

**ANALISIS *NITROGEN DIOXIDE* (NO₂) DAN
KEBISINGAN DI LINGKUNGAN DI RUMAH
SAKIT BHAYANGKARA
KOTA JAMBI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Teknik



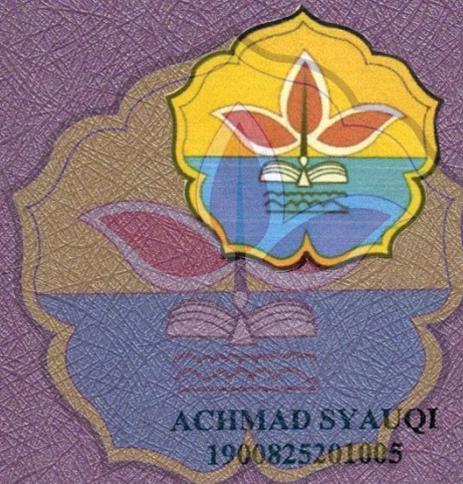
**ACHMAD SYAUQI
1900825201005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI 2025**

**ANALISIS *NITROGEN DIOXIDE* (NO₂) DAN
KEBISINGAN DI LINGKUNGAN DI RUMAH
SAKIT BHAYANGKARA
KOTA JAMBI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI 2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS NITROGEN DIOXIDE (NO₂) DAN KEBISINGAN DI LINGKUNGAN RUMAH SAKIT BHAYANGKARA KOTA JAMBI

TUGAS AKHIR

Oleh

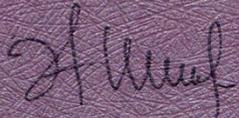
ACHMAD SYAUQI

1900825201005

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul dan Penyusunan sebagaimana tersebut di atas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, 1 Mei 2025

Pembimbing I



Peppy Herawati, ST., MT

NIDN : 1012027402

Pembimbing II



Asih Suzana, ST., M.Si

NIDN : 1016068408

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS NITROGEN DIOXIDE (NO₂) DAN KEBISINGAN DI LINGKUNGAN RUMAH SAKIT BHAYANGKARA KOTA JAMBI

Tugas Akhir ini telah dipertahankan pada sidang Tugas Akhir Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

Nama : Achmad Syauqi
NPM : 1900825201005
Hari/Tanggal : Sabtu, 1 Mei 2021
Tempat : Jambi

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua:

1. Ir. Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng ()
NIDN. 1027067401

Anggota:

2. Asih Suzana, ST, MT ()
NIDN. 1016068408

3. H. Henri Wibowo, ST, ME ()
NIP. 19970219 200501 1 003

4. Marhadi, ST, M.Si ()
NIDN. 1008038002

5. Peppy Herawati, ST, MT ()
NIDN. 1012027402

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Fachrul Rozi Yamali, ME
NIDN. 1015112501

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Marhadi S.T, M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Nama : Ahmad Syauqi

NPM : 1900825201005

Judul : Analisis Nitrogen Dioxide (NO₂) Dan Kebisingan di
Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 21 Mei 2025



Ahmad Syauqi

ABSTRAK

ANALISIS NITROGEN DIOXIDE (NO₂) DAN KEBISINGAN DI LINGKUNGAN RUMAH SAKIT BHAYANGKARA KOTA JAMBI

Ahmad Syauqi; Dibimbing oleh Peppy Herawati Pembimbing I*) dan Asih Suzana Pembimbing II*)

ABSTRAK

Pencemaran udara dan kebisingan merupakan isu lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) dan tingkat kebisingan di lingkungan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi. Pengukuran dilakukan di area rumah sakit, yang merupakan titik utama aktivitas kendaraan bermotor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ bervariasi antara 4,8 ppm hingga 30,8 ppm, dengan rata-rata masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan (200 µg/m³). Namun, peningkatan signifikan pada hari-hari tertentu dapat menimbulkan potensi risiko kesehatan. Tingkat kebisingan juga menunjukkan pola fluktuatif, dengan rentang 63,4 dB hingga 68,7 dB pada hari kerja, tetapi melonjak hingga 104,2 dB pada hari Minggu, jauh melebihi ambang batas yang direkomendasikan (85 dB). Dari hasil analisis, aktivitas kendaraan menjadi faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi NO₂ dan kebisingan. Dampak lingkungan dari polusi ini berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan serta gangguan pendengaran bagi tenaga medis, pasien, dan masyarakat sekitar. Oleh karena itu, diperlukan langkah mitigasi, seperti peningkatan ventilasi di area serta regulasi lalu lintas kendaraan di lingkungan rumah sakit untuk mengurangi dampak negatif pencemaran udara dan kebisingan.

Kata kunci: Nitrogen Dioksida (NO₂), kebisingan, polusi udara, Rumah Sakit Bhayangkara, Jambi.

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil' alamin, puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis *Nitrogen Dioxide* (NO₂) Dan Kebisingan Di Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi". Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi kurikulum program Pendidikan Strata Satu/Sarjana (S-1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar sarjana Teknik Lingkungan Universitas Batanghari. Penulisan Tugas Akhir ini menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari support dari orang terdekat terutama orang tua saya Alm Ayahanda Umar Dhani, B.A dan Ibunda Chairani terimakasih atas doa, motivasi, nasehat, pengertian yang tiada henti – hentinya diberikan sehingga dapat membangkitkan semangat berpikir untuk menyelesaikan proses penyusunan Tugas Akhir ini, baik moral maupun materil.

Selama proses penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis mendapatkan bimbingan pengarahan dan *support* dari berbagai pihak. Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir.H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
2. Bapak Marhadi, ST, M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan.
3. Ibu Peppy Herawati, ST, MT selaku Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu Asih Suzana, ST., M.T selaku Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat untuk pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Semua teman-teman mahasiswa/I Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari Jambi yang telah memberikan *support* dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan maupun kesalahan. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna membuat skripsi ini lebih baik lagi dan menjadi referensi serta dapat menjadi masukan kedepannya sebagai bentuk referensi bagi Fakultas Teknik Studi Teknik Lingkungan. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semuanya.



Jambi,
Penulis

2025

Achmad Syauqi

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pencemaran Udara	6
2.2. Faktor Pencemaran Udara.....	7
2.3. <i>Nitrogen Dioxide</i> (NO ₂).....	8
2.3.1. Karakteristik <i>Nitrogen Dioxide</i> (NO ₂)	8
2.3.2. Sumber <i>Nitrogen Dioxide</i> (NO ₂).....	9
2.3.3. Siklus Fotolitik.....	9
2.3.4. Dampak NO ₂ Terhadap Kesehatan.....	10
2.3.5. Dampak NO ₂ Terhadap Lingkungan	11
2.3.6. NO ₂ Gas Detector	12
2.4. Bunyi dan Kebisingan.....	13
2.5. Baku Mutu Udara Ambien.....	19
2.5.1. Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Nitrogen Dioxide (NO ₂)	20
2.6. Pengaruh Faktor Meteorologi Pada Pencemaran Udara	21
2.7. Sampling	23
2.8. Metode Grab Sampling	23
2.9. Model Dispersi Gauss	24
2.10. Metode NDIR.....	25
2.11. Model Dispersi Gauss Sumber Bergerak	25

2.13. Metode Pengukuran dan Analisis Pencemaran Udara.....	33
2.14. Exit Velocity dan Flowrate.....	34
2.15. Teori Permodelan Udara Terkait AERMET View dan AERMOD View	35
2.15.1. AERMET View.....	35
2.15.2. AERMOD View	36
2.16. Kerangka Teori.....	36
2.17. Penelitian Terdahulu.....	38
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1. Jenis Penelitian.....	41
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	41
3.3. Alur Penelitian	43
3.4. Data Penelitian	44
3.5. Data Penelitian	44
3.6. Alat Penelitian.....	45
3.7. Pelaksanaan Pengambilan Sampel	45
3.7.1. Aplikasi Aermet View	45
3.7.2. Menghitung Jumlah dan Jenis Kendaraan yang Melintas.....	46
3.7.3. Analisis NO ₂	46
3.8. Metode Pengolahan Dan Analisis Data	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1 Hasil dan Analisis	50
4.2 Volume Kendaraan	51
4.2.1 Hasil Pengukuran NO ₂	54
4.2.2 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan	55
4.3 Exit Velocity, Flowrate dan Laju Emisi NO ₂	56
4.4 Permodelan Dispersi Udara	60
4.5 Pengolahan Data Pola Sebaran Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat Detector Gas NO ₂	13
Gambar 2. 2 Alat Detector Tingkat Kebisingan	19
Gambar 2. 3 Detektor Radiasi Inframerah Non-Dispersif	25
Gambar 2. 4 Grafik koefisien dispersi pada sumbu-y di daerah rural	30
Gambar 2. 5 Grafik koefisien dispersi pada sumbu-z di daerah rural	30
Gambar 2. 6 Model Dispersi Gauss	31
Gambar 3.1. Alur Proses Penelitian.....	44
Gambar 4. 1 Trend Volume Kendaraan	53
Gambar 4. 2 Hasil Parameter Perharian NO ₂ di area Rumah Sakit Bhayangkara	54
Gambar 4. 3 Hasil Parameter Perharian Tingkat Kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara.....	56
Gambar 4. 4 Hasil Parameter Exit Velocity Pada lokasi penelitian 1 Rumah Sakit Bhayangkara.....	58
Gambar 4. 5 Hasil Parameter Flowrate Pada lokasi penelitian 1 Rumah Sakit Bhayangkara.....	59
Gambar 4. 6 Hasil Parameter Laju Emisi NO ₂ Pada lokasi penelitian 1 Rumah Sakit Bhayangkara.....	59
Gambar 4. 10 Penginputan Data Meterologi Global	60
Gambar 4. 11 Data Meterologi BMKG.....	60
Gambar 4. 12 Pengumpulan Titik Koordinat	61
Gambar 4. 13 Analisis Aermet.....	61
Gambar 4. 14 Wind Rose.....	62
Gambar 4. 15 Penginputan Titik Koordinat	63
Gambar 4. 16 Peta Koordinat	63
Gambar 4. 17 Penginputan Wind Rose	64
Gambar 4. 18 Pola Sebaran Emisi NO ₂	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Buku Mutu Kebisingan	17
Tabel 2. 2. Baku Mutu Udara Ambien Untuk Nitrogen Dioxide (NO ₂).....	20
Tabel 2. 3 Contoh parameter pencemar dominan berupa senyawa yang berasal dari sumber spesifik tertentu.....	25
Tabel 2. 4 Klasifikasi Kestabilan Atmosfer.....	27
Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas Atmosfer Pasquill.....	29
Tabel 2. 6 Metode pemantauan Kualitas Udara Ambien Menggunakan Peralatan Manual	34
Tabel 2. 7. Penelitian Terdahulu Sebagai Landasan Teori.....	38
Tabel 4. 1 Volume Kendaraan Senin, 23 Desember 2024	51
Tabel 4. 2 Volume Kendaraan Selasa, 24 Desember 2024	51
Tabel 4. 3 Volume Kendaraan Rabu, 25 Desember 2024.....	52
Tabel 4. 4 Volume Kendaraan Kamis, 26 Desember 2024.....	52
Tabel 4. 5 Volume Kendaraan Jum'at, 27 Desember 2024	52
Tabel 4. 6 Volume Kendaraan Sabtu, 28 Desember 2024	52
Tabel 4. 7 Volume Kendaraan Minggu, 29 Desember 2024.....	52
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran NO ₂ diarea Titik 1	54
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara	55
Tabel 4. 10 Hasil Exit Velocity, Flowrate dan Laju Emisi NO ₂ Rumah Sakit Bhayangkara Pada Titik 1	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran udara terjadi ketika zat atau komponen tertentu masuk ke atmosfer dan menurunkan kualitas udara. Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021, pencemaran ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan zat atau energi yang melampaui batas standar udara bersih. Salah satu sumber utama pencemaran adalah asap kendaraan bermotor, yang mengandung gas dan partikel berbahaya dengan berat molekul besar (Lasabuda et al., 2023).

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, penggunaan transportasi untuk kegiatan sehari-hari seperti bekerja dan sekolah juga meningkat. Hal ini memperbesar emisi Nitrogen Dioxide (NO₂), dengan transportasi menyumbang sekitar 70% dari total pencemaran udara (Iswara et al., 2022). Selain kendaraan, aktivitas industri, pembakaran sampah, dan kegiatan rumah tangga juga berkontribusi terhadap menurunnya kualitas udara. Di kota-kota besar, rumah sakit juga menjadi faktor pencemaran, terutama di area parkir yang beroperasi 24 jam. Aktivitas kendaraan yang keluar masuk serta penggunaan generator berbahan bakar fosil di rumah sakit menghasilkan polutan seperti CO, NO_x, PM_{2.5}, dan PM₁₀, yang dapat mencemari udara ambien (Damri et al., 2016). Oleh karena itu, pencemaran udara menjadi masalah lingkungan yang serius dan memerlukan perhatian dari pemerintah.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi dalam wilayah Indonesia yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan lingkungan. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 11 Tahun 2011 mengatur kualitas udara serta pengendalian pencemaran udara secara nasional, termasuk pemantauan udara di kota-kota strategis. Selain itu, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 8 Tahun 2023 menetapkan batas emisi kendaraan bermotor berdasarkan kategori, termasuk standar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dalam uji emisi.

Kualitas udara ambien ditentukan oleh kadar zat, energi, dan komponen lainnya di udara. Pencemaran udara menjadi salah satu masalah kesehatan lingkungan terbesar, terutama di negara berkembang, dan kini telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan. Salah satu penyebab utama adalah transportasi, yang tidak hanya mencemari udara tetapi juga menimbulkan kebisingan.

Kebisingan lalu lintas berasal dari kendaraan bermotor seperti sepeda motor dan mobil, disebabkan oleh klakson, pengereman mendadak, gesekan ban dengan jalan, serta knalpot yang dimodifikasi. Tingginya volume dan kecepatan kendaraan juga meningkatkan tingkat kebisingan di perkotaan (Khairina et al., 2014).

Sealain daerah rumah sakit bhayangkara yang menjadi bagian paling aktif karena menjadi lahan parkir serta keluar masuknya kendaraan seperti pengunjung, pasien, dan staf rumah sakit memarkirkan kendaraan mereka di area parkir . Ini termasuk mobil pribadi, ambulans, sepeda motor, dan kendaraan dinas rumah sakit. Dan saat jam sibuk rumah sakit mengakibatkan kepadatan lalu lintas di area parkir yang bisa menyebabkan kemacetan sehingga dapat melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan. Daerah sekitar rumah sakit bhayangkara maupun sekitaran rumah sakit cukup padat dan kurangnya ruang hijau sehingga memperburuk pencemaran udara, karena kurangnya ruang hijau mengurangi kemampuan lingkungan untuk menyerap polutan udara (Lasabuda *et al.*, 2023).

Maka dari itu, rumah sakit bhayangkara yang dimiliki polda jambi ini menjadi salah satu rumah sakit terbaik di kota Jambi, dengan memberikan pelayanan terbaik dan memiliki fasilitas-fasilitas yang baik dan lengkap. Serta dilengkapi dokter dan tenaga Kesehatan yang kompeten, hal tersebut perlu didukung oleh kualitas udara sekitar yang baik. Untuk mengurangi pencemaran udara dan menjawab permasalahan tadi dapat dilakukan peninjauan lebih lanjut terkait model dispersi udara dari pencemaran yang terjadi. Dispersi udara adalah suatu proses pergerakan udara yang terkontaminasi dari sumber emisi dan menyebar melalui luas area tertentu untuk mereduksi konsentrasi gas polutan yang terkandung dalam udara yang terkontaminasi. Menurut pendapat Ukaigwe & Osoka (2013), model dispersi udara bisa diartikan sebagai gambaran persebaran pencemaran udara secara

meteorologis. Model dispersi udara bisa digunakan untuk mengestimasi dampak yang akan ditimbulkan oleh aktifitas kendaraan bermotor (Zhai *et al.*, 2016). Permasalahan dan pembahasan di atas, menjadi faktor utama dilakukannya penelitian ini yang membahas tentang “Analisis *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan Kebisingan di Lingkungan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi”, untuk memperkirakan dampak negatif yang mungkin ditimbulkan dari emisi gas *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan tingkat kebisingannya.

1.2. Rumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar aktivitas kendaraan DI sekitar Rumah Sakit Bhayangkara Jambi?
2. Bagaimana tingkat konsentrasi paparan NO₂ serta tingkat kebisingan di area parkir Rumah Sakit Bhayangkara Jambi?
3. Bagaimana pola dispersi udara ambien terhadap NO₂ serta bagaimana tingkat kebisingan di sekitar Rumah Sakit Bhayangkara Jambi?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui gambaran aktivitas kendaraan di sekitar tempat Rumah Sakit Bhayangkara Jambi
2. Untuk mengetahui gambaran konsentrasi paparan NO₂ dan tingkat kebisingan di sekitar tempat parkir Rumah Sakit Bhayangkara Jambi
3. Untuk menganalisis *Dispersi* udara Ambien pada NO₂ dan kebisingan di sekitar tempat parkir Rumas Sakit Bhayangkara Jambi

1.4. Batasan Masalah Penelitian

Supaya penulisan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik dan benar, fokus terhadap masalah serta tujuan penelitian, maka penelitian ini perlu dibatasi. Adapun batasan – batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Beberapa parameter yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. Namun, dalam penelitian ini hanya difokuskan kepada Transportasi untuk gas *Nitrogen Dioxide* (NO₂) karena Kadungan Karbon Monoxida Lebih tinggi.
2. Populasi dari penelitian ini adalah Sebaran Konsentrasi *Nitrogen Dioxide* (NO₂) di sekitar lahan parkir Rumah Sakit Bhayangkara Jambi.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulis dalam membuat tugas akhir ini, maka sistem penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai konteks awal, latar belakang, rumusan masalah tujuan penelitian, batasan masalah, dan tata cara serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini, disajikan seluruh dasar teori yang berkaitan dengan topik tugas akhir. Landasan teori yang menjadi rujukan utama dalam Tugas Akhir harus disajikan secara menyeluruh, lengkap dengan referensi yang mendalam.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini mencakup pembahasan mengenai metodologi penyelesaian masalah, dapat mencakup variabel-variabel yang terlibat dalam penelitian, model atau desain yang diterapkan, rancangan penelitian, teknik pengumpulan data, analisis data, serta cara menganalisis hasil penelitian. Adapun isi dari Bab III terdiri dari:

1. Jenis Penelitian, menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan, baik itu metode kuantitatif maupun kualitatif. Penelitian ini

dapat melibatkan survei, eksperimen, studi kasus, penelitian tindakan, atau metode lainnya sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian.

2. Tempat dan Waktu Penelitian, menjelaskan lokasi dimana penelitian dilakukan, serta rentang waktu atau periode dimana penelitian tersebut berlangsung. Informasi ini penting untuk memahami konteks dan keadaan di lapangan saat penelitian dilakukan.
3. Diagram Alir Penelitian, akan menguraikan tahapan-tahapan yang dilalui dalam proses penelitian secara rinci. Tahapan ini meliputi perencanaan, pengumpulan data, analisis data, hingga penyusunan laporan akhir. Diagram ini membantu pembaca memahami proses penelitian secara sistematis.
4. Alat dan Bahan yang Digunakan, menjelaskan semua alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, termasuk prosedur laboratorium atau teknik khusus yang diperlukan. Informasi ini membantu pembaca memahami bagaimana data dikumpulkan atau dihasilkan dalam penelitian.
5. Analisis Data, menjelaskan metode analisis yang digunakan untuk menganalisis data penelitian. Metode analisis dapat mencakup teknik statistik, analisis kualitatif, atau kombinasi keduanya, tergantung pada jenis data dan pertanyaan penelitian yang diajukan. Penjelasan yang detail akan memberikan pemahaman yang jelas tentang bagaimana data dianalisis untuk mendapatkan hasil penelitian yang valid dan reliabel.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan menjelaskan temuan dari penelitian dan membahasnya sesuai dengan topik yang dikaji. Informasi hasil dan pembahasan dapat disajikan dalam bentuk narasi, tabel, atau gambar yang terkait dengan data primer yang diperoleh selama penelitian.

BAB V Kesimpulan Dan Saran

Merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan berisikan tentang ringkasan hasil penelitian, Sedangkan saran berisi tentang usulan-usulan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

Udara adalah faktor pendukung utama kehidupan manusia di bumi dan komponen penyusun yang paling penting adalah oksigen (Prabowo.K, 2018). Menurut Wardhana dalam Fahmi.M.H (2019), udara terbagi menjadi udara ambien dan udara emisi. Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer udara ambien dibutuhkan dan memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Dalam keadaan normal, udara ambien ini akan terdiri dari gas nitrogen (78%), oksigen (20%), argon (0.93%) dan gas karbon dioksida (0.03%). Udara emisi adalah udara langsung yang dikeluarkan oleh sumber emisi, seperti knalpot kendaraan bermotor dan cerobong gas buangan pabrik, sumber udara emisi tersebut menimbulkan asap, debu, gas, dan partikel partikel lainya yang dapat menyebabkan pencemaran udara atau yang bisa di sebut polutan udara. Polutan udara memiliki enam kriteria atau enam polutan udara utama ,yaitu timbal (Pb), ozon (O₃), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), debu partikulat (PM), dan karbon oksida (CO_x). (Suryani, 2021).

Pencemaran udara merupakan kehadiran satu atau lebih kontaminan/polutan ke dalam atmosfer, yang karena jumlahnya dan lama waktu keberadaannya dapat mengakibatkan kerugian terhadap masyarakat. Ini dapat mengakibatkan masalah serius yang tidak hanya mengancam lingkungan, tetapi juga kesehatan manusia serta keseimbangan ekosistem. Dampaknya yang merugikan meliputi berbagai penyakit pernapasan, kerusakan pada tanaman dan hewan, serta gangguan dalam kegiatan sehari-hari. Baunya yang tidak sedap, kabut asap yang tebal, dan penurunan kualitas udara mengganggu aktivitas luar ruangan dan bahkan berdampak pada sektor ekonomi (Canter, 1996). Selain itu, menurut Lasabuda *et al.* (2023), Pencemaran udara itu sendiri merupakan kondisi ketika zat ataupun komponen lain masuk ke dalam udara, dan mengakibatkan menurunnya kualitas udara.

Lebih lanjut, pencemaran udara merupakan perubahan dalam kualitas udara yang disebabkan oleh masuknya berbagai zat pencemar, baik dalam bentuk gas maupun partikel, ke dalam lingkungan udara ambien. Penting untuk memahami bahwa salah satu masalah kesehatan lingkungan utama di seluruh dunia adalah pencemaran udara, terutama di negara-negara yang sedang mengalami perkembangan. Setiap harinya, udara semakin kehilangan kesegarannya karena dampak pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas masyarakat dan fenomena alamiah. Mulai dari letusan gunung hingga kebakaran hutan, berbagai peristiwa alam dapat menyebabkan pencemaran udara. Sementara itu, aktivitas masyarakat seperti transportasi dan industri turut memperburuk kondisi dengan menyebabkan pencemaran udara yang semakin parah (Soedomo, 2001).

2.2. Faktor Pencemaran Udara

Aktivitas perkotaan telah terbukti membawa perubahan-perubahan terhadap faktor-faktor meteorologis. Perubahan dalam parameter-parameter meteorologis tersebut akan membawa pengaruh yang besar dalam penyebaran dan difusi pencemaran udara yang diemisikan (Soedomo, 2001). Beberapa faktor meteorologis yang mempengaruhi pencemaran udara adalah :

2.2.1 Temperatur

Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu kawasan dapat menimbulkan temperature inverse. Dengan kata lain, udara dingin akan terperangkap dan tidak dapat keluar dari kawasan tersebut dan cenderung menahan polutan tetap berada dilapisan permukaan bumi sehingga konsentrasi polutan dikawasan tersebut semakin lama semakin tinggi (Chandra, 2006). Perubahan terhadap keseimbangan pemanasan merupakan pengaruh meteorologi utama yang ditimbulkan oleh aktivitas perkotaan. Perubahan dapat terjadi karena banyaknya bangunan tegak lurus di daerah perkotaan menyebabkan perubahan keseimbangan pemanasan.

2.2.2 Kelembaban

Kelembaban relative adalah jumlah actual uap air di udara relative terhadap jumlah uap air pada waktu dalam keadaan jenuh pada temperature yang sama

dinyatakan dalam persen. Pada kelembapan udara tinggi maka kadar uap diudara dapat bereaksi dengan pencemaran udara, menjadi zat lainnya yang tidak berbahaya atau menjadi zat pencemaran sekunder (Faudzi,2012).

2.3. Nitrogen Dioxide (NO₂)

2.3.1. Karakteristik Nitrogen Dioxide (NO₂)

Nitrogen oksida (NO_x) adalah kelompok gas di atmosfer yang terdiri dari nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂), bersama dengan beberapa jenis oksida lainnya dalam jumlah kecil. Masing-masing gas ini memiliki sifat yang berbeda dan dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius. Nitrogen dioksida (NO₂), khususnya, dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia dengan menyebabkan penurunan fungsi paru-paru dan meningkatkan kemungkinan terkena kanker (Hamra et al., 2015; WHO, 2013). Sifat dari gas NO ialah tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan NO₂ memiliki warna coklat dan berbau tajam.

Pembentukan NO dan NO₂ terjadi melalui reaksi antara gas nitrogen dan oksigen yang terdapat di atmosfer. Proses ini dimulai dengan pembentukan NO, yang kemudian dapat bereaksi lebih lanjut untuk membentuk gas Nitrogen Dioksida (NO₂). Pernyataan Mukono (2011) memperkuat bahwa gas NO di atmosfer bereaksi dengan oksigen untuk membentuk gas NO₂. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Udara terdiri dari 80% nitrogen dan 20% oksigen. Pada suhu kamar, nitrogen dan oksigen hanya sedikit berinteraksi satu sama lain. Namun, pada suhu yang lebih tinggi, yaitu di atas 1210°C, kedua gas ini dapat bereaksi secara signifikan untuk menghasilkan gas NO, yang dapat berkontribusi pada pencemaran udara. Selama proses pembakaran, suhu seringkali mencapai antara 1210°C hingga 1765°C, sehingga reaksi ini menjadi sumber utama pembentukan NO. Oleh karena itu, pembentukan NO sering kali merupakan efek samping dari proses pembakaran (Maziya, 2020)

2.3.2. Sumber Nitrogen Dioxide (NO₂)

Peraturan pengelolaan udara di Indonesia mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara, yang berpotensi mengurangi kualitas dan fungsi udara dari kondisi normalnya. Secara umum, NO₂ di atmosfer terutama berasal dari dua sumber utama: sumber alam dan sumber antropogenik. Sumber alam meliputi pembakaran biomassa secara alami, petir di atmosfer, dan nitrat yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba. Sedangkan sumber antropogenik atau yang disebabkan oleh aktivitas manusia mencakup pembakaran lahan pertanian, pembakaran bahan bakar fosil, aktivitas industri, dan emisi dari kendaraan bermotor (Zheng, 2019).

Dengan meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu jumlah kendaraan bermotor meningkat, kadar gas nitrogen oksida meningkat dan kadar NO₂ meningkat karena transisi dari NO ke NO₂ dengan terbitnya matahari yang memancarkan sinar ultraviolet (Fauziah, 2020). Di lingkungan perkotaan, sekitar 80% dari total emisi NO₂ berasal dari kendaraan bermotor. Selain itu, NO₂ juga dihasilkan melalui berbagai kegiatan industri, seperti pembuatan asam nitrat, proses pengelasan, dan penggunaan bahan peledak. Proses penyulingan bensin dan logam, serta industri pengolahan komersial dan pengolahan makanan, juga menyumbang emisi NO₂. Di sisi lain, sumber alami NO₂ meliputi aktivitas gunung berapi dan proses biologis yang dilakukan oleh bakteri. Dengan kata lain, baik aktivitas manusia maupun proses alami berperan dalam pembentukan NO₂ di atmosfer (Ministry for the Environment, 2009).

2.3.3. Siklus Fotolitik

Polusi NO_x dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, bukan karena zat itu sendiri, tetapi karena perannya dalam pembentukan oksidan fotokimia, yang merupakan komponen berbahaya dalam asap. Pembentukan oksidan ini terjadi melalui reaksi-reaksi yang melibatkan NO dan NO₂, yang dikenal sebagai siklus fotolitik NO₂. Siklus ini adalah hasil langsung dari interaksi antara sinar matahari dan NO₂. Proses reaksi dalam siklus fotolitik NO₂ meliputi langkah-langkah berikut:

1. NO₂ menyerap energi dari sinar ultraviolet matahari.
2. Energi yang diserap tersebut menyebabkan pemecahan molekul NO₂.

Fardiaz (1992) menyatakan Dampak dari siklus fotolitik NO₂ menyebabkan proses pembentukan dan pemecahan NO₂ terjadi dengan sangat cepat. Jika tidak ada reaktan lain di atmosfer, siklus ini tidak akan mengubah konsentrasi NO dan NO₂ secara signifikan. Dalam kondisi tersebut, ozon (O₃) dan NO akan terbentuk dan hilang dalam jumlah yang seimbang, sehingga tidak mempengaruhi konsentrasi gas-gas tersebut. Namun, keberadaan hidrokarbon, yang sering kali dilepaskan bersamaan dengan emisi NO_x dari berbagai sumber, dapat mengganggu keseimbangan siklus fotolitik. Hidrokarbon ini berinteraksi dengan NO dan NO₂ dalam atmosfer, menyebabkan siklus menjadi tidak seimbang. Akibat dari interaksi ini adalah peningkatan laju konversi NO menjadi NO₂ yang lebih cepat daripada proses pemecahan NO₂ menjadi NO dan oksigen (O). Ketidakseimbangan ini menyebabkan akumulasi ozon di atmosfer, yang berpotensi menyebabkan masalah lingkungan seperti pencemaran udara dan dampak negatif pada kesehatan manusia dan ekosistem.

2.3. 4. Dampak NO₂ Terhadap Kesehatan

Gas NO₂ memiliki tingkat toksisitas yang empat kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas NO. Paru-paru adalah organ yang paling cepat merasakan efek dari paparan gas NO₂. Kontaminasi paru-paru oleh gas NO₂ dapat menyebabkan pembengkakan, yang membuat pernapasan menjadi sulit dan berpotensi mengakibatkan kematian. Di sisi lain, udara yang mengandung gas NO dalam konsentrasi normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali jika konsentrasi gas NO sangat tinggi. Pada tingkat konsentrasi yang tinggi, gas NO dapat mengganggu sistem saraf dan menyebabkan kejang-kejang. Jika paparan tersebut berlangsung terus-menerus, bisa mengakibatkan kelumpuhan total. Diperkuat oleh Wardhana (2004) yang menyatakan Gas NO bisa menjadi sangat berbahaya jika teroksidasi oleh oksigen, mengubahnya menjadi gas NO₂. Proses oksidasi ini meningkatkan tingkat bahaya karena NO₂ memiliki tingkat toksisitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan NO.

Gas NO₂ dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan, terutama bagi mereka yang memiliki riwayat asma, serta meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan. Ozon, yang terbentuk ketika gas NO₂ bereaksi dengan gas lainnya di bawah sinar matahari, juga dapat mengakibatkan beberapa efek negatif berikut:

1. Iritasi pada sistem pernapasan, yang dapat menyebabkan batuk, rasa tidak nyaman di tenggorokan, dan sensasi tidak nyaman di dada.
2. Penurunan fungsi paru-paru, yang mengakibatkan pernapasan menjadi lebih cepat dan dangkal, sehingga menghambat aktivitas fisik seseorang.
3. Peningkatan kepekaan terhadap alergen seperti bulu hewan, serbuk sari, dan tungau debu, yang dapat memicu serangan asma.
4. Peradangan pada lapisan paru-paru, dengan risiko bahwa peradangan yang berkepanjangan dapat mengakibatkan jaringan parut permanen dan mengurangi kemampuan paru-paru untuk berfungsi dengan baik (MassDEP, 2012).

Dapat disimpulkan bahwa pencemaran udara yang disebabkan oleh gas NO₂ sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Paparan gas ini dapat mengakibatkan berbagai gejala yang memengaruhi sistem pernapasan dan mata.

2.3. 5. Dampak NO₂ Terhadap Lingkungan

Asap kabut fotokimia, atau smog fotokimia, merupakan campuran kompleks dari berbagai zat pencemar yang terbentuk melalui reaksi kimia yang terjadi di bawah pengaruh sinar matahari. Proses pembentukan asap kabut fotokimia melibatkan sejumlah senyawa polutan yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia sehari-hari, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan emisi dari kendaraan bermotor. Ketika sinar matahari berinteraksi dengan polutan-polutan ini, reaksi kimia yang terjadi menghasilkan asap kabut fotokimia yang dapat mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia (Smith, 2015).

Dijelaskan pula oleh Seaton (2015) bahwa pencemaran udara yang disebabkan oleh gas NO₂ dapat memicu pembentukan Peroxy Acetyl Nitrate (PAN), yang dapat menyebabkan iritasi pada mata, mengakibatkan rasa pedih dan mata berair. Ketika PAN bercampur dengan senyawa kimia lain di udara, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya kabut fotokimia atau smog fotokimia, yang berdampak

negatif pada lingkungan dan memiliki sifat karsinogenik. Di jalan raya, salah satu dampak lingkungan dari asap tebal yang dihasilkan adalah penurunan jarak pandang, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

2.3. 6. NO₂ Gas Ditektor

NO₂ Gas Detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas nitrogen dioksida (NO₂) di udara. Alat ini bekerja dengan sensor elektrokimia berkualitas tinggi yang mampu mengukur konsentrasi gas dalam satuan parts per million (ppm) dan menampilkannya secara real-time pada layar LCD dengan backlight untuk memudahkan pembacaan, bahkan dalam kondisi minim cahaya. Selain itu, alat ini juga memiliki fitur pemantauan suhu lingkungan, yang ditampilkan dalam satuan Fahrenheit, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi atmosfer di sekitarnya.

Detektor ini dilengkapi dengan sistem peringatan berlapis, seperti alarm suara, indikator LED merah, dan getaran, yang berfungsi untuk memberikan sinyal bahaya saat konsentrasi gas mencapai tingkat berisiko. Dengan adanya peringatan dini ini, pengguna dapat segera mengambil langkah pencegahan. Alat ini juga menggunakan baterai Lithium-Ion 3.7V yang dapat diisi ulang melalui port Micro-USB, menjadikannya lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan model dengan baterai sekali pakai. Selain itu, desainnya yang ergonomis dengan pegangan anti-slip memastikan kenyamanan serta kemudahan penggunaan, bahkan dalam kondisi kerja yang menantang. Alat ini berperan penting di industri, pertambangan, laboratorium, serta area dengan polusi tinggi, membantu mencegah paparan gas beracun, meningkatkan keselamatan, dan menjaga kualitas udara. Dengan teknologi canggih, detektor ini menjadi perangkat esensial bagi pekerja di lingkungan berisiko.



Gambar 2. 1 Alat Detector Gas NO₂

2.4. Bunyi dan Kebisingan

Perlu diketahui bahwa istilah "bunyi" dan "suara" memiliki perbedaan meskipun sering digunakan secara bergantian. Dalam bahasa Inggris, "bunyi" diterjemahkan sebagai "sound," sedangkan "suara" diterjemahkan sebagai "voice." Secara linguistik, bunyi dan suara memiliki makna yang berbeda: bunyi adalah getaran yang dihasilkan oleh benda mati, sedangkan suara adalah getaran (bunyi) yang berasal dari mulut atau makhluk hidup. Bunyi adalah gelombang longitudinal yang merambat melalui berbagai medium, termasuk zat padat, cair, dan gas. Intensitas bunyi diukur dalam satuan decibel (dB(A)), yang mencerminkan energi bunyi. Decibel A adalah ukuran tingkat tekanan suara yang dapat diterima oleh telinga manusia dan menunjukkan tingkat suara yang paling rendah yang dapat didengar oleh sebagian besar orang. Kebisingan adalah jenis bunyi yang dapat mengganggu pendengaran manusia. Menurut Salter (dalam Fadilah T., 2016) menyatakan bahwa jumlah sumber bunyi di lingkungan sekitar meningkat secara bertahap, dan ketika bunyi tersebut menjadi tidak diinginkan, maka bunyi tersebut dikategorikan sebagai kebisingan.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 48 tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan yang terdapat dalam pasal 1 ayat 1, 2, dan 3 yaitu sebagai berikut :

1. Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.
2. Tingkat kebisingan adalah ukuran energy bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel yang disingkat dB.
3. Baku Tingkat Kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

2.4.1. Dampak Akibat dari Kebisingan

Kebisingan adalah suara yang berlebihan dan tidak diinginkan, sering dianggap sebagai bentuk polusi yang tidak terlihat, dan dapat menimbulkan efek fisik serta fisiologis pada manusia. Menurut American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology (dalam Arlan, 2011), bunyi dengan intensitas antara 50-55 dB(A) dikenal sebagai bunyi keributan, yang dapat mengganggu tidur dan menyebabkan rasa lelah dan keletihan saat bangun tidur. Bunyi dengan intensitas 90 dB(A) dapat mempengaruhi sistem saraf otonom, sementara kebisingan dengan intensitas 140 dB(A) dapat menyebabkan getaran di kepala, rasa sakit hebat di telinga, gangguan keseimbangan, dan mual. Selain itu kebisingan dapat menyebabkan berbagai dampak lain, baik fisik maupun psikologis. Gangguan fisik yang mungkin timbul meliputi peningkatan tekanan darah, sakit kepala, tinnitus (berdengung di telinga), dan dalam kasus yang paling serius, kehilangan pendengaran. Sementara itu, gangguan psikologis dapat mencakup kesulitan dalam berkonsentrasi, masalah tidur, stres, dan berbagai efek lainnya.

2.4.2. Kebisingan Lalu Lintas

Kebisingan lalu lintas berasal dari suara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, khususnya dari mesin kendaraan, knalpot, serta interaksi antara roda dan permukaan jalan. Kendaraan berat seperti truk dan bus, serta mobil penumpang, merupakan sumber utama kebisingan di jalan raya. Kebisingan lalu lintas merupakan salah satu bentuk bunyi yang tidak bisa dihindari dalam kehidupan

modern dan seringkali dianggap tidak diinginkan. Menurut Wardika (2012) faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan lalu lintas meliputi:

1. Pengaruh Volume Lalu Lintas (Q)

Volume lalu lintas (Q) memiliki dampak signifikan terhadap tingkat kebisingan. Hal ini karena tingkat kebisingan lalu lintas merupakan akumulasi dari berbagai tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh berbagai jenis kendaraan, masing-masing dengan tingkat kebisingan yang berbeda-beda.

2. Pengaruh Kecepatan Rata-rata (V)

Kecepatan rata-rata kendaraan bermotor berpengaruh terhadap tingkat kebisingan.

3. Pengaruh Kelandaian Memanjang Jalan

Untuk kelandaian memanjang yang lebih besar dari 2% akan menghasilkan koreksi terhadap tingkat kebisingan.

4. Pengaruh Jarak Pengamat (D)

Apabila sumber bising berupa suatu titik (point source), maka dengan adanya penggandaan jarak terhadap sumber, nilai tingkat kebisingan akan berkurang sebesar ± 6 dB dan akan berkurang kira-kira 3 dB jika sumber bising suatu garis (line source).

5. Pengaruh Jenis Permukaan Jalan

Gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan yang dilalui akan menyebabkan koreksi terhadap kebisingan dari kendaraan tersebut.

Besarnya koreksi tergantung dari jenis permukaan jalan yang dilalui

6. Pengaruh Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas di jalan umumnya terdiri dari berbagai jenis kendaraan, seperti sepeda motor, mobil penumpang, taksi, minibus, pick-up, bus, truk ringan, dan kendaraan berat, yang masing-masing menghasilkan tingkat kebisingan yang berbeda. Oleh karena itu, tingkat kebisingan lalu lintas dipengaruhi oleh jenis kendaraan yang melewati jalan tersebut. Tingkat kebisingan lalu lintas merupakan total akumulasi dari tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh masing-masing jenis kendaraan.

7. Lingkungan Sekitar

Keadaan lingkungan di sekitar jalan juga dapat mempengaruhi tingkat kebisingan lalu lintas yang terjadi, seperti adanya pohon ditepi jalan atau semak. Berdasarkan penelitian didapat bahwa pepohonan dan semak-semak dapat mengurangi kebisingan yang terjadi di sekitar lingkungan tersebut sebesar 2 dB.

2.4.3. Ambang Batas Kebisingan

Kebisingan dapat mengganggu manusia baik dalam bentuk gangguan audiometrik maupun nonaudiometrik. Dampak utama dari kebisingan adalah gangguan audiometrik, yaitu kerusakan pada sistem pendengaran manusia, terutama jika tingkat kebisingan melebihi ambang batas tertentu. Baku mutu kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan untuk dilepaskan ke lingkungan oleh suatu usaha atau kegiatan, dengan tujuan agar tidak menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Kep.Men LH No.48 Tahun 1996). Tingkat kebisingan merujuk pada ukuran energi dari bunyi yang diukur dalam satuan yang disebut desibel, disingkat dB. Desibel adalah satuan yang digunakan untuk menggambarkan seberapa kuat bunyi tersebut, mengukur intensitas suara dan memberikan indikasi tentang tingkat kebisingan yang dirasakan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP.48/MENLH/11/1996, tanggal 25 Nopember 1996 tentang baku tingkat kebisingan Peruntukan Kawasan atau Lingkungan Kegiatan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Tabel Buku Mutu Kebisingan

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dBA)
Perumahan dan Pemukiman	55
Perdagangan dan Jasa	70
Perkantoran dan Perdagangan	65
Ruang Terbuka Hijau	50
Industri	70
Bandar Udara	75
Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
Rekreasi	70
Rumah Sakit atau sejenisnya	55
Sekolah atau sejenisnya	55
Tempat Ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

2.4.4. Variabel Penelitian Kebisingan

Dalam penelitian kuantitatif biasanya peneliti melakukan pengukuran terhadap keberadaan suatu variabel dengan menggunakan suatu instrument penelitian. Setelah itu mencari hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain. Variabel merupakan gejala yang menjadi fokus peneliti untuk diamati. Variabel itu sebagai atribut dari sekelompok orang atau objek yang mempunyai variasi antara satu dengan yang lainnya dalam kelompok itu. Menurut hubungan antara-satu variabel dengan variabel yang lain, variabel dalam penelitian dapat dibedakan menjadi:

1. Variabel Dependen Variabel ini sering disebut sebagai variabel output, criteria, konsekuen yang lebih sering disebut variabel terikat. Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel dependen (y) adalah kebisingan lalu lintas
2. Variabel Independen Variabel ini sering disebut sebagai variabel stimulus, predictor, antecedent. Atau yang lebih dikenal sebagai variabel bebas.

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Dalam penelitian ini yang menjadi variabel independen (x) yaitu volume kendaraan dan kecepatan kendaraan

2.4.5. Variabel Penelitian Kebisingan

Environmental Meter atau Sound Level Meter Multifunction. Lebih spesifik, alat ini dikenal sebagai 4-in-1 Digital Environmental Meter adalah sebuah meteran lingkungan multifungsi yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter lingkungan, seperti tingkat kebisingan (dB), suhu, kelembaban, cahaya, dan kecepatan angin. Bagian atas alat ini dilengkapi dengan mikrofon yang memiliki busa pelindung untuk mengukur tingkat kebisingan. Selain itu, terdapat sensor tambahan yang kemungkinan digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban. Alat ini biasanya digunakan dalam bidang industri, penelitian lingkungan, serta pengukuran kebisingan di tempat kerja atau ruang publik. Dengan tampilan digitalnya, pengguna dapat dengan mudah membaca hasil pengukuran secara real-time.

Cara penggunaan Environmental Meter ini cukup sederhana. Pertama, pastikan alat dalam kondisi baik dan baterai terisi penuh. Nyalakan perangkat dengan menekan tombol daya, lalu pilih mode pengukuran yang diinginkan, seperti kebisingan, suhu, kelembaban, atau pencahayaan, menggunakan tombol SELECT. Untuk mengukur kebisingan, arahkan mikrofon ke sumber suara dan baca hasilnya pada layar. Jika ingin mengukur suhu dan kelembaban, gunakan sensor eksternal yang tersedia, sedangkan untuk pencahayaan, pastikan sensor cahaya tidak terhalang. Hasil pengukuran akan ditampilkan secara digital pada layar, dan jika diperlukan, gunakan tombol HOLD untuk mempertahankan angka yang ditampilkan. Setelah selesai, matikan alat untuk menghemat daya.



Gambar 2. 2 Alat Detector Tingkat Kebisingan

2.4.6. Analisa Regresi

Analisis regresi adalah metode yang digunakan untuk memahami hubungan antara variabel independen dan variabel dependen dalam konteks hubungan fungsional atau sebab-akibat. Regresi membantu mengidentifikasi pola kecenderungan menuju rata-rata dan hasil yang konsisten dalam pengukuran selanjutnya, serta digunakan untuk meramalkan nilai suatu variabel berdasarkan variabel lain yang sudah diketahui. Analisa regresi digunakan untuk mempelajari dan mengukur hubungan statistik yang terjadi antara dua atau lebih variabel. Dalam regresi sederhana dikaji dua variabel, sedangkan dalam regresi berganda atau majemuk lebih dari dua variabel.

Dalam mengetahui hubungan antara variabel x dan variabel y maka dapat digunakan variabel x pada absis dan variabel y pada ordinal sehingga diperoleh diagram pencar (scatter diagram)- dari nilai x dan y . Bila ditarik suatu garis lurus yang berjarak jumlah kuadrat jarak vertikal dari setiap titik, maka garis ini disebut garis regresi. Manfaat dari garis regresi adalah untuk memperkirakan nilai variabel terikat dari variabel bebas jika variabel bebas sudah diketahui.

2.5. Baku Mutu Udara Ambien

Menurut Kurniawan (2017), Baku Mutu Udara Ambien merupakan standar yang menetapkan batas maksimum untuk pencemar udara yang diperbolehkan hadir dalam udara ambien. Tujuannya adalah untuk mencegah pencemaran udara dan

mengurangi dampak yang mungkin timbul, dengan melindungi kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Dengan menetapkan standar ini, diharapkan dapat meminimalkan risiko yang ditimbulkan oleh pencemaran udara terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 untuk baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya. Baku mutu udara adalah ukuran batasan atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada pada udara, udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat. Baku mutu dinyatakan sebagai massa polutan per unit volume efluen, yang mana volume efluen bergantung pada suhu, tekanan gas, dan ada atau tidaknya udara yang mengurangi konsentrasi polutan. (Suryani, 2021).

2.5.1. Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Nitrogen Dioxide (NO₂)

Berikut baku mutu udara ambien untuk *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut :

Tabel 2. 2. Baku Mutu Udara Ambien Untuk Nitrogen Dioxide (NO₂)

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
<i>Nitrogen Dioxide</i> (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	NDIR	NDIR Analyzer
	24 jam	65 µg/m ³		

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Adapun nilai baku mutu apabila nilai satuannya dalam ppm, maka perlu dikonversi ke µg/m³ agar dapat langsung dibandingkan ke standar baku mutu udara ambien. Perhitungan yang digunakan yaitu :

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

Keterangan:

P = Tekanan udara

M = Berat molekul/senyawa

R = Konstanta gas universal (0,0821)

T = Temperatur absolut (°K)

2.6. Pengaruh Faktor Meteorologi Pada Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat bergerak di atmosfer melalui empat mekanisme utama, yaitu penyebaran (adveksi), perubahan (difusi), pengenceran (dilusi), dan penghilangan (dispersi) (Suryani, 2021). Pola dispersi sendiri mengacu pada pergerakan polutan yang terus menerus dari sumber emisinya dan terbawa oleh angin dalam kondisi stabil di atmosfer. Aliran polutan ini cenderung bergerak ke bawah dan mengikuti arah angin dominan, sehingga konsentrasi polutan berkurang seiring dengan semakin jauhnya jarak dari sumber pencemaran (Azizah, 2023). Faktor meteorologi memiliki pengaruh besar terhadap proses dispersi ini, di antaranya adalah:

1. Arah Angin

Arah angin sangat menentukan penyebaran polutan di atmosfer karena berperan dalam mengarahkan pergerakannya (Suryani, 2021). Untuk menganalisis pola arah angin dalam jangka panjang dan cakupan wilayah yang luas, metode Windrose umumnya digunakan. Arah angin dapat dikategorikan menjadi:

- Angin mayor, yaitu angin berkecepatan tinggi yang langsung menyebar ke seluruh wilayah dan sejajar dengan aliran angin global di bumi.
- Angin lembah, terjadi saat angin bergerak naik ke puncak lembah di siang hari dan turun ke dasar lembah di malam hari.

- Angin darat dan angin pantai, dominan saat tidak ada badai dan lebih terkendali pada kondisi langit cerah serta angin yang lemah, terutama di siang hari.

2. Turbulensi

Turbulensi merupakan faktor meteorologi yang sangat berpengaruh terhadap proses dilusi pencemaran udara di atmosfer. Semakin tinggi tingkat turbulensi, semakin baik pencampuran polutan, sehingga konsentrasi pencemaran udara dapat berkurang secara signifikan. Turbulensi terbagi menjadi turbulensi mekanis, yang dipengaruhi oleh kecepatan angin, serta turbulensi termal, yang disebabkan oleh perbedaan suhu (Suryani, 2021).

3. Inversi Suhu

Inversi suhu merupakan kondisi atmosfer yang dapat memperburuk pencemaran udara karena mempengaruhi pergerakan polutan dan pola turbulensi (Suryani, 2021). Fenomena ini terjadi ketika lapisan udara hangat berada di atas lapisan udara dingin, menyebabkan udara di bawahnya terperangkap dan polutan sulit terdispersi. Inversi suhu sering terjadi pada malam hari atau musim dingin, terutama saat sudut penyinaran matahari rendah (Prabowo K., 2018).

4. Kestabilan Atmosfer

Stabilitas atmosfer mempengaruhi pergerakan vertikal polutan. Kondisi atmosfer yang tidak stabil akan meningkatkan turbulensi, memungkinkan polutan naik turun secara vertikal dan meningkatkan pencampuran udara. Proses ini dapat membantu mengurangi konsentrasi polutan dalam atmosfer karena polutan tidak hanya terjebak di satu lapisan udara tertentu, tetapi tersebar lebih luas (Suryani, 2021).

Secara keseluruhan, faktor meteorologi seperti angin, turbulensi, inversi suhu, dan kestabilan atmosfer memainkan peran krusial dalam menentukan bagaimana polutan menyebar dan menghilang dari atmosfer. Pemahaman terhadap faktor-faktor ini sangat penting dalam pengelolaan kualitas udara dan perencanaan kebijakan lingkungan yang efektif.

2.7. Sampling

Sampling udara ambien adalah sampling kualitas udara yang dilakukan secara terbuka di lapangan, hal ini dilakukan pada media penerima polutan udara/emisi udara. Untuk menentukan lokasi pengambilan sampel udara ambien dapat mengacu pada SNI19-719.6-2005 tentang udara ambien bagian 6, acuan pemilihan lokasi sampel pada SNI19-719.6-2005 tentang udara ambien bagian 6 adalah sebagai berikut:

1. Hindari tempat yang dapat mengubah konsentrasi dikarenakan adanya kemungkinan terjadinya absorbs atau adsorpsi
2. Hindari tempat dimana ada tempat kemungkinan terjadinya gangguan kimia atau fisika terhadap bahan polutan yang akan diukur.
3. Pelatakan peralatan harus ada di daerah dengan gedung atau bangunan yang rendah dan saling berjauhan, hal ini dilakukan untuk meminimalisir efek dari bangunan pada hasil ukur dari sampel yang diambil.
4. Jika pemantauan bersifat kontinu maka harus di pertimbangkan perubahan kondisi pada lokasi tersebut pada masa dating.
5. Pada arah angin dominan, lokasi pemantauan kualitas udara ambien adalah minimum 2 lokasi dengan mengutamakan daerah permukiman atau tempat sepsifik dengan titik sampel

2.8. Metode Grab Sampling

Grab sampling merupakan Teknik pengambilan sampel yang diambil dalam waktu sesaat pada lokasi tertentu. Alat ini berguna untuk menangkap partikel pencemar sesuai dengan parameter yang akan dianalisis. Grab sampling digunakan untuk pengambilan sampling kualitas udara ambien nitrogen dioxide (NO₂). Berdasarkan SNI 19-7119.9-2005, bahwa pemilihan lokasi dan penentuan titik pengambilan contoh uji kualitas udara roadside, harus mewakili daerah yang sedang dipantau sehingga data hasil pengukuran yang diperoleh menggambarkan kondisi kualitas udara di daerah tersebut (Prasasti, 2023).

2.9. Model Dispersi Gauss

Model Dispersi *Gauss* adalah salah satu model perhitungan yang sering digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Model ini berupa persamaan matematika yang dapat digunakan untuk menghitung berbagai variabel dan memberikan informasi lebih rinci mengenai sumber pencemaran di suatu area yang diteliti. Model ini banyak digunakan untuk menilai dampak sumber pencemaran udara terhadap kualitas udara lokal dan perkotaan. Keuntungan dari model *Gauss* adalah kemampuannya dalam mengolah sejumlah besar sumber emisi, situasi dispersi, dan jaringan reseptor yang cukup padat secara spasial (hingga jarak puluhan meter). Penggunaan Model Dispersi *Gauss* untuk sumber tidak bergerak mencakup titik emisi tunggal dari *plume rise* dengan tingkat emisi yang terus-menerus. Sumber volume menggunakan sumber tidak bergerak virtual dengan menetapkan ketinggian serta dimensi virtual horizontal dan vertikal. Sumber daerah adalah emisi dari area berbentuk persegi panjang dengan menetapkan ketinggian pelepasan dan ukurannya.

Menurut Lazaridis (2011), kondisi yang perlu diperoleh untuk menerapkan model *Gaussian* untuk memberikan hasil yang realistis adalah sebagai berikut:

- a. Emisi pencemar bersifat kontinu atau setidaknya emisi terjadi dalam selang waktu yang lebih besar dari waktu tempuh pencemar dari sumber ke titik penerima yang harus diturunkan konsentrasinya.
- b. Model *Gaussian* tidak memperhitungkan adanya reaksi kimiawi yang terjadi pada polutan di atmosfer.
- c. Pada arah angin proses pengangkutan dominan terhadap *disperse turbulen*.
- d. Diameter aerosol lebih kecil dari 20 mm agar waktu tinggal mereka di atmosfer lebih besar dari interval waktu yang dipelajari dengan model *Gaussian*.
- e. Atmosfer berada dalam kondisi stasioner sehubungan dengan parameter meteorology untuk interval waktu pengangkutan dari sumber polusi ke reseptor.

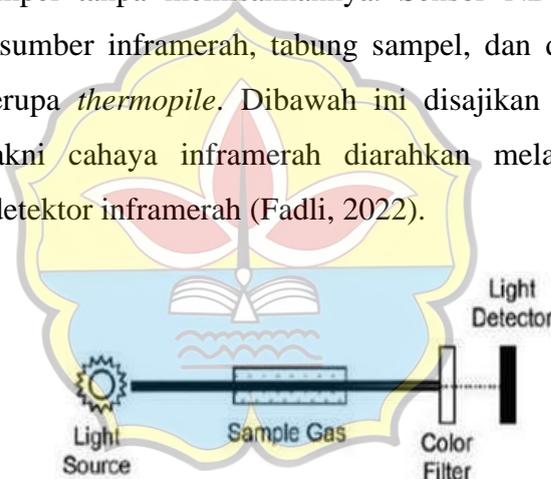
Tabel 2. 3 Contoh parameter pencemar dominan berupa senyawa yang berasal dari sumber spesifik tertentu

No	Pencemar	Sumber Pencemar/Kegiatan
1	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	Kendaraan, Cerobong Pembangkit Listrik, Boiler, Pemanas Bahan Bakar

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

2.10. Metode NDIR

Non-Dispersive Infrared (NDIR) merupakan teknik *spektroskopi* yang sering digunakan untuk mengidentifikasi gas. Disebut *non-dispersif* karena teknik ini mengalirkan semua panjang gelombang inframerah dengan intensitas tertentu melalui tabung sampel tanpa memisahkannya. Sensor NDIR terdiri dari tiga komponen utama: sumber inframerah, tabung sampel, dan detektor inframerah, yang umumnya berupa *thermopile*. Dibawah ini disajikan gambar 2.1 berupa ilustrasi NDIR yakni cahaya inframerah diarahkan melalui tabung sampel kemudian menuju detektor inframerah (Fadli, 2022).



Gambar 2. 3 Detektor Radiasi Inframerah Non-Dispersif

2.11. Model Dispersi Gauss Sumber Bergerak

Menurut Keyes (2019) Pencemaran udara bisa dianggap sebagai sumber yang bergerak secara kontinu, mirip dengan jalan raya. Model dispersi Gauss untuk sumber bergerak merupakan pengembangan dari model Gauss plume, dengan asumsi bahwa serangkaian sumber yang saling independen masing-masing memproduksi kepulan polutan. Oleh karena itu, konsentrasi di suatu titik di jalan dihitung sebagai jumlah konsentrasi dari titik-titik sumber yang ada di sepanjang

jalan tersebut. Rumus untuk model pencemaran udara dari sumber bergerak adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

C : Konsentrasi gas/partikulat di sumbu, x, y, z

Q : Debit emisi pencemaran udara

Oy, oz : koefisien disperse gauss, Arah, y, z (m)

μ : Kecepatan angin rata-rata (m/det)

H : Tinggi knalpot dari permukaan tanah

X, y, z : Sumbu-sumbu koordinat

Perhitungan dalam model ini mengasumsikan bahwa emisi polutan dari jalan raya dianggap sebagai garis yang tak berujung, sehingga setiap titik dengan jarak yang sama dari garis tengah jalan akan mengalami tingkat pencemaran yang sama. Emisi dari kendaraan di jalan raya diperlakukan sebagai sumber garis yang seragam, menyebar dalam dua dimensi, yaitu arah x dan y, dengan asumsi bahwa variasi konsentrasi dalam arah y tidak terjadi. Dalam model dispersi Gauss, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu:

3. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer dievaluasi dengan melihat bagaimana volume udara kecil berperilaku saat dikenakan gaya eksternal. Jika gaya tersebut menyebabkan volume udara kembali ke posisi semula setelah dipindahkan, maka atmosfer berada dalam kondisi stabil. Sebaliknya, jika gaya eksternal menyebabkan volume udara bergerak menjauh dari posisi awalnya, maka atmosfer berada dalam kondisi tidak stabil. Stabilitas atmosfer dipengaruhi oleh profil suhu dan kelembaban udara vertikal. Udara yang lebih hangat memiliki kepadatan yang lebih rendah dibandingkan udara dingin, sehingga lebih ringan. Demikian juga, udara lembab memiliki densitas yang lebih

rendah dibandingkan udara kering, menjadikannya lebih ringan. Volume udara yang lebih hangat atau lebih lembab dibandingkan udara sekitarnya dianggap tidak stabil dan akan naik di atmosfer. Sebaliknya, volume udara yang lebih dingin atau lebih kering dari lingkungan sekitarnya dianggap stabil dan akan turun hingga mencapai keseimbangan (Lazaridis,2011).

Parameter penyebaran oy dan oz merupakan fungsi dari stabilitas atau turbulensi atmosfer, jarak arah angin, tinggi dari permukaan tanah, kekasaran permukaan, waktu transport polutan, dan kecepatann angin. Nilai oy,dan oz merupakan fungsi dari stabilitas atmosfer (struktur turbulensi dan kecepatan angina) dan jarak dari sumber emisi. Stabilitas atmosfer diperkirakan berdasarkan kecepatan angina pada tinggi 10 meter pada siang hari (insolasi) atau pada malam hari (tertutup awan). (Aly,2023)

Tabel 2. 4 Klasifikasi Kestabilan Atmosfer

Kecepatan angin m/det	siang (Solar Radiasi)			Malam	
	Kuat	Sedang	Lemah	Mendung	Cerah
<2	A	A-B	B	E	
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber: Esensi pencemaran udara (Aly,2023).

Radiasi matahari kuat = $>700 \text{ Wm}^{-2}$

- 3.3. Pada musim panas dengan awan sedikit menutup langit atau hari terang dengan lokasi matahari $35-60^\circ$ diatas horizon. Radiasi matahari sedang = $350-700 \text{ Wm}^{-2}$
- 3.4. Radiasi matahari sedikit = $< 350 \text{ Wm}^{-2}$
- 3.5. Musim kemarau dan mendung. Fraksi Tutupan Awan $\geq 4 / 8$
- 3.6. Bagian langit tertutup mendung. Fraksi tutupan awan $\leq 3 / 8$
- 3.7. Untuk A – B, B – C, C – D, D – E atau E – F merupakan nilai rata-rata sebagai berikut:

- 3.8. A = Sangat tidak stabil, B = Cukup tidak stabil, C = sedikit tidak stabil, D = netral (dianggap kondisi udara yang tertutup awan pada siang hari atau kondisi pada malam hari), E = sedikit stabil, dan F = stabil.

4. Parameter Dispersi

Persamaan dalam model dispersi Gauss menggunakan dua parameter dispersi, yaitu σ_y dan σ_z untuk menentukan variasi konsentrasi pencemar dari pusat kepulan. Setelah kelas kestabilan atmosfer ditentukan selama pengukuran, nilai σ_y dan σ_z dapat diperkirakan untuk jarak tertentu dalam arah angin (x). Rumus untuk σ_y dan σ_z adalah sebagai berikut :

$$\sigma_y = ax$$

$$\sigma_z = 465, 11628x (\tan\theta)$$

$$\theta = 0,017453293$$

Keterangan :

σ_y : koefisien disperse secara horizontal terhadap sumbu x (m)

σ_z : koefisien dispersi secara vertikal terhadap sumbu x (m)

X : jarak dari titik emisi menurut arah angin (m)

A : koefisien tergantung x dan stabilitas atmosfer

B : koefisien tergantung x dan stabilitas atmosfer

C : koefisien tergantung x dan stabilitas atmosfer

D : koefisien tergantung x dan stabilitas atmosfer

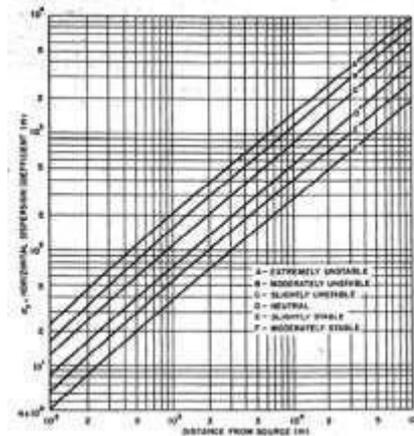
θ : radian

Koefisien-koefisien dispersi ini telah diperkenalkan secara empiris oleh Pasquill-Gifford (Aly, 2023), penggunaan model dispersi Gauss memerlukan informasi mengenai koefisien dispersi dan variasinya, yang bergantung pada kestabilan atmosfer serta jarak dalam arah angin. Untuk menghitung nilai σ_y , diperlukan koefisien a dan b, sementara untuk nilai σ_z , diperlukan koefisien c dan d.

Tabel 2. 5 Koefisien Stabilitas Atmosfer Pasquill

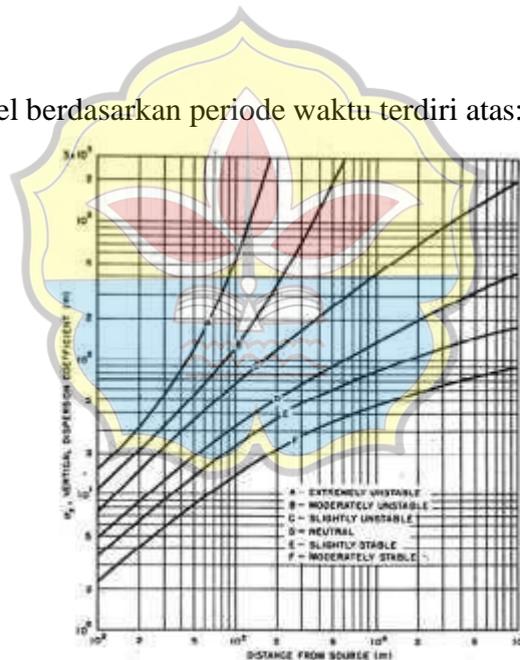
<i>Pasquill Stability</i>		σ (meters)=ax	
<i>Category</i>		a	B
A*	<0,10	122,800	0,94470
	0,10 – 0,15	158,080	105,420
	0,16 – 0,20	170,220	109,320
	0,21 – 0,25	179,520	112,620
	0,26 – 0,30	217,410	126,440
	0,31 – 0,40	258,890	140,940
	0,41 – 0,50	346,750	172,830
	0,51 – 3,11	453,850	2, 11660
	>3,11	**	**
B*	<0,20	90,673	0,93198
	0,21 – 0,40	98,483	0,98332
	>0,40	109,300	109,710
C*	All	61,141	0,91465
D	<0,30	34,459	0,86974
	0,31 – 1,00	32,093	0,81066
	1,01 – 3,00	32,093	0,64403
	3,01 – 10,00	33,504	0,60486
	10,01 – 30,00	36,650	0,56589
	>30,00	44,053	0,51179
E	<0,10	24,260	0,83660
	0,10 – 0,30	23,331	0,81956
	0,31 – 1,00	21,628	0,75660
	1,01 – 2,00	21,628	0,63077
	2,01 – 4,00	22,534	0,57154
	4,01 – 10,00	24,703	0,50527
	10,01 – 20,00	26,970	0,46713
	20,01 – 40,00	35,420	0,37615
	>40,00	47,618	0,29592
F	<0,20	15,209	0,81558
	0,21 – 0,70	14,457	0,78407
	0,71 – 1,00	13,953	0,68465
	1,01 – 2,00	13,953	0,63227
	2,01 – 3,00	14,823	0,54503
	3,01 – 7,00	16,187	0,46490
	7,01 – 15,00	17,836	0,41507
	15,01 – 30,00	22,651	0,32681
	30,01 – 60,00	27,074	0,27436
>60,00	34,219	0,21716	

Sumber: Esensi pencemaran udara (Aly,2023)



Gambar 2. 4 Grafik koefisien dispersi pada sumbu-y di daerah rural

Klasifikasi model berdasarkan periode waktu terdiri atas:



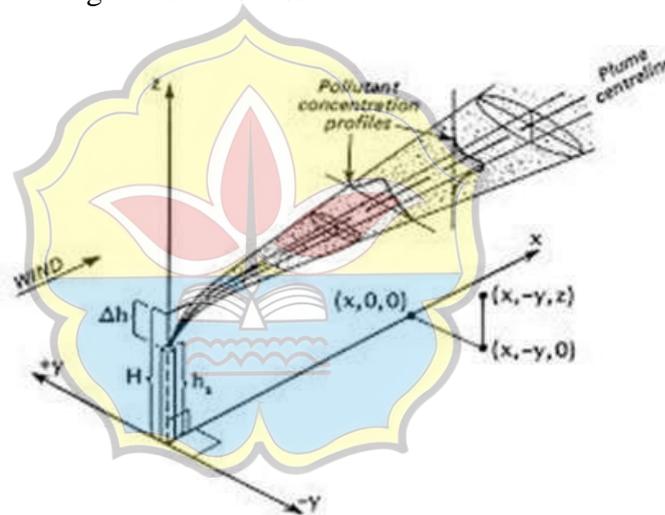
Gambar 2. 5 Grafik koefisien dispersi pada sumbu-z di daerah rural

- Model jangka pendek (short-term); digunakan untuk memodelkan dalam beberapa jam atau hari
- Model jangka panjang (long-term); digunakan untuk memprediksi konsentrasi rata-rata tahunan serta dapat digunakan untuk menghitung paparan terhadap kesehatan

Klasifikasi model berdasarkan reaksi kimia:

- a. Model tidak reaktif (non-reactive); misalnya digunakan untuk pencemar PM, SO₂ dan CO
 - b. Model reaktif; yakni untuk pencemar O₃, NO₂, dsb
5. Garis Konsentrasi

Polutan bergerak searah dengan arah angin pada sumbu x, sedangkan sumbu z merupakan arah vertikal terhadap permukaan tanah. Selama proses difusi, polutan mengalami penyebaran tiga dimensi karena molekul-molekulnya menyebar pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Selain difusi, pada sumbu x juga terjadi adveksi atau transportasi polutan akibat angin (Puspitasari, 2011). Berikut disajikan gambar 2.4 yang memaparkan ilustrasi tentang permodelan disperse polutan dengan model Gauss :



Gambar 2. 6 Model Dispersi Gauss

6. Arah dan Kecepatan Angin

Arah angin seringkali tidak stabil, baik dalam jangka waktu lama maupun pendek. Nilai rata-rata arah angin selama satu periode atau beberapa jam dapat diperoleh dari data meteorologi. Nilai rata-rata arah angin dalam jangka waktu menengah penting untuk menentukan arus di permukaan yang terpengaruh oleh emisi dari suatu sumber. Variasi arah angin dalam jangka waktu singkat (seperti detik atau menit) dapat disebabkan oleh turbulensi dan nilai-nilainya sering dikategorikan ke dalam nilai arah angin jangka waktu menengah. Menurut Hoesodo (2004) Ukuran variasi horizontal dan vertikal dipengaruhi

oleh kestabilan atmosfer. Pengaruh gesekan pada permukaan tanah akan mengurangi kecepatan angin, sehingga kecepatan angin di bagian atas lebih tinggi dibandingkan dengan bagian bawah.

Kecepatan angin memengaruhi proses dispersi di atmosfer dalam tiga aspek:

- a. Kecepatan angin memengaruhi penyebaran emisi dari sumber polusi.
- b. Turbulensi mekanis, yang meningkatkan pencampuran, diakibatkan oleh angin.
- c. Efek buoyancy berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan angin, sehingga ketinggian penyebaran polutan cenderung tetap pada level yang mendekati ketinggian polutan saat dilepaskan.

7. Laju Emisi

Konsentrasi polusi udara pada suatu titik ditentukan oleh laju emisi (Q) yang didispersikan oleh angin dari sumber emisi menuju titik pengamatan. Sumber emisi dalam hal ini adalah lalu lintas kendaraan, diukur dalam jumlah kendaraan per detik, sedangkan laju emisi diukur dalam satuan massa polutan yang dilepaskan per tahun (Sihotang, 2015).

$$Q = n \times FE \times K \times L$$

Keterangan:

Q : laju emisi (g/s)

N : volume lalu lintas (jumlah kendaraan per jam)

Fe : factor emisi (g/liter) yang diperoleh dari hasil pengukuran emisi kendaraan bermotor

K : konsumsi bahan bakar (liter/100km)

L : panjang ruas jalan (KM)

2.12. Aplikasi Model Pencemaran Udara

Salah satu aplikasi model pencemaran udara adalah model AERMOD, model AERMOD merupakan model kondisi tunak yang mengasumsikan bahwa kepulan menjalar dalam arah horizontal dan vertikal yang menghasilkan distribusi konsentrasi *Gaussian* (seperti grafik distribusi normal yang berbentuk lonceng). Model ini direkomendasikan oleh US EPA untuk memeriksa efek sumber pada reseptor yang umumnya berada dalam jarak 50 km dari sumber, dengan sistem pemodelan yang terdiri dari tiga komponen, yaitu:

- AERMOD (model *disperse*)
- AERMET (*pra-prosesor* meteorologi)
- AERMAP (*pra-prosesor* medan)

Pada kondisi lapisan batas stabil (*stable boundary layer/SBL*), distribusi konsentrasi diasumsikan mengikuti persamaan Gauss baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Pada lapisan batas konvektif (*Convective boundary layer/CBL*), distribusi secara horizontal juga diasumsikan mengikuti persamaan Gauss namun distribusi vertikalnya mengikuti fungsi probabilitas kepadatan bi-Gaussian. AERMOD juga memperhitungkan plume lofting, yaitu massa kepulan yang dilepaskan dari sumber, yang terus naik dan tetap tinggal pada lapisan batas paling atas sebelum akhirnya bercampur kedalam CBL. Sistem pemodelan AERMOD yang dikembangkan oleh US Environmental Protection Agency merupakan plume model mutakhir yang menggabungkan dispersi udara berbasis struktur turbulensi planetary boundary layer dan profil elevasi muka tanah. Data meteorology yang diperlukan oleh AERMOD terdiri dari surface profile dan upper air data (EPA,2004).

2.13. Metode Pengukuran dan Analisis Pencemaran Udara

Menurut Lampiran VI Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010, yang mengatur tentang metode pemantauan kualitas udara ambien. Didalamnya dijelaskan mengenai dua metode untuk pemantauan kualitas udara ambien atau konsentrasi polutan diudara, yaitu metode manual yang melibatkan

pengambilan sampel secara manual dan metode otomatis yang menggunakan perangkat otomatis dalam pengukuran juga pelaporan secara real time.

Tabel 2. 6 Metode pemantauan Kualitas Udara Ambien Menggunakan Peralatan Manual

NO	Parameter	Metode	Keterangan
1	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	NDIR	SNI N0.19-7117.10.2005

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

2.14. Exit Velocity dan Flowrate

Exit velocity pada lokasi penelitian dimaksudkan adalah gas buang yang keluar dari knalpot, yang dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan yang bergerak, dimana untuk menghitung volume udara yang teraliri menggunakan rumus :

$$V = v \times A \times t$$

Keterangan :

- v = Kecepatan Kendaraan (m/s)
- t = waktu pengukuran (detik)
- A = Luas penampang keluaran (m²)

Selanjutnya untuk menghitung laju alir/flowrate dimaksudkan dengan kecepatan aliran udara yang terkait dengan pergerakan kendaraan. Laju alir dapat dihitung berdasarkan volume udara yang teraliri per detik, kemudian dibagi dengan luas penampang jalan. Sehingga diperoleh laju alir dalam satuan meter per detik.

$$Q = \frac{V_{total}}{A}$$

Keterangan :

- Q = Flowrate (m³/s)
- V = Volume udara yang teraliri per detik (m³/s)
- A = Luas penampang keluaran (m²)

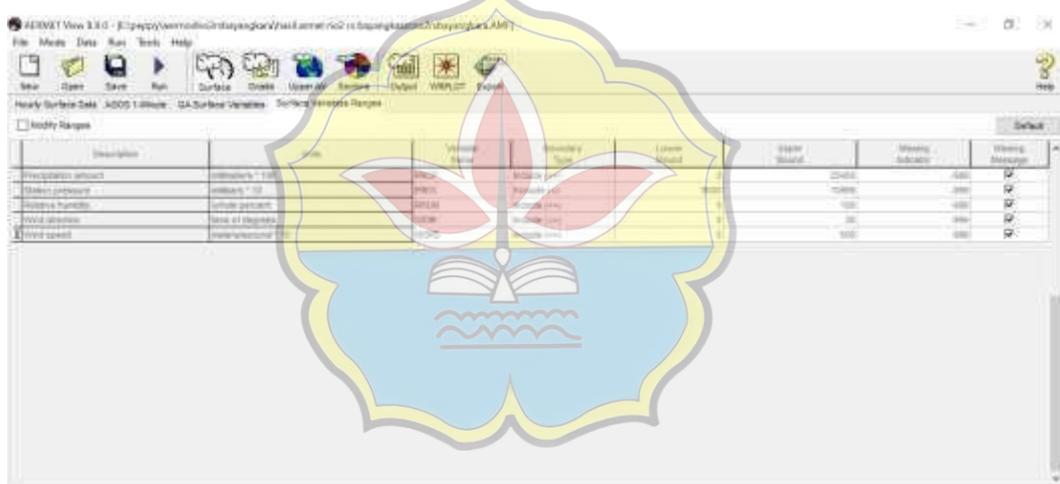
Kemudian exit velocity dan flowrate ini berguna dalam memperkirakan emission rate atau laju emisi dari kendaraan. Untuk kendaraan bergerak, kita

mengukur konsentrasi polutan terdeteksi di udara ambien pada titik tertentu dan menghubungkannya dengan exit velocity kendaraan. Laju emisi gas buang yang bergerak pada NO₂ dapat dihitung dengan mengalikan flowrate dan konsentrasi polutan NO₂

$$\text{Emission Rate} = \text{Flowrate} \times \text{Konsentrasi Polutan NO}_2$$

2.15. Teori Permodelan Udara Terkait AERMET View dan AERMOD View

Permodelan udara merupakan pendekatan matematis yang digunakan untuk memahami, menganalisis, dan memprediksi pergerakan serta dispersi polutan di atmosfer. Dalam konteks ini, AERMET View dan AERMOD View adalah dua komponen utama dalam sistem model dispersi udara AERMOD yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA)



Gambar 2.7 Aplikasi AERMET View

2.15.1. AERMET View

Berfungsi sebagai pra-prosesor meteorologi yang mengolah data cuaca dari berbagai sumber, seperti stasiun cuaca, satelit, radar, dan balon udara. Data tersebut diproses untuk menghasilkan parameter atmosfer yang diperlukan dalam pemodelan dispersi udara, seperti kecepatan dan arah angin, suhu, kelembapan, stabilitas atmosfer, serta turbulensi udara. Selain itu, AERMET juga mempertimbangkan faktor-faktor lokal, seperti topografi dan penggunaan lahan, untuk meningkatkan akurasi pemodelan.

2.15.2. AERMOD View

Merupakan model utama yang menggunakan data dari AERMET untuk mensimulasikan penyebaran polutan di atmosfer berdasarkan teori diferensial dispersi Gaussian. Model ini memperhitungkan berbagai faktor, termasuk karakteristik sumber emisi, interaksi dengan kondisi atmosfer, serta pengaruh topografi dan hambatan fisik seperti bangunan dan vegetasi. AERMOD banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti kajian kualitas udara di sekitar kawasan industri, evaluasi dampak pencemaran udara terhadap kesehatan dan lingkungan, serta pemenuhan regulasi emisi udara oleh badan lingkungan hidup. Dengan pendekatan berbasis fisika atmosfer dan pemanfaatan data meteorologi yang akurat, AERMET dan AERMOD berperan penting dalam pengelolaan kualitas udara dan mitigasi dampak pencemaran udara.

2.16. Kerangka Teori

Berdasarkan beberapa teori, data meteorologi global merupakan hasil pengumpulan, analisis, dan interpretasi data atmosfer di seluruh dunia untuk memahami pola cuaca dan perubahan iklim. Sumber data ini berasal dari berbagai instrumen, termasuk stasiun cuaca, satelit, radar, lidar, serta balon cuaca yang mengukur variabel seperti suhu, tekanan udara, kelembapan, kecepatan angin, dan curah hujan. Data yang dikumpulkan kemudian digunakan dalam model meteorologi global, seperti Model Numerik Cuaca (NWP) untuk prediksi jangka pendek, Model Peredaran Umum Atmosfer (GCM) untuk pemahaman sirkulasi atmosfer, serta model klimatologi global yang membantu memproyeksikan perubahan iklim dalam jangka panjang.

Prinsip fisika atmosfer memainkan peran penting dalam memahami dinamika cuaca, di antaranya teori mekanika fluida yang menjelaskan pergerakan udara, serta konsep radiasi matahari dan efek rumah kaca yang berpengaruh terhadap keseimbangan energi bumi. Data yang dikumpulkan diproses melalui teknik interpolasi, reanalisis cuaca, serta penerapan kecerdasan buatan dan big data untuk meningkatkan akurasi prediksi. Data meteorologi global ini memiliki berbagai aplikasi, seperti dalam prediksi cuaca dan peringatan dini untuk mitigasi bencana,

perencanaan pertanian, navigasi transportasi, serta penelitian perubahan iklim. Dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan data meteorologi global semakin penting dalam berbagai sektor untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, serta perencanaan jangka panjang dalam menghadapi dinamika iklim dunia.



2.17. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini terdapat beberapa landasan teori yang menjadi acuan dalam penyelesaian tugas akhir, beberapa diantara penelitian yang menjadi acuan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 7. Penelitian Terdahulu Sebagai Landasan Teori

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Budyono (2015)	Kondisi Kualitas Udara Ambien Dan Kebisingan Di Sekitar Pabrik Rokok Di Kabupaten Kudus	Penelitian ini bertujuan : (1) mengetahui kondisi kualitas udara ambien di sekitar pabrik rokok, (2) mengetahui kondisi kebisingan di sekitar pabrik rokok, (3) mengetahui kerapatan vegetasi di sekitar pabrik rokok, (4) mengetahui tanggapan masyarakat terhadap kualitas udara ambien dan kebisingan di sekitar pabrik rokok	Hasil penelitian menunjukkan data kualitas udara masih dibawah baku mutu tetapi untuk parameter debu di PT Leni Jaya hampir mendekati baku mutu. Untuk data kebisingan juga menunjukkan nilai di bawah baku mutu, namun ada data tingkat kebisingan yang hampir mencapai baku mutu. Tingkat kerapatan vegetasi yang rendah di sekitar pabrik rokok mempermudah pencemaran udara maupun kebisingan menyebar ke daerah permukiman warga di sekitar pabrik rokok. Hasil wawancara kepada masyarakat sekitar pabrik rokok menunjukkan bahwa hanya ada dua pabrik rokok yang mengganggu masyarakat sekitar.
2.	Fahmi (2019)	Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara ambien (NO ₂ , CO, SO ₂ , dan Kebisingan) di Kota Lhokseumawe dan mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara ambien di Kota Lhokseumawe. Stasiun 1 berada di Masjid Islamic Center, Stasiun 2 berada	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari empat Parameter yang telah diteliti, terjadi peningkatan nilai polusi yang signifikan. Parameter NO ₂ pada stasiun satu, dua dan tiga memiliki nilai 173,66, 160,26 dan 232,6 dengan baku mutu 400, Parameter CO pada stasiun satu, dua dan tiga memiliki nilai 15.439, 15.553 dan 16.464 dengan baku mutu 30.000 dan Parameter SO ₂ pada stasiun satu, dua dan tiga memiliki nilai 296,6,

di Masjid Al-Hikmah, Cunda, Stasiun 3 berada di Pasar Batuphat.

330,26 dan 323,53 dengan baku mutu 900. sedangkan untuk Parameter kebisingan pada stasiun satu, dua dan tiga memiliki nilai 73,24, 73,20 dan 75,67 dengan baku mutu 55 dan telah melampaui baku mutu yang di tetapkan. Faktor yang mempengaruhi kualitas udara ambien diantaranya pertumbuhan penduduk, kendaraan bermotor dan industri besar. Nilai NO₂, CO dan SO₂ pada semua stasiun pengamatan masih di bawah baku mutu Sedangkan nilai kebisingan pada semua stasiun pengamatan sudah diatas baku mutu yang ditetapkan oleh KemenLH dan Kehutanan RI.

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
3.	Elwin Dwi Handoko (2020)	Analisis Dampak Nitrogen Dioksida (NO ₂) di Kota Yogyakarta	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan konsentrasi NO ₂ dengan jumlah kendaraan, menganalisis dan membandingkan tingkat konsentrasi NO ₂ antara kawasan komersial wisata dengan industri, dan menganalisis tingkat risiko NO ₂ terhadap pedagang di titik lokasi penelitian di Kota Yogyakarta	Berdasarkan literatur yang diperoleh terdapat peningkatan jumlah kendaraan dari tahun 2016-2018 sebesar 13% dengan konsentrasi rata-rata NO ₂ mengalami penurunan. Konsentrasi NO ₂ pada kawasan komersial wisata lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan industri. Tingkat risiko yang dihasilkan berdasarkan perhitungan RQ masih dalam kategori aman, dengan nilai $RQ \leq 1$. Kata kunci : NO ₂ , Pedagang, Udara, Yogyakarta, ARKL, Dampak Kesehatan.
4.	Muhammad Abdus Salam Jawwa, Restu Hikmah Ayu Murti	Analisis dan Model Dispersi Emisi Udara Di TPA Klotok Kediri	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara di TPA Klotok, Kediri, melalui pengukuran langsung dan pemodelan dispersi emisi menggunakan software AERMOD	Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter karbon monoksida (CO) melebihi baku mutu di Jembatan Timbang (13.750 µg/Nm ³) dan TPA 3 (18.750 µg/Nm ³), sementara parameter lainnya masih dalam batas aman. Pemodelan dispersi

Nita Citrasari
(2023)

5. Agung
Nurzaman
(2024)

Analisis Dampak Pabrik Bata Merah Terhadap Kualitas Udara Dan Tingkat Kebisingan Di Desa Cicantayan Kabupaten Sukabumi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana pabrik bata merah di Desa Cicantayan, Kabupaten Sukabumi, mempengaruhi kualitas udara dan tingkat kebisingan.

menunjukkan bahwa CO menyebar dengan cepat, di mana pada jarak 100 meter konsentrasinya sudah turun di bawah $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dan pada lebih dari 1 km umumnya di bawah $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Arah penyebaran polusi dominan ke utara, timur laut, timur, dan selatan, mengikuti arah angin utama di Kediri. Kesimpulannya, meskipun CO melebihi ambang batas di beberapa titik, secara umum kualitas udara di TPA Klotok masih tergolong baik, dan penelitian ini dapat menjadi dasar untuk kebijakan pengelolaan udara serta penelitian lanjutan mengenai emisi gas dari TPA.

Pabrik ini beroperasi aktif dan menyebabkan polusi serta kebisingan di sekitarnya. Pengukuran kualitas udara di beberapa lokasi strategis menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 , O_3 , dan TSP tergolong baik dan tidak berdampak negatif. Namun, NO_2 berada dalam kategori sedang yang dapat memengaruhi tumbuhan sensitif dan estetika, sementara CO masuk dalam kategori tidak sehat, berisiko bagi manusia, hewan sensitif, serta tumbuhan. Selain itu, tingkat kebisingan mencapai 74 dBA, melebihi batas 70 dBA sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskripsi kuantitatif menerapkan pendekatan prediksi matematis untuk menggambarkan tingkat kualitas udara ambien, pola dispersi, dan bahaya dari *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan Tingkat Kebisingan pada Rumah Sakit di Kota Jambi. Bahaya di sini merujuk pada sifat atau situasi yang memiliki potensi untuk menimbulkan dampak negatif ketika suatu organisme terpapar oleh agen risiko.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dijadikan subjek penelitian ini merupakan rumah sakit Bhayangkara Jambi, berupa salah satu rumah sakit terbesar yang ada di kota Jambi dan berada di daerah yang strategis. Subjek penelitian ini tepatnya dilakukan pada kawasan rumah sakit, dimana sering dilalui kendaraan yang keluar masuk rumah sakit. Padatnya mobilitas kendaraan berat dan ringan sehingga terdapat potensi besar terkonsentrasinya *Nitrogen Dioxide* (NO₂) yang dihasilkan dari kendaraan dan tingkat kebisingan yang diakibatkan oleh kendaraan di lingkungan rumah sakit. Aktivitas dari mobilitas Rumah Sakit Bhayangkara Jambi dapat menyebabkan peningkatan jejak karbon serta terjadinya perluasan perhitungan jejak karbon di sekitar lokasi tersebut.

Penelitian ini akan dilaksanakan di area Rumah Sakit Bhayangkara Jambi, terletak di Jalan Raden Mattaher No.3, Rajawali, Kecamatan Jambi Timur, Kota Jambi, yang direncanakan akan dilaksanakan pada bulan September 2024. Pelaksanaan Penelitian ini meliputi kegiatan pengumpulan data, peninjauan dan pengamatan langsung ke lahan parkir Rumah Sakit Bhayangkara Jambi yang terletak area Rumah Sakit Bhayangkara Jambi, serta akan dilanjutkan dengan pengolahan hasil data dan penulisan Tugas Akhir.

Berdasarkan tujuan penelitian, pengambilan sampel ditentukan berdasarkan SNI 19-7119.9-2005. dominan dari data BMKG stasiun klimatologi Kota Jambi

selama 6 bulan terakhir yaitu dari arah Selatan kearah utara hasil pendekatan dengan volume lalu lintas dengan area konsentrasi pencemar tertinggi di Rumah Sakit Bhayangkara Jambi. Berikut adalah titik sampling pengambilan data volume kendaraan dan pengukuran *Nitrogen Dioxide* (NO₂) di area Rumah Sakit Bhayangkara Jambi pada tabel berikut ini.

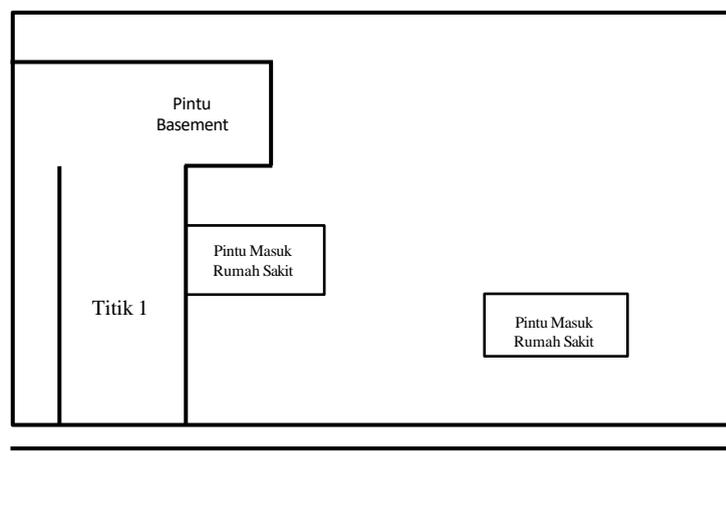
Tabel 3. 1. Titik Sampling dan Koordinat Lokasi Penelitian

Titik Sampling	Koordinat
Titik I	1°35'21.3"S 103.°37'05.0"E

Sumber: Hasil Pengamatan, 2024



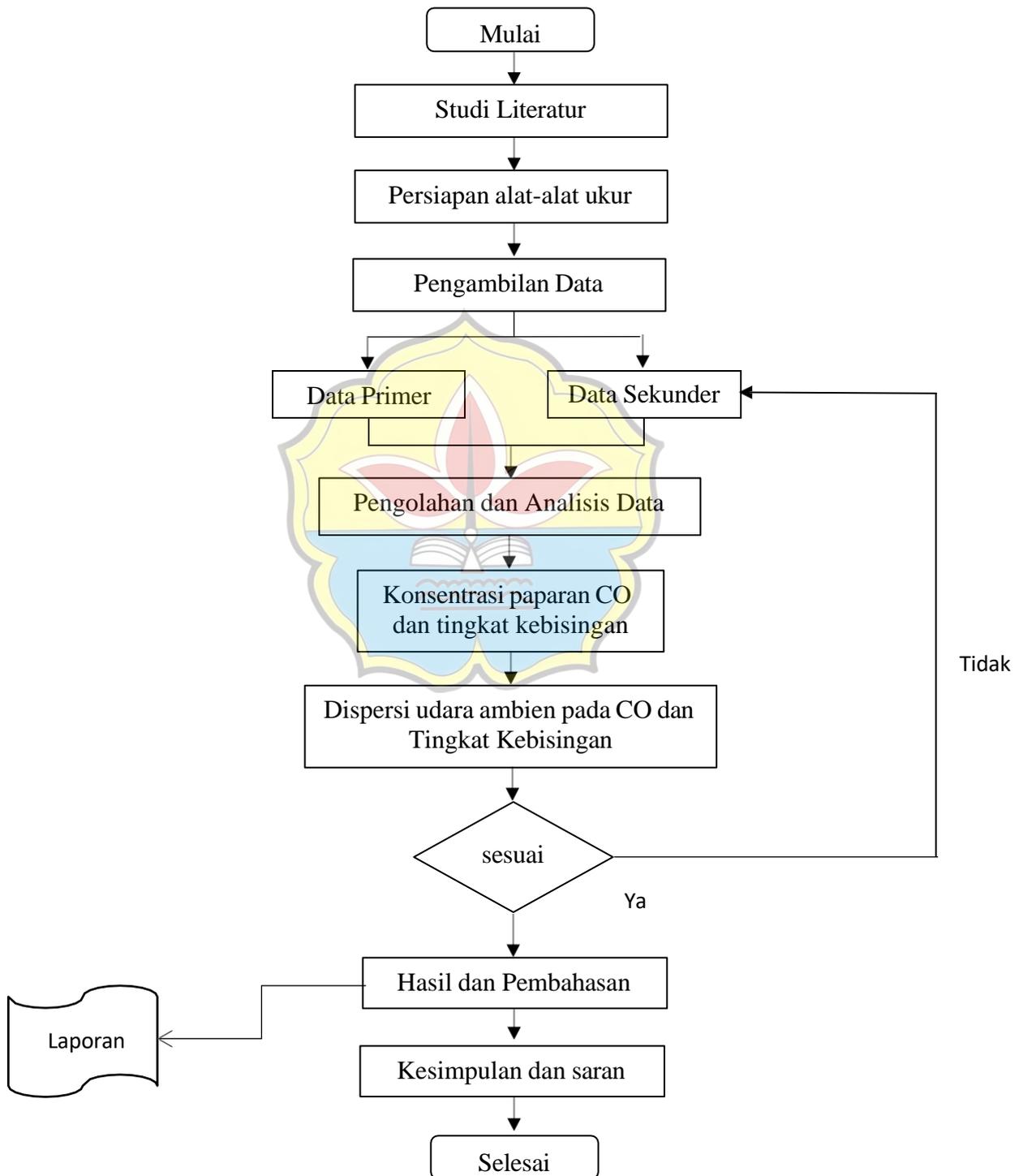
Gambar 3. 1. Lokasi Rumah Sakit Bhayangkara Jambi



Gambar Gambar 3. 2 Titik Sampling Rumah Sakit Bhayangkara Jambi

3.3. Alur Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap dan dijelaskan dengan alur penelitian, berikut merupakan gambar 3.4 yang menampilkan alur dan proses dari penelitian, yaitu :



Gambar 3. 2. Alur Proses Penelitian

3.4. Data Penelitian

Dalam penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini dilakukan kegiatan pengumpulan data yang dibutuhkan saat proses penelitian baik itu data primer maupun data sekunder, yang dijabarkan sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer didapat dari volume kendaraan yang rumah sakit Bhayangkara, dan jenis kendaraan bermotor yang melintasi dan memarkirkan Motor didaerah Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi titik pengamatan yaitu sepeda motor, mobil penumpang, mobil pick up dan mobil ambulance, sekaligus melakukan pengukuran konsentrasi *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan tingkat kebisingan kendaraan.

b. Data Sekunder

Data sekunder didapat dari jurnal, artikel, peta Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi, data meteorologi yang didapat dari Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi.

3.5. Data Penelitian

Adapun variabel dari analisis dispersi *Nitrogen Dioxide* (NO₂) pada salah satu Rumah Sakit di Kota Jambi, adalah sebagai berikut:

a. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter yang diuji yaitu udara ambient *Nitrogen Dioxide* (NO₂) dan tingkat kebisingan dari kendaraan.

b. Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah waktu pengambilan sampel dan menghitung jumlah dan jenis kendaraan yang melintasi titik pengamatan yaitu 1 titik lokasi sampel pada hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu, Minggu pada jam puncak yaitu pagi (06.00-07.00 WIB), siang

(12.00-13.00 WIB), dan malam (19.00-20.00 WIB), penelitian, pengambilan sampel ditentukan berdasarkan SNI 19-7119.9-2005.

3.6. Alat Penelitian

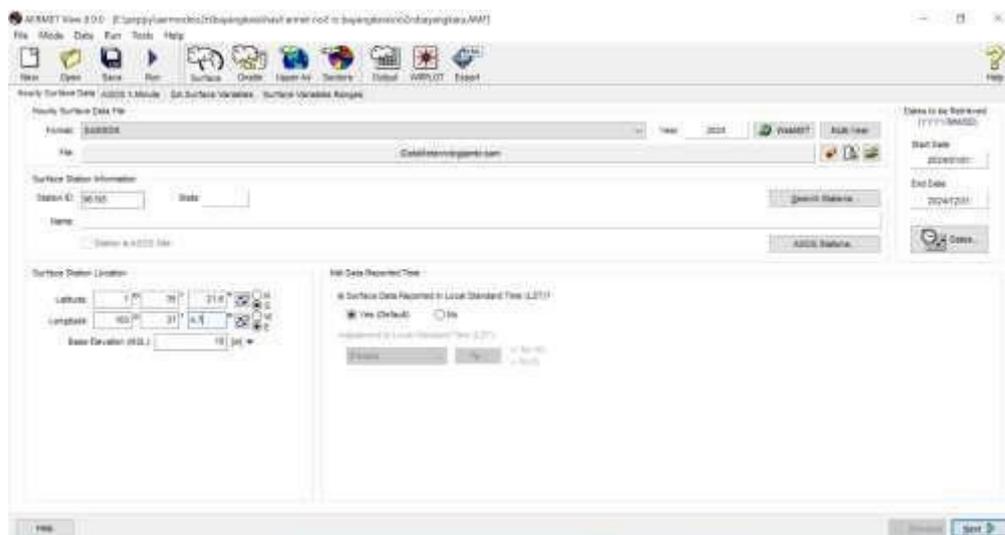
Alat yang digunakan untuk persiapan pengambilan dan pengujian sampel udara ambien *Nitrogen Dioxide* (NO_2) pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- NO_2 Gas Ditektor
- *Termometer Digital Suhu*
- *Stopwatch*
- *Kamer;*
- *Alat Tulis*
- *Masker*
- *Papan Jurnal*
- *Sound Level Master*
- *Speed Gun*
- *Counter*
- *Alat Pengukur Jarak/meteran*



3.7. Pelaksanaan Pengambilan Sampel

3.7.1. Aplikasi Aermet View



Gambar 3.5 Penginputan titik koordinat

Berdasarkan beberapa gambar diatas, dalam penginputan aplikasi AERMET View adalah data meterologi yang bersumber dari data BMKG dan data meterologi global hasil dari permintaan peneliti yang sesuai dengan area wilayah studi yang dipilih yakni area Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi.

3.7.2. Menghitung Jumlah dan Jenis Kendaraan yang Melintas

Pengambilan data dan tata caranya dijelaskan sebagai berikut:

- a. Menghitung jumlah dan jenis kendaraan bermotor yang melintas di sepanjang lokasi *traffic counting*. Waktu pengamatan di sesuaikan dengan jam puncak di pintu masuk area Rumah Sakit Bhayangkara dengan durasi satu jam (60 menit) per-titik yaitu pagi (06.00-07.00 WIB), siang (12.00-13.00 WIB), malam (19.00-20.00 WIB)

selama 7 hari yaitu hari senin, selasa, rabu, kamis, jumat, sabtu, minggu. Jenis kendaraan yang diamati antara lain:

- Sepeda Motor
 - Mobil Penumpang, meliputi mobil pribadi dan mobil ambulan
- b. Prosedur pengamatan volume lalu lintas dilakukan dengan acuan Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi yang menyatakan *traffic counting* dapat dilakukan dengan cara menghitung kendaraan yang melintasi pada ruas jalan secara manual (KLH, 2013). Maka, dalam penelitian ini pengamatan dilakukan dengan *manual counter* oleh 2 orang surveyor. Masing-masing surveyor ditugaskan untuk menghitung jumlah dan jenis kendaraan sekaligus melakukan pengukuran *Nitrogen Dioxide* (NO₂) secara bersamaan.

3.7.3. Analisis NO₂

Nitrogen Dioksida (NO₂) merupakan salah satu komponen utama yang mempengaruhi kualitas udara. Udara umumnya terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen, dan 1% gas-gas lainnya. Proses pembakaran yang terjadi dalam kegiatan industri maupun dari kendaraan bermotor menghasilkan NO_x (Susanto,

2004). Hasil penelitian yang dilakukan pada satu lokasi pengambilan sampel menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) di area sekitar Rumah Sakit Bhayangkara, yang menjadi lokasi utama penelitian ini, berada pada rentang rata-rata sekitar $22,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga $28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Secara lebih rinci, nilai konsentrasi NO_2 yang terdeteksi di lokasi paling rendah dengan $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan mencapai angka tertinggi sebesar $28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan yakni $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.7.4. Tingkat Kebisingan Kendaraan

a. Variabel yang diukur

- Tingkat kebisingan yang mewakili kondisi pada rumah sakit bhayangkara Jambi. Waktu pengukuran diambil pada beberapa kondisi arus lalu lintas pada saat jam sibuk dan lenggang. Tiap kondisi trend flow di ambil waktu atau jam yang dianggap mewakili tiap kondisi tersebut,
- Selama waktu pengukuran kebisingan, dihitung pula jumlah kendaraan yang melintas dan kecepatan rata-rata.
- Posisi alat ukur,yaitu 10 m pada titik yang telah ditentukan.

b. Prosedur Pengukuran

- Sebelum melakukan pengukuran Sound Level Meter harus dihidupkan lebih awal untuk memanaskan mikrofon sehingga terbebas dari kandungan uap air terutama pada pengukuran malam hari.
- Untuk menghindari kesalahan pembacaan pada alat, sound level meter harus sudah di kalibrasi.
- Menurut Balai Teknik Lalu lintas jalan pengukuran tingkat kebisingan dilaksanakan seperti di bawah ini :
 - a) Letakan alat Sound Level Meter pada titik yang terletak beberapa meter di belakang alat pertama (dipasang seri)
 - b) Letakkan microphone pada kedudukan setinggi 1,20 yang telah di tentukan.

- c) Setel alat SLM untuk mencatat setiap periode 5 detik untuk selama 10 menit. Hidupkan SLM dan pada 10 menit kemudian matikan
- d) Catat secara manual nilai yang tertera pada alat SLM tersebut
- e) Ditunggu selang waktu 10 menit, dan kegiatan c) dan d) diatas diulangi sedemikian sehingga tingkat bising pada setiap jam yang mewakili beberapa kondisi trend flow dapat tercatat.

3.8. Metode Pengolahan Dan Analisis Data

3.8.1 NO₂

Analisis data dilakukan dengan metode pemodelan beban pencemar dari kendaraan. Teknik analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif untuk menentukan konsentrasi polutan akibat emisi kendaraan bermotor di udara:

1. Metode Pengumpulan Data

Data NO₂ dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti stasiun pemantauan kualitas udara yang menggunakan sensor otomatis, satelit seperti Sentinel-5P TROPOMI dan OMI, serta model dispersi udara seperti AERMOD dan WRF-Chem. Selain itu, metode sampling langsung dengan teknik passive dan active sampling menggunakan spektrofotometri atau kromatografi juga digunakan untuk mendapatkan data yang lebih spesifik

2. Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan, langkah awal adalah validasi data untuk menghilangkan kesalahan akibat gangguan alat atau faktor lingkungan. Selanjutnya, interpolasi spasial dengan metode seperti Kriging dan IDW digunakan untuk memperkirakan distribusi NO₂ di wilayah yang tidak terpantau langsung. Koreksi kalibrasi dilakukan agar data dari berbagai sumber dapat dibandingkan secara akurat. Terakhir, normalisasi data dilakukan untuk menyamakan satuan pengukuran agar lebih mudah dianalisis.

3. Analisis Data

Analisis statistik dasar, seperti perhitungan rata-rata dan deviasi standar, digunakan untuk mengidentifikasi tren konsentrasi NO₂. Analisis temporal dilakukan untuk melihat pola perubahan dari waktu ke waktu, sedangkan

analisis spasial dengan GIS membantu dalam memvisualisasikan distribusi polutan dan mengidentifikasi area dengan tingkat pencemaran tinggi. Selain itu, analisis korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara NO₂ dengan faktor lingkungan seperti suhu dan kepadatan lalu lintas, sementara model prediksi berbasis machine learning digunakan untuk memperkirakan tren konsentrasi NO₂ di masa depan.

3.8.2 Tingkat Kebisingan

1. Metode Pengolahan Data

- Data yang dikumpulkan dari pengukuran di setiap titik dicatat dalam tabel untuk mempermudah analisis.
- Dilakukan perhitungan nilai rata-rata, maksimum, dan minimum tingkat kebisingan di setiap titik.
- Data dikelompokkan berdasarkan waktu pengukuran untuk melihat tren dan variasi kebisingan dalam satu hari.
- Jika diperlukan, dilakukan normalisasi data untuk mengurangi pengaruh variasi lingkungan yang tidak terkontrol.

2. Analisis Data

- Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, serta distribusi kebisingan di lokasi penelitian.
- Dibandingkan dengan standar kebisingan yang berlaku untuk menilai tingkat kepatuhan.
- Jika ditemukan tingkat kebisingan yang melebihi ambang batas, dilakukan analisis lebih lanjut terkait sumber utama kebisingan.
- Hasil analisis dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik atau peta kebisingan untuk memahami pola distribusi kebisingan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis

Rumah Sakit Bhayangkara Jambi dikenal sebagai salah satu rumah sakit terbesar di Kota Jambi yang berlokasi di wilayah yang sangat strategis. Posisi ini menjadikannya pusat aktivitas yang tinggi, terutama dengan banyaknya kendaraan berat maupun ringan yang melintasi dan keluar masuk area rumah sakit setiap hari. Aktivitas kendaraan yang padat ini berkontribusi pada peningkatan konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) di udara serta tingginya tingkat kebisingan akibat lalu lintas. Kondisi tersebut secara langsung memengaruhi kualitas udara ambien di sekitar kawasan rumah sakit, sehingga menimbulkan potensi dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitarnya.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan kualitas udara ambien terkait konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) dan tingkat kebisingan kendaraan di sekitar Rumah Sakit Bhayangkara Jambi. Tempat penelitian dilakukan pada dua lokasi pengambilan sampel, dengan sumber titik sampel secara rinci dapat dilihat pada tabel dibawah, data input atau data meteorologi ini diambil berdasar dari stasion meteorologi BMKG Kota Jambi dengan id 96195.

Titik Sampel

Koordinat:

Latitude = 1° 35 ' 21.3" S

X = 346,267.96 m

Longitude = 103.° 37' 05.0" E

Y = 9,824,288.25 m

Base Elevation = 16 MSL

UTM Zone = 48 S

Pengambilan data dilakukan secara bersamaan untuk konsentrasi NO₂, tingkat kebisingan, dan volume lalu lintas selama satu minggu pada 22-28 Februari 2025. Pengukuran dilakukan dengan interval waktu 1 jam (60 menit) pada hari kerja (Senin hingga Jumat) dan akhir pekan (Sabtu dan Minggu) di jam-jam sibuk, yaitu pagi (06.00-07.00 WIB), siang (12.00-13.00 WIB), dan malam (19.00-20.00 WIB).

Untuk mengukur konsentrasi NO₂, digunakan NO Meter merek KMOON GM 8805 dan Nitrogen Dioxide Meter tipe A58700A. Sementara itu, tingkat kebisingan kendaraan diukur menggunakan alat Sound Level Master. Selain itu, dilakukan pula perhitungan laju emisi NO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan yang melintas di titik-titik pengamatan, sekaligus menganalisis pola emisi yang terjadi.

4.2 Volume Kendaraan

Pengamatan volume kendaraan yang dilakukan selama satu minggu memiliki interval waktu selama 1 jam/60. Kendaraan yang menjadi objek pengamatan dalam penelitian ini terdiri dari kendaraan beroda dua dan empat seperti sepeda motor dan mobil penumpang, yang mencakup mobil pribadi dan ambulans. Lokasi pengamatan dilakukan di sepanjang area tempat dilakukannya penghitungan volume lalu lintas (traffic counting) sekaligus arah parkir Rumah Sakit Bhayangkara Jambi. Berikut disajikan data volume kendaraan yang tercatat selama periode pengamatan.

Tabel 4. 1 Volume Kendaraan Sabtu, 22 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	15	121	136
12.00-13.00	42	261	303
19.00-20.00	28	148	176
Jumlah	615		

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 2 Volume Kendaraan Minggu, 23 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	30	189	219
12.00-13.00	38	250	288
19.00-20.00	22	239	261
Jumlah	768		

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 3 Volume Kendaraan Senin, 24 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	25	82	107
12.00-13.00	30	135	165
19.00-20.00	52	281	333
Jumlah	605		

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 4 Volume Kendaraan Selasa, 25 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	38	106	144
12.00-13.00	15	180	195
19.00-20.00	20	123	143
Jumlah	482		

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 5 Volume Kendaraan Rabu, 26 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	33	120	153
12.00-13.00	18	195	213
19.00-20.00	10	97	107
Jumlah	473		

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 6 Volume Kendaraan Kamis, 27 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	21	60	81
12.00-13.00	24	121	145
19.00-20.00	9	90	99
Jumlah	325		

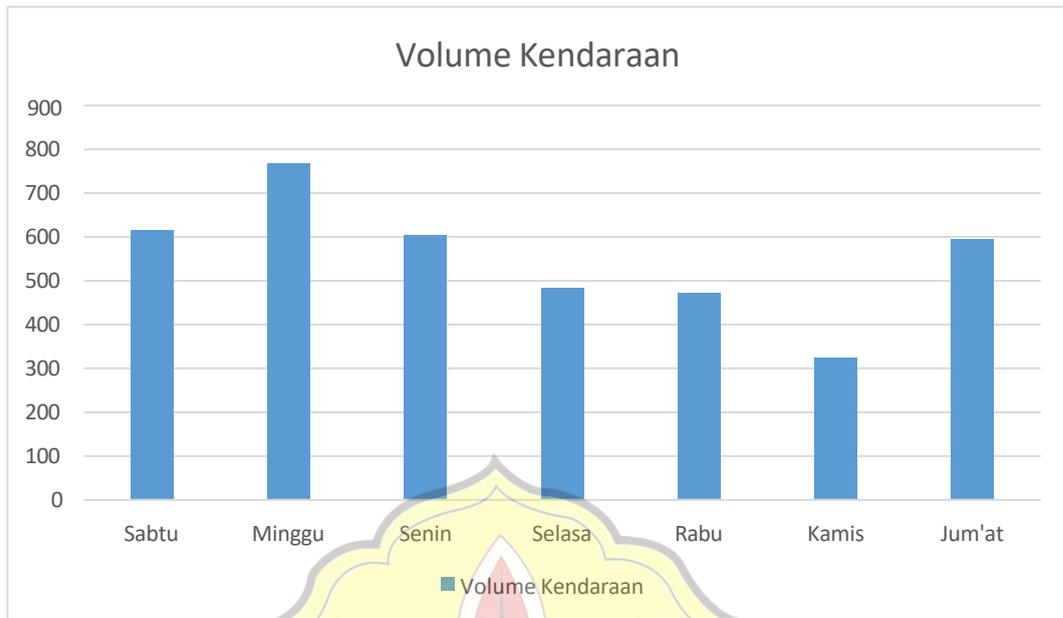
Sumber : Hasil Analisis, 2024

Tabel 4. 7 Volume Kendaraan Jum'at, 28 Februari 2025

Periode (Jam)	Jenis Kendaraan		Total
	Kendaraan Roda 2 dan Roda 4		
	Arah	Jalan Raya	
06.00-07.00	19	98	117
12.00-13.00	44	227	271

19.00-20.00	39	169	208
Jumlah		596	

Sumber : Hasil Analisis, 2024



Gambar 4. 1 Trend Volume Kendaraan

Hasil pengamatan volume kendaraan selama satu minggu di sekitar Rumah Sakit Bhayangkara Jambi menunjukkan adanya variasi jumlah kendaraan berdasarkan hari dan waktu tertentu. Secara keseluruhan, hari dengan volume kendaraan tertinggi adalah Minggu dengan total 768 kendaraan, terutama pada periode siang hari pukul 12.00-13.00 yang mencatat 288 kendaraan. Senin dan Sabtu juga memiliki volume tinggi dengan masing-masing 615 dan 605 kendaraan. Sementara itu, hari dengan volume kendaraan terendah adalah Kamis dengan total hanya 325 kendaraan. Pola waktu menunjukkan bahwa periode siang (12.00-13.00) cenderung memiliki volume kendaraan tertinggi hampir di setiap hari, sementara periode pagi (06.00-07.00) dan malam (19.00-20.00) menunjukkan variasi jumlah kendaraan yang bergantung pada hari tertentu. Pada Sabtu malam, volume kendaraan mencapai angka tertinggi dalam seminggu dengan 333 kendaraan. Dari jenis kendaraan yang diamati, kendaraan roda empat lebih dominan, terutama pada siang hari ketika aktivitas masyarakat meningkat. Secara keseluruhan, tren lalu lintas di sekitar area pengamatan menunjukkan puncak kepadatan pada siang dan malam hari, dengan lonjakan signifikan pada akhir pekan.

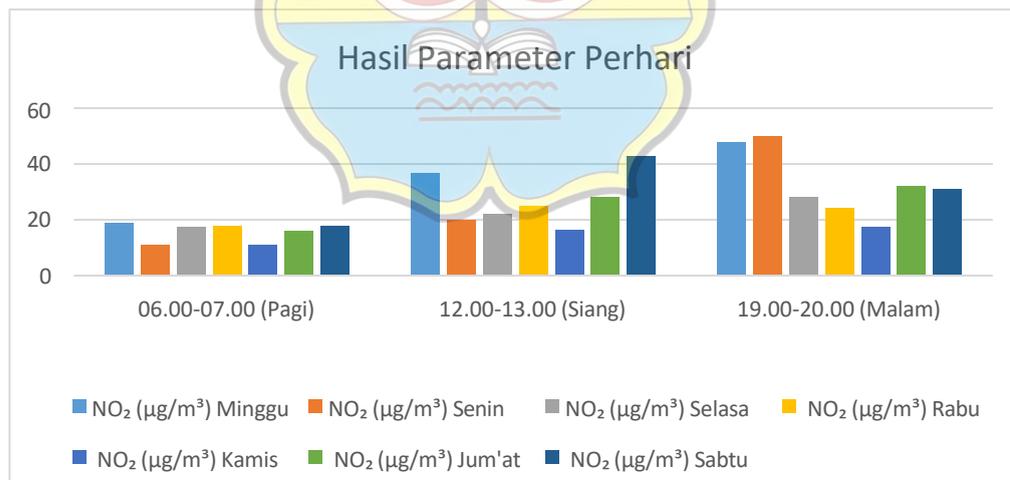
4.2.1 Hasil Pengukuran NO₂

Untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, penelitian ini mengukur kadar NO₂ di Rumah Sakit Bhayangkara Jambi selama satu minggu pada pagi, siang, dan malam hari. Hasilnya dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) 200 µg/m³ untuk menilai apakah kualitas udara di area tersebut masih aman. Berikut adalah hasil pengukuran kadar NO₂ berdasarkan hari dan waktu pengambilan sampel.

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran NO₂ diarea Titik Penelitian

Hari	Pengujian Parameter	Waktu Pengambilan Sampel			Rata-rata	NAB
		Pagi	Siang	Malam		
		07.00-08.00	13.00-14.00	19.00-20.00		
Sabtu	NO ₂ (µg/m ³)	17,8	42,8	30,8	30,4	200 µg/m ³
Minggu	NO ₂ (µg/m ³)	18,8	36,6	47,6	34,3	200 µg/m ³
Senin	NO ₂ (µg/m ³)	11,1	19,9	49,9	26,9	200 µg/m ³
Selasa	NO ₂ (µg/m ³)	17,3	22,0	28,2	22,5	200 µg/m ³
Rabu	NO ₂ (µg/m ³)	17,1	24,9	24,2	22,3	200 µg/m ³
Kamis	NO ₂ (µg/m ³)	10,7	16,1	17,2	14,7	200 µg/m ³
Jum'at	NO ₂ (µg/m ³)	15,9	28,0	32,1	25,3	200 µg/m ³

Sumber Penelitian, 2025



Gambar 4. 2 Hasil Parameter Perhari NO₂ di area Rumah Sakit Bhayangkara

Berdasarkan pengukuran kadar NO₂ (nitrogen dioksida) di area Rumah Sakit Bhayangkara Jambi selama satu minggu, hasilnya menunjukkan variasi kadar NO₂ pada pagi, siang, dan malam hari. Konsentrasi tertinggi terjadi pada Minggu malam (47,6 µg/m³), diikuti oleh Senin malam (49,9 µg/m³) dan Sabtu

siang (42,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sementara itu, kadar NO_2 terendah tercatat pada Kamis pagi (10,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Secara umum, konsentrasi NO_2 cenderung lebih tinggi pada malam hari dibandingkan pagi dan siang hari. Hasil dari pengukuran ini menunjukkan bahwa kadar NO_2 yang terdeteksi sepanjang waktu tersebut tetap berada di bawah nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Nilai ambang batas yang dimaksud mengacu pada peraturan yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 mengenai kualitas udara. Dengan demikian, kualitas udara di area tersebut dapat dikatakan masih aman karena kadar NO_2 tidak melebihi batas yang ditentukan oleh regulasi pemerintah.

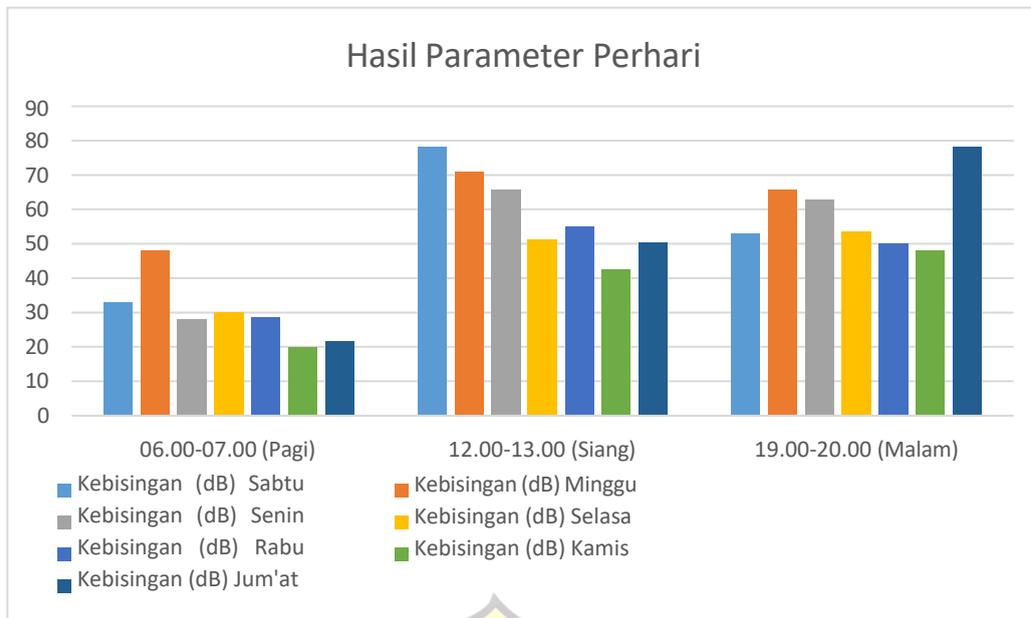
4.2.2 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan

Tingkat kebisingan di lingkungan rumah sakit merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kenyamanan pasien, tenaga medis, dan pengunjung. Kebisingan yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan tidur, peningkatan stres, dan menurunkan kualitas pemulihan pasien. Oleh karena itu, dilakukan pengukuran tingkat kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara untuk mengetahui seberapa besar tingkat kebisingan yang terjadi pada berbagai waktu dalam sehari. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang, dan malam selama satu minggu untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara

Hari	Pengujian Parameter	Waktu Pengambilan Sampel			Rata-rata	NAB
		Pagi	Siang	Malam		
		06.00-07.00	12.00-13.00	19.00-20.00		
Sabtu	Kebisingan(dB)	32,8	78,2	52,9	54,6	55 dB
Minggu	Kebisingan (dB)	48,1	71,0	65,8	61,6	55 dB
Senin	Kebisingan (dB)	28,1	65,8	62,9	52,2	55 dB
Selasa	Kebisingan (dB)	30,1	51,2	53,4	44,9	55 dB
Rabu	Kebisingan (dB)	28,5	54,9	50,1	44,5	55 dB
Kamis	Kebisingan (dB)	19,9	42,6	47,9	36,8	55 dB
Jum'at	Kebisingan (dB)	21,5	50,2	78,2	49,9	55 dB

Sumber Penelitian, 2025



Gambar 4. 3 Hasil Parameter Perhari Tingkat Kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kebisingan di area Rumah Sakit Bhayangkara, ditemukan bahwa tingkat kebisingan bervariasi setiap hari dan sepanjang waktu pengukuran. Secara umum, kebisingan tertinggi terjadi pada siang hari, dengan puncaknya pada Sabtu siang dan Jumat malam yang mencapai 78,2 dB, melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 55 dB. Sebaliknya, tingkat kebisingan terendah tercatat pada Kamis pagi dengan 19,9 dB. Rata-rata kebisingan harian tertinggi terjadi pada hari Minggu (61,6 dB), sedangkan yang terendah pada hari Kamis (36,8 dB). Meskipun sebagian besar hasil pengukuran masih berada di bawah NAB, beberapa waktu tertentu menunjukkan kebisingan berlebih yang berpotensi mengganggu kenyamanan pasien dan tenaga medis. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian kebisingan, seperti pemasangan peredam suara atau pengaturan lalu lintas kendaraan di area, guna menjaga lingkungan rumah sakit tetap nyaman dan kondusif.

4.3 Exit Velocity, Flowrate dan Laju Emisi NO₂

Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat dihitung sesuai dengan persamaan, maka pada titik area rumah sakit bhayangkara kota Jambi dengan waktu pengukuran jam 06.00-07.00 WIB, 12.00-13.00 WIB, dan 19.00-20.00 WIB dalam satu minggu didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Hasil Exit Velocity, Flowrate dan Laju Emisi NO₂ Rumah Sakit Bhayangkara Pada Titik

Hari	Waktu	Titik Penelitian		
		Exit Velocity (m/s)	Flow Rate (m ³ /s)	Laju Emisi NO ₂ (µg/s)
Sabtu	06.00-07.00	107,9257	755,48	13447,54
	12.00-13.00	240,4521	1683,165	72039,46
	19.00-20.00	139,6686	977,68	30112,54
Minggu	06.00-07.00	173,7921	1216,545	22871,05
	12.00-13.00	228,5486	1599,84	58554,14
	19.00-20.00	207,1221	1449,855	69013,1
Senin	06.00-07.00	84,91214	594,385	6597,674
	12.00-13.00	130,9393	916,575	18239,84
	19.00-20.00	264,2593	1849,815	92305,77
Selasa	06.00-07.00	114,2743	799,92	13838,62
	12.00-13.00	154,7464	1083,225	23830,95
	19.00-20.00	113,4807	794,365	22401,09
Rabu	06.00-07.00	121,4164	849,915	14533,55
	12.00-13.00	169,0307	1183,215	29462,05
	19.00-20.00	84,91214	594,385	14384,12
Kamis	06.00-07.00	64,27929	449,955	4814,519
	12.00-13.00	115,0679	805,475	12968,15
	19.00-20.00	78,56357	549,945	9459,054
Jum'at	06.00-07.00	92,84786	649,935	10333,97
	12.00-13.00	215,0579	1505,405	42151,34
	19.00-20.00	165,0629	1155,44	37089,62

Sumber Penelitian, 2025

Berikut merupakan pengaplikasian rumus dalam menemukan *exit velocity*, *flowrate*, dan laju emisi NO₂. *Flowrate* merupakan volume udara yang teraliri per satuan waktu dan dapat dihitung dengan $Q = n \times V_k$ dengan n adalah jumlah kendaraan yang melewati titik pengukuran dan V_k berupa volume udara yang dipindahkan oleh satu kendaraan, untuk menghitung *exit velocity* dihitung dengan $v = \frac{Q}{A}$. Sedangkan untuk laju emsisi dari NO₂ dihitung dengan mengalikan

$Emission Rate = Flowrate \times Konsentrasi Polutan NO_2$.

Berikut

pengaplikasian rumus dalam menentukan $V_{perkendaraan}$

$$V_{perkendaraan} = 11,11 \text{ m/s} \times 0,5 \text{ m}^2 = 5,555 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pada hari sabtu pukul 19.00-20.00 WIB, diberikan $V_{perkendaraan} = 5,555 \text{ m}^3/\text{s}$. Jika diketahui jumlah kendaraan mencapai 176 kendaraan, maka didapatkan *flowrate* sebesar :

$$Q = 176 \times 5,555 \text{ m}^3/\text{s} = 977,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

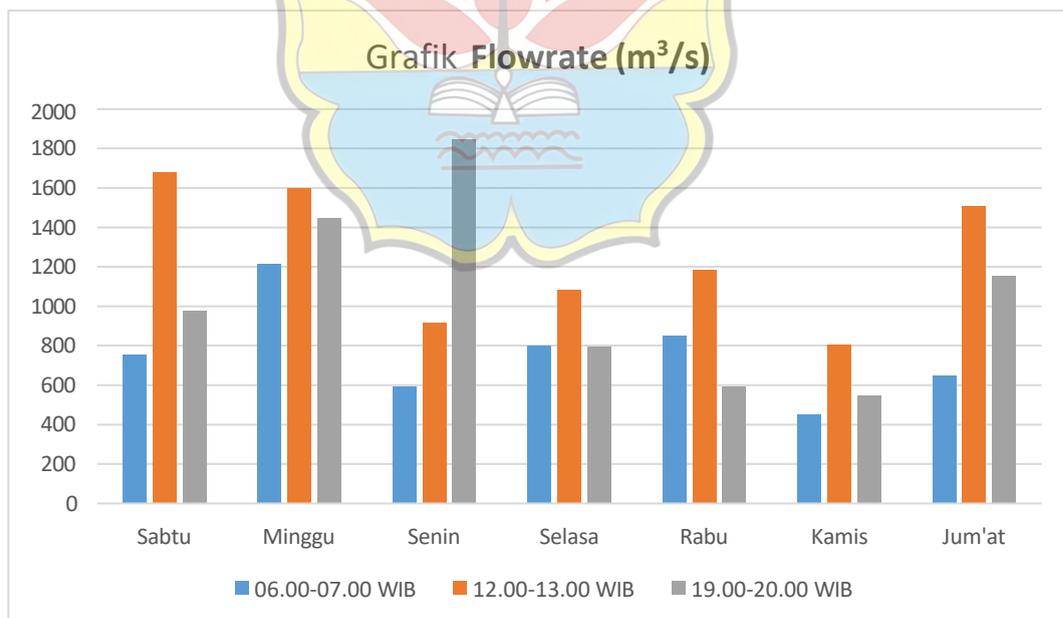
Diwaktu yang sama untuk mencari *exit velocity* dengan luas penampang diketahui sebesar 7 m^2 , maka :

$$v = \frac{977,68}{7} = 139,669 \text{ m/s}$$

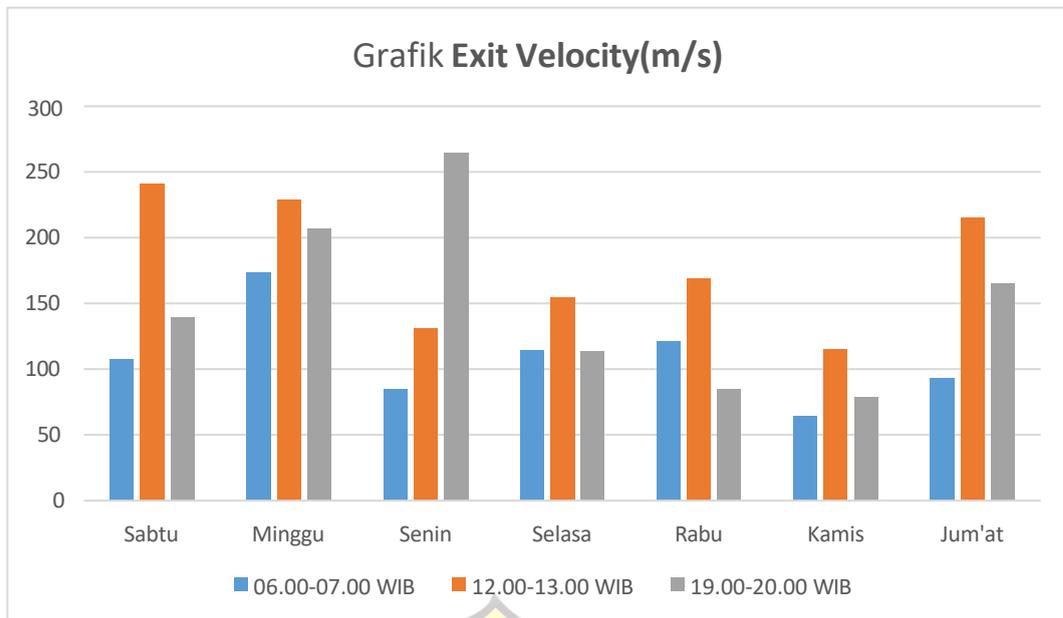
Dan karena telah dihitung sebelumnya dalam pengkuruan NO_2 yaitu $47,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sehingga laju emisi gas pencemar dapat dihitung dengan :

$$E = 977,68 \text{ m}^3/\text{s} \times 47,6 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 30112,54 \mu\text{g}/\text{s}$$

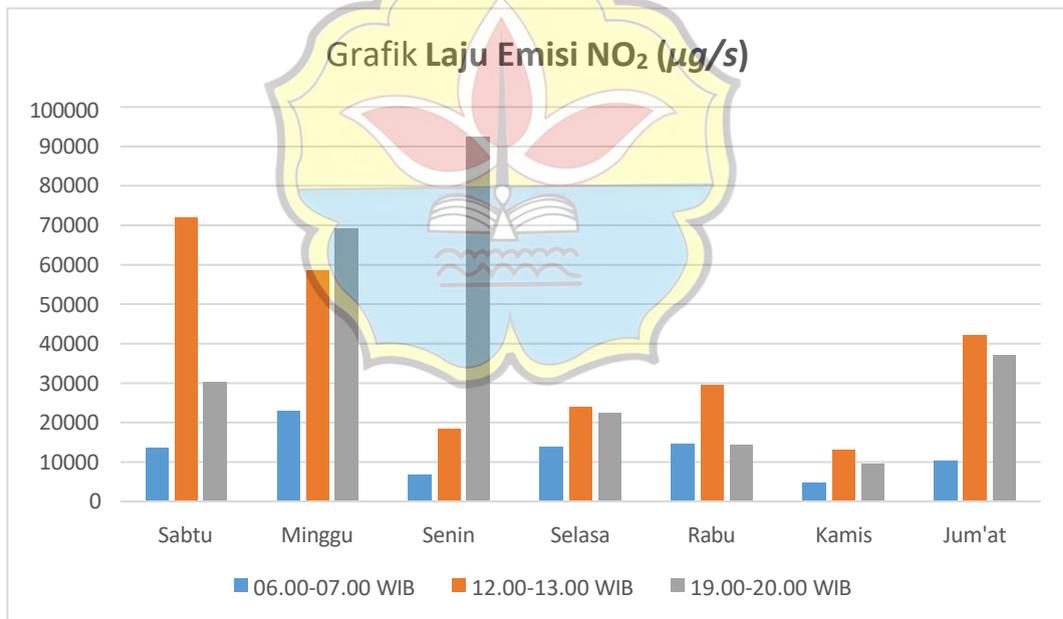
Dari perhitungan ini, terlihat bahwa semakin tinggi *flowrate* dan *exit velocity*, semakin besar pula laju emisi NO_2 . Hal ini menunjukkan bahwa volume dan kecepatan gas buang sangat berpengaruh terhadap tingkat polusi udara.



Gambar 4. 4 Hasil Parameter Exit Velocity Pada lokasi penelitian



Gambar 4. 5 Hasil Parameter Flowrate Pada lokasi penelitian



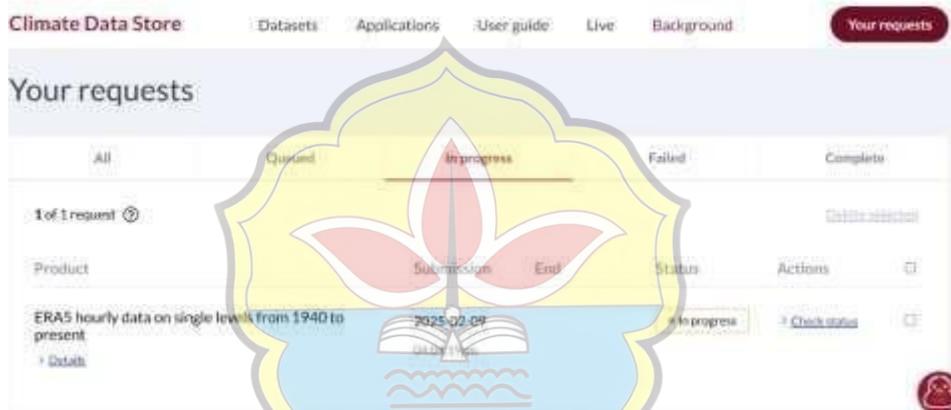
Gambar 4. 6 Hasil Parameter Laju Emisi NO₂ Pada lokasi penelitian Rumah Sakit Bhayangkara

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit Bhayangkara, pengukuran exit velocity, flowrate, dan laju emisi NO₂ menunjukkan variasi signifikan pada setiap hari dan waktu pengukuran. Secara umum, semakin tinggi flowrate dan exit velocity, semakin besar pula laju emisi NO₂ yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa pada pukul 12.00-13.00 dan 19.00-20.00 WIB, emisi NO₂

cenderung lebih tinggi dibandingkan pagi hari (06.00-07.00 WIB), yang kemungkinan berkaitan dengan meningkatnya aktivitas kendaraan. Puncak emisi tertinggi terjadi pada Senin pukul 19.00-20.00 WIB dengan laju emisi mencapai 92.305,77 $\mu\text{g/s}$. Sebaliknya, emisi terendah tercatat pada Kamis pukul 06.00-07.00 WIB dengan 4.814,519 $\mu\text{g/s}$. Hal ini menunjukkan bahwa volume dan kecepatan gas buang dari kendaraan sangat berpengaruh terhadap tingkat pencemaran udara di sekitar lokasi penelitian.

4.4 Permodelan Dispersi Udara

Dalam proses pengolahan data arah angin, dibutuhkan proses input data meteorologi yang didapatkan dari BMKG dan data meteorologi global.

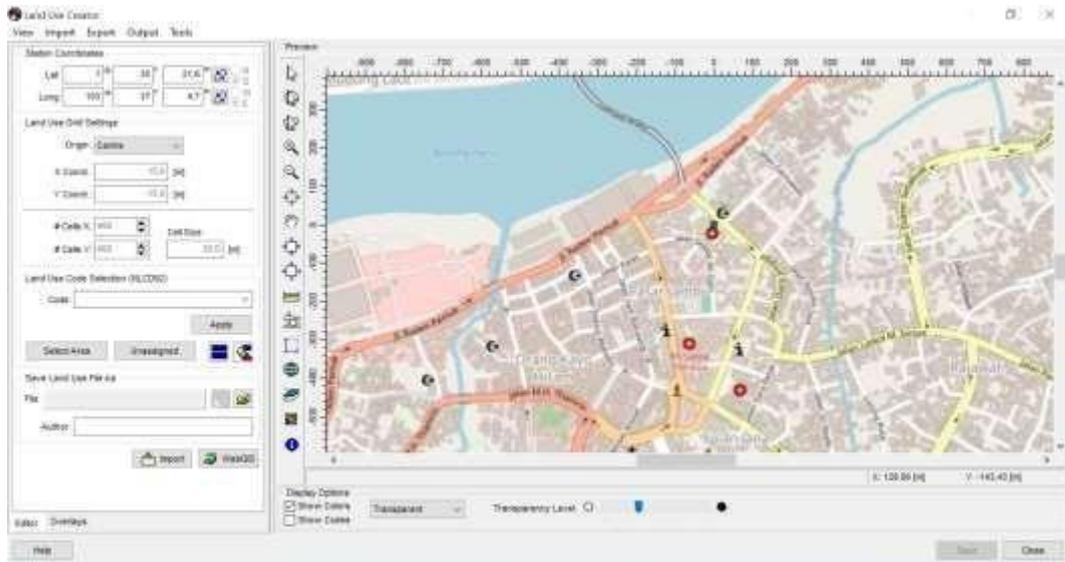


Sumber : <https://cds.climate.copernicus.eu/requests?tab=all>

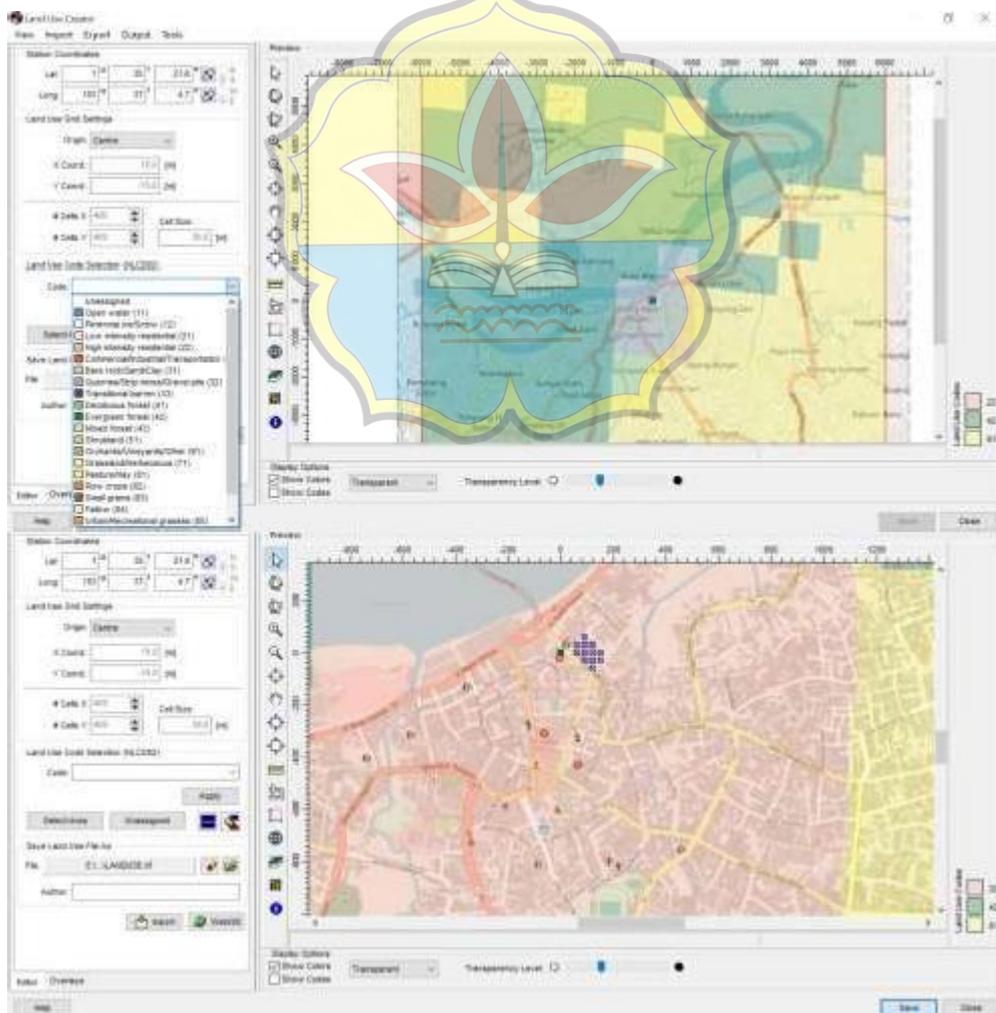
Gambar 4. 7 Penginputan Data Meterologi Global

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0005	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0015	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0020	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0025	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0030	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0035	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0040	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0045	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0050	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0055	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4. 8 Data Meterologi BMKG

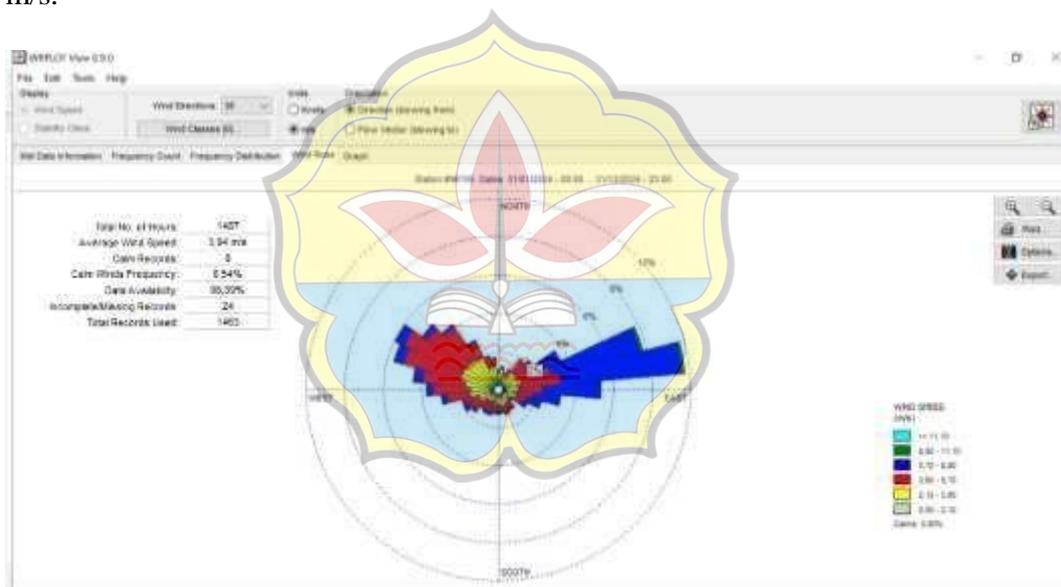


Gambar 4. 9 Pengumpulan Titik Koordinat



Gambar 4. 10 Analisis Aermet

Windrose atau mawar angin adalah sebuah penggambaran arah angin dan kecepatan dominan di suatu tempat tertentu. Setelah melaksanakan pengolahan data kecepatan dan juga mengenai arah angin dengan menggunakan *software* WEPLOT, yang kemudian hasil *windrose* yang menggambarkan arah angin dan kecepatan angin sebagai input dalam aplikasi pemodelan pada *software* AERMOD. Pada diagram *windrose*, kecepatan angin diklasifikasikan dalam beberapa warna dengan berdasarkan tingkat kecepatan angin. Warna hijau muda dalam rentang kecepatan 0,5-2,1 m/s, warna kuning untuk rentang kecepatan 2,1 – 3,6 m/s, warna merah untuk rentang kecepatan 3,6 – 5,7 m/s, warna biru tua untuk kecepatan 5,7 – 8,8 m/s, warna hijau tua untuk rentang kecepatan 8,8 – 11 m/s, dan biru muda ≥ 11 m/s.

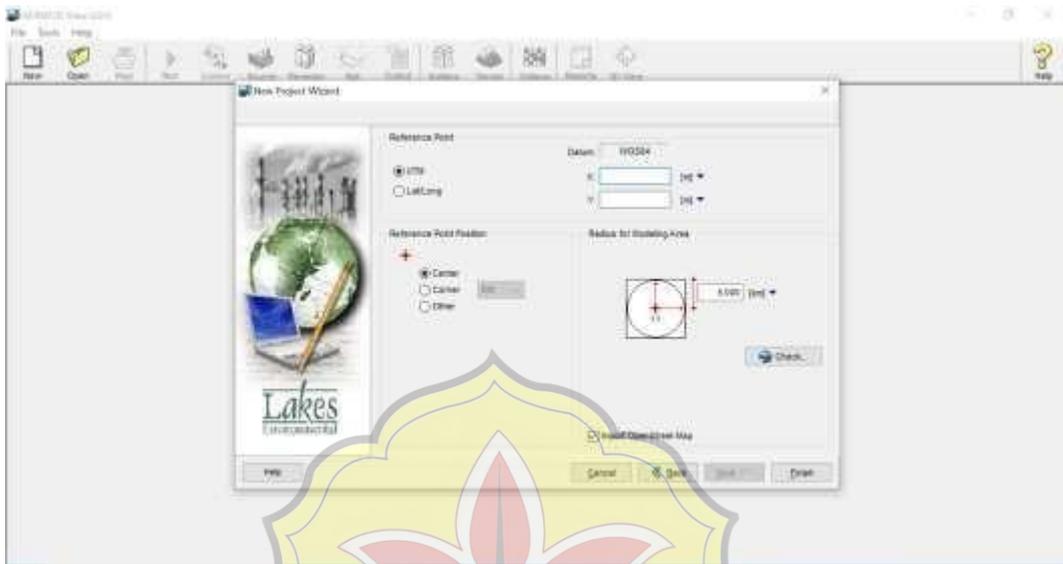


Gambar 4. 11 Wind Rose

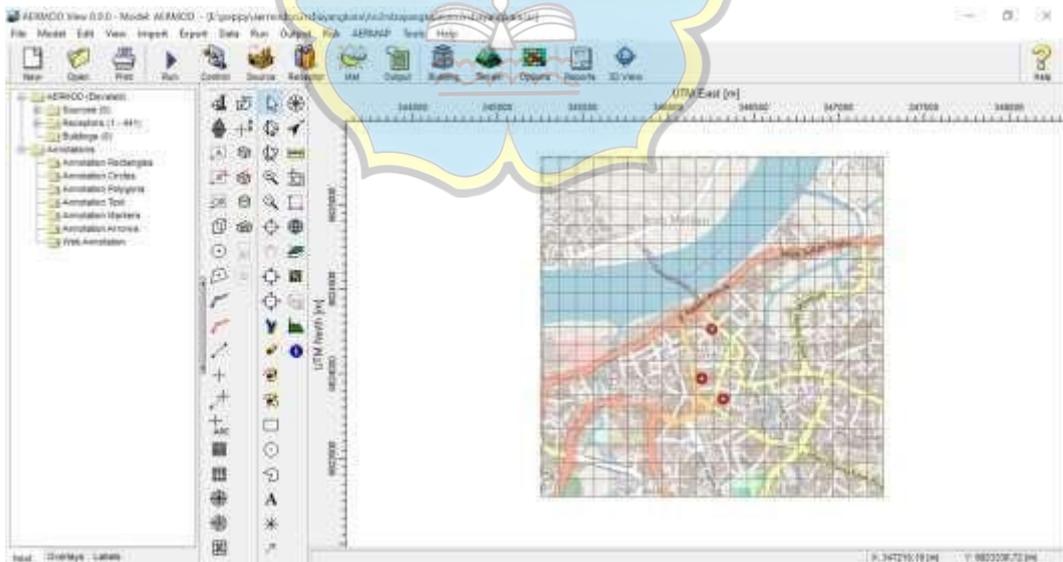
Berdasarkan gambar 4.13 didapatkan bahwa arah angin dominan dari arah timur ke barat dengan kecepatan rata-rata mencapai 3,94 m/s dengan klasifikasi berwarna merah. Sesuai dengan arah angin tersebut dapat diperkirakan bahwa polutan dari NO_2 yang diemisikan dari transportasi akan mengarah dari arah barat menuju arah timur. Arah angin dan kecepatan angin dapat mempengaruhi pola dispersi yang terbentuk.

4.5 Pengolahan Data Pola Sebaran Nitrogen Dioksida (NO₂)

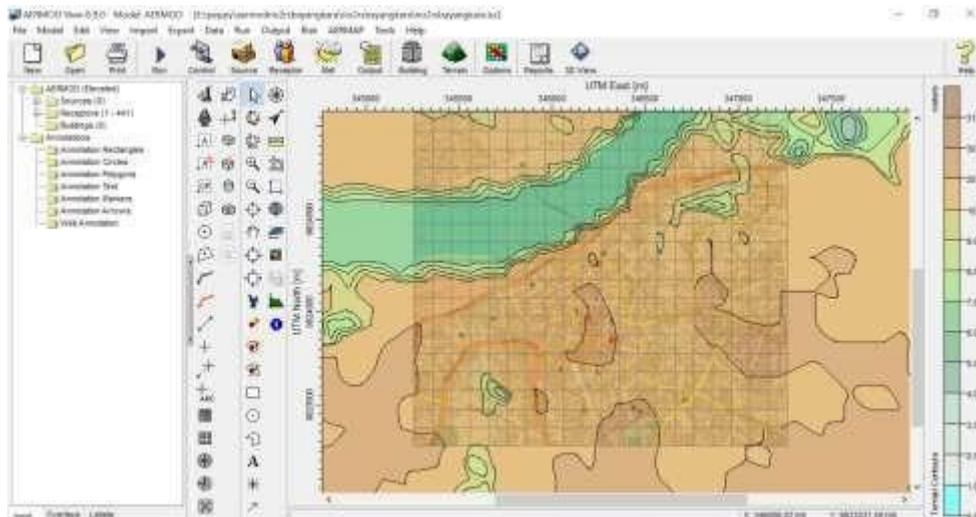
Dalam proses pengolahan data pola sebaran tersebut, dibutuhkan input data perhitungan *flowrate* ke dalam software Aermoc dengan di tambahkan data *wind rose* yang telah dihasilkan sebelumnya.



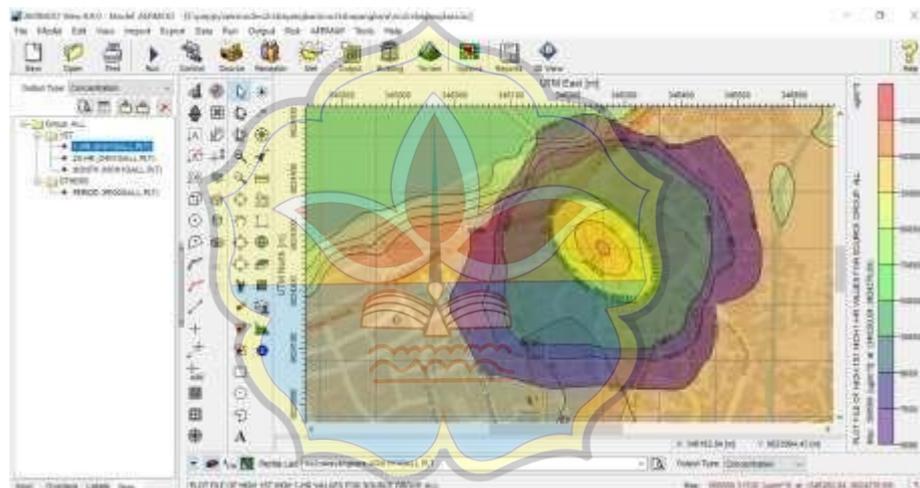
Gambar 4. 12 Penginputan Titik Koordinat



Gambar 4. 13 Peta Koordinat



Gambar 4. 14 Penginputan *Wind Rose*



Gambar 4. 15 Pola Sebaran Emisi NO₂

Berdasarkan dengan gambar 4.17 didapatkan bahwa pola sebaran emisi NO₂ dalam satu minggu selama proses penelitian yakni dilaksanakan pada tanggal 23 Desember 2024 sampai 29 Desember 2024 telah menghasilkan sebaran konsentrasi yang berpusat pada titik pengambilan sampel dengan nilai tertinggi mencapai 569589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan cakupan area yang kecil, dengan *wind rose* berkecepatan sekitar 3,94 m/s emisi yang dihasilkan tersebar ke area sekitar dengan nilai 500600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di tandai dengan warna orange dengan area sebaran yang lebih besar dari pada konsentrasi sebelumnya. Kemudian sebesar 90600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ditandai dengan warna kuning, dan terakhir berwarna hijau yang dominan dengan nilai sebesar 50600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

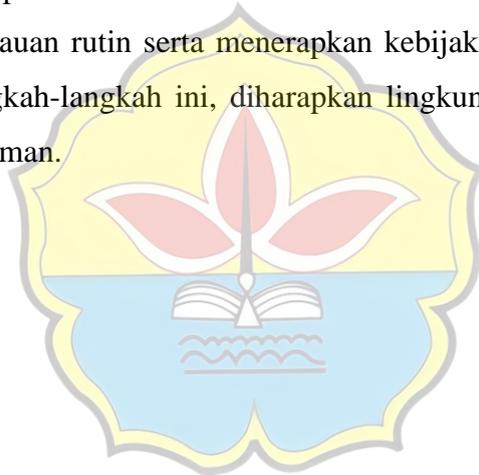
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis Nitrogen Dioksida (NO_2) dan tingkat kebisingan di lingkungan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran kadar NO_2 di Rumah Sakit Bhayangkara Jambi selama satu minggu menunjukkan variasi kadar pada pagi, siang, dan malam. Konsentrasi tertinggi terjadi pada Minggu malam ($47,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), disusul Senin malam ($49,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan Sabtu siang ($42,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sementara kadar terendah tercatat pada Kamis pagi ($10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Secara umum, kadar NO_2 lebih tinggi pada malam hari. Namun, seluruh hasil pengukuran masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021, sehingga kualitas udara di area tersebut masih tergolong aman.
2. Untuk tingkat kebisingan menunjukkan variasi harian, dengan puncak tertinggi pada Sabtu siang dan Jumat malam ($78,2 \text{ dB}$), melebihi NAB 55 dB , sementara terendah terjadi pada Kamis pagi ($19,9 \text{ dB}$). Rata-rata harian tertinggi tercatat pada Minggu ($61,6 \text{ dB}$) dan terendah pada Kamis ($36,8 \text{ dB}$).
3. Pengukuran exit velocity, flowrate, dan laju emisi NO_2 di Rumah Sakit Bhayangkara menunjukkan variasi signifikan. Emisi lebih tinggi pada siang ($12.00-13.00 \text{ WIB}$) dan malam ($19.00-20.00 \text{ WIB}$) dibandingkan pagi ($06.00-07.00 \text{ WIB}$), seiring meningkatnya aktivitas kendaraan. Puncak emisi terjadi pada Senin malam ($92.305,77 \mu\text{g}/\text{s}$), sedangkan terendah pada Kamis pagi ($4.814,519 \mu\text{g}/\text{s}$). Hasil ini menegaskan bahwa volume dan kecepatan gas buang kendaraan berpengaruh besar terhadap pencemaran udara di area tersebut.
4. Aktivitas kendaraan yang tinggi di area rumah sakit, terutama kendaraan bermotor seperti sepeda motor, mobil penumpang, dan ambulans, berkontribusi terhadap peningkatan emisi NO_2 dan tingkat kebisingan. Sehingga untuk dampak lingkungan dan Kesehatan, paparan jangka panjang

terhadap kebisingan dan polusi udara ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan tenaga medis, pasien, serta masyarakat sekitar, seperti gangguan pernapasan dan pendengaran.

5.2 Saran

Untuk mengurangi dampak kebisingan dan pencemaran udara di lingkungan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Jambi, beberapa langkah yang dapat dilakukan. Pertama, memasang peredam suara di area generator, mengatur jadwal operasionalnya, serta menanam vegetasi hijau untuk meredam kebisingan. Kedua, meningkatkan sirkulasi udara di , mendorong penggunaan kendaraan listrik, dan menyediakan area parkir khusus untuk kendaraan berbahan bakar fosil. Ketiga, melakukan pemantauan rutin serta menerapkan kebijakan lingkungan yang lebih ketat. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan lingkungan rumah sakit menjadi lebih sehat dan nyaman.



DAFTAR PUSTAKA

- Aly. (2023). Buku Esensi Pencemaran Udara. Edisi Tahun 2023
- BPS Provinsi Jambi, (2022). Jumlah Kendaraan Bermotor 2017-2019. Di petik pada tanggal 20 April 2024, dari BPS Provinsi Jambi. [https://jambi.bps.go.id/indicator/17/422/1/jumlah-kendaraan-bermotor-html.](https://jambi.bps.go.id/indicator/17/422/1/jumlah-kendaraan-bermotor-<u>html</u>.)
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Berita Dirgantara*, 2(1), 21–27.
- Budiyono, B., & Aji, A. (2015). Kondisi Kualitas Udara Ambien Dan Kebisingan Di Sekitar Pabrik Rokok di Kabupaten Kudus. *Geo-Image Journal*, 4(1).
- Environmental Protection Agency. 2011. Particulate Matter. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm/>
- Fahmi, M. H. (2019). *Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe* (Doctoral dissertation, UIN AR-RANIRY).
- Gusrianti.D, (2017). Analisis Sebaran Karbon Monoksida dari Sumber Transportasi di Jalan Sisingamangraja dengan Metode *Gaussian Line Source* Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 14 (1), 41-51.
- Ghina Fauziah Makbul, “Analisis Konsentrasi CO dan NO₂ Dalam Menentukan Kualitas Udara Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai, Kota Makassar”, (Tugas Akhir, Universitas Andalas, 2020), 27.
- HJ Mukono, *Aspek Kesehatan Pencemaran Udara*, (Surabaya: Airlangga University Press, 2011), 25.
- Jacobson, M. Z. (2005). *Fundamental of Atmospheric Modelling* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Jawwad, M. A. S., Murti, R. H. A., & Citrasari, N. (2023). Analisis dan Model Dispersi Kualitas Udara di TPA Klotok Kediri. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(1), 31-37.
- Krzyzanowski, J. (2012). Environmental pathways of potential impacts to human health from oil and gas development in northeast British Columbia, Canada. *Environmental Reviews*, 20(2), 122–134.
- Kurniawan, A. (2017). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ Dan Pm₁₀) Di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1–82.
- Kayes, I. (2019). The relationships between meteorological parameters and air pollutants in an urban environment. *Global J. Environ. Sci. Manage.* 5 (3). 265-278.

- Lazaridis, Mihalīs. (2011). *First Principles Of Meteorology And Air Pollution*. Springer.
- Lasabuda, T. E. P., Ardiansyah, R. T., Sukismanto, Rachmaniyah, Talli, R., Marada, N., Putra, A. K., Susanti, L., Rahayuningsih, C. K., Hermiyanti, P., Nurmayanti, D., Khambali, Paerah, I. A. P., Iqbah, I. P., Haryanto, R. D., & Hasibuan, C. F. (2023). Pengantar Kesehatan Lingkungan. In M. E. Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si. Putri Wulan, S.Si. (Ed.), *Jurnal Ilmu Pendidikan* (1st ed., Vol. 7, Issue 2). Eureka Media Makasar.
- Maziya, F. B. (2020). Analisis Dampak Nitrogen Dioksida (NO₂) di Kota Yogyakarta.
- Nurzaman, A. (2024). *Analisis Dampak Pabrik Bata Merah Terhadap Kualitas Udara Dan Tingkat Kebisingan Di Desa Cicantayan Kabupaten Sukabumi* (Doctoral Dissertation, Nusa Putra University).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12. (2010). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah*.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 tahun 2011 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggara Dekonsentrasi Bidang Lingkungan Hidup Tahun 2012.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8 tahun 2023 tentang Penerapan Baku Mutu Emisi Kendara Kategori M, Kategori N, Kategori O, Kategori L.
- Puspitasari. (2011). Pola Spasial Pencemaran Udara Dari Sumber Pencemar PLTU dan PLTGU Muara Karang. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UI, Depok.
- Seaton, A. (2015). Particulate air pollution and acute health effects.
- Smith, L (2015). Near-road measurements for nitrogen dioxide and its association with traffic exposure zones Atmospheric Pollution Research.
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara: Kumpulan Karya Ilmiah*. Institut Teknologi Bandung.
- Ukaigwe, S., & Osoka, E. (2013). Air Quality Monitoring Using Internet of Things: A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2, 217–221.
- World Health Organization. 2005. *Air Quality Guidelines For Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide*.
- Zhai, X., Russell, A. G., Sampath, P., Mulholland, J. A., Kim, B. U., Kim, Y., & D'Onofrio, D. (2016). Calibrating R-LINE model results with observational

data to develop annual mobile source air pollutant fields at fine spatial resolution: Application in Atlanta. *Atmospheric Environment*, 147, 446–457.

Zheng, Z., Yang, Z., Wu, Z., & Marinello, F. (2019). Spatial variation of NO₂ and its impact factors in China: An application of sentinel-5P products. *Remote Sensing*, 11(16), 1939.



LAMPIRAN



Gambar 1. Dokumentasi Setelah Penelitian



Gambar 2. Dokumentasi Pengukuran NO₂ Arah Jalan Raya



Gambar 3. Dokumentasi Pengukuran NO₂ Arah



Gambar 4. Dokumentasi Hasil Pengukuran NO₂



Gambar 5. Dokumentasi Pengukuran Tingkat Kebisingan pada arah jalan raya



Gambar 6. Dokumentasi Pengukuran Tingkat Kebisingan pada arah