr
431865,9 1	9139432,8 4	12,80814	123	123	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/10/2024 19 hr
432365,9 1	9139432,8 4	11,66912	125,9	125,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
432865,9 1	9139432,8 4	10,30966	124,4	124,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	18/02/2024 19 hr
433365,9 1	9139432,8 4	9,15768	124,1	124,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 01 hr
433865,9 1	9139432,8 4	8,29757	124,8	124,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	22/11/2024 21 hr
434365,9 1	9139432,8 4	7,78833	124,7	124,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	13/02/2024 24 hr
434865,9 1	9139432,8 4	7,30115	125,9	125,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 19 hr
424865,9 1	9139932,8 4	7,78311	118,8	118,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 02 hr
425365,9 1	9139932,8 4	8,25967	121,2	121,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	08/11/2024 24 hr
425865,9 1	9139932,8 4	9,35464	112	112	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 18 hr

426365,9 1	9139932,8 4	9,31823	122,3	122,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
426865,9 1	9139932,8 4	10,02658	119,8	119,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
427365,9 1	9139932,8 4	11,26088	117	117	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
427865,9 1	9139932,8 4	11,51517	120,4	120,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
428365,9 1	9139932,8 4	11,29743	124,8	124,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
428865,9 1	9139932,8 4	11,74552	123,4	123,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 03 hr
429365,9 1	9139932,8 4	12,65051	123,2	123,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/03/2024 02 hr
429865,9 1	9139932,8 4	14,17012	126,7	126,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/01/2025 06 hr
430365,9 1	9139932,8 4	15,27508	128,5	128,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9139932,8 4	14,88831	128,5	128,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/10/2024 21 hr
431365,9 1	9139932,8 4	13,62035	130,5	130,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/11/2024 20 hr
431865,9 1	9139932,8 4	11,86665	129,8	129,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 19 hr
432365,9 1	9139932,8 4	10,75317	132	132	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 19 hr
432865,9 1	9139932,8 4	9,97363	130,9	130,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr

433365,9 1	9139932,8 4	9,04281	129,7	129,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 24 hr
433865,9 1	9139932,8 4	8,32407	126,8	126,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 01 hr
434365,9 1	9139932,8 4	7,6407	127,7	127,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	03/04/2024 18 hr
434865,9 1	9139932,8 4	7,02257	131,2	131,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 23 hr
424865,9 1	9140432,8 4	7,63311	119,4	119,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	23/10/2024 19 hr
425365,9 1	9140432,8 4	8,00878	121,1	121,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/04/2024 18 hr
425865,9 1	9140432,8 4	8,4301	125,2	125,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
426365,9 1	9140432,8 4	8,70747	123,5	123,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
426865,9 1	9140432,8 4	9,82599	122,2	122,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
427365,9 1	9140432,8 4	9,97686	121,5	121,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
427865,9 1	9140432,8 4	10,12479	127,2	127,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
428365,9 1	9140432,8 4	10,02106	129	129	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 21 hr
428865,9 1	9140432,8 4	10,60164	125,6	125,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/04/2024 20 hr
429365,9 1	9140432,8 4	11,16355	129,6	129,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	19/10/2024 23 hr

429865,9 1	9140432,8 4	12,41006	129,6	129,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 02 hr
430365,9 1	9140432,8 4	13,17767	132,8	132,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9140432,8 4	13,275	136,2	136,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/04/2024 02 hr
431365,9 1	9140432,8 4	12,11843	134,1	134,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/04/2024 23 hr
431865,9 1	9140432,8 4	11,03196	136,8	136,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 21 hr
432365,9 1	9140432,8 4	10,11399	136,6	136,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 18 hr
432865,9 1	9140432,8 4	9,27142	136,6	136,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 19 hr
433365,9 1	9140432,8 4	8,77081	135,6	135,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
433865,9 1	9140432,8 4	8,13439	134,9	134,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 24 hr
434365,9 1	9140432,8 4	7,52489	136	136	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 01 hr
434865,9 1	9140432,8 4	7,031	134,3	134,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	03/04/2024 18 hr
424865,9 1	9140932,8 4	7,17538	124,4	124,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 19 hr
425365,9 1	9140932,8 4	7,69025	131,2	131,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
425865,9 1	9140932,8 4	7,79867	128,5	128,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/03/2024 01 hr

426365,9 1	9140932,8 4	8,63755	129,9	129,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
426865,9 1	9140932,8 4	8,89061	129,7	129,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
427365,9 1	9140932,8 4	9,29568	126,4	126,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
427865,9 1	9140932,8 4	8,86431	131	131	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 21 hr
428365,9 1	9140932,8 4	9,3769	132,4	132,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 01 hr
428865,9 1	9140932,8 4	9,87596	135,2	135,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/01/2025 04 hr
429365,9 1	9140932,8 4	10,36493	132,5	132,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	07/04/2024 21 hr
429865,9 1	9140932,8 4	10,75738	135,3	135,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	10/11/2024 02 hr
430365,9 1	9140932,8 4	11,48593	134	134	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9140932,8 4	11,52213	137,9	137,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	24/04/2024 02 hr
431365,9 1	9140932,8 4	10,91851	138,3	138,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	20/12/2024 24 hr
431865,9 1	9140932,8 4	9,99779	134,1	134,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 20 hr
432365,9 1	9140932,8 4	9,33122	141,3	141,3	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/03/2024 19 hr
432865,9 1	9140932,8 4	8,71227	142,1	142,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/10/2024 19 hr

433365,9 1	9140932,8 4	8,09712	138,9	138,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/05/2024 22 hr
433865,9 1	9140932,8 4	7,86695	138,5	138,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
434365,9 1	9140932,8 4	7,39583	140,9	140,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 24 hr
434865,9 1	9140932,8 4	6,89425	141,6	141,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/08/2024 22 hr
424865,9 1	9141432,8 4	7,11506	130,7	130,7	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	14/03/2024 18 hr
425365,9 1	9141432,8 4	7,10348	134,4	134,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	01/03/2024 01 hr
425865,9 1	9141432,8 4	7,68369	129,8	129,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
426365,9 1	9141432,8 4	8,21745	132,6	132,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	27/02/2024 18 hr
426865,9 1	9141432,8 4	8,40755	131,8	131,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
427365,9 1	9141432,8 4	8,31795	134,2	134,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	28/01/2025 18 hr
427865,9 1	9141432,8 4	8,352	133,8	133,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	26/02/2024 21 hr
428365,9 1	9141432,8 4	8,62582	135,5	135,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	25/12/2024 03 hr
428865,9 1	9141432,8 4	9,06992	137,2	137,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/10/2024 18 hr
429365,9 1	9141432,8 4	9,56862	139,4	139,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/11/2024 20 hr

429865,9 1	9141432,8 4	9,70502	138,2	138,2	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	15/10/2024 24 hr
430365,9 1	9141432,8 4	10,32136	139,9	139,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	17/11/2024 01 hr
430865,9 1	9141432,8 4	10,10642	138,5	138,5	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	16/09/2024 22 hr
431365,9 1	9141432,8 4	9,89305	150,1	150,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	21/10/2024 01 hr
431865,9 1	9141432,8 4	9,3314	143,6	143,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/11/2024 20 hr
432365,9 1	9141432,8 4	8,71331	144,1	144,1	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	30/05/2024 22 hr
432865,9 1	9141432,8 4	8,33132	147,4	147,4	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	06/12/2024 18 hr
433365,9 1	9141432,8 4	7,81977	145,8	145,8	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/11/2024 21 hr
433865,9 1	9141432,8 4	7,33548	146	146	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	02/05/2024 22 hr
434365,9 1	9141432,8 4	7,13967	146,9	146,9	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	04/04/2024 24 hr
434865,9 1	9141432,8 4	6,78232	147,6	147,6	1,6	1-HR	ALL	1ST	UCART1	11/11/2024 24 hr

Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian





RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 2 April 2003 di Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ramang Daulat dan Ibu Tismiyatun. Penulis telah menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Islam Terpadu Ihsanul Fikri Mungkid Magelang pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2018, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Islam Terpadu Ihsanul Fikri Mungkid Magelang dan lulus pada tahun 2021. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Program Studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.