

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS UDARA UNTUK PARAMETER NO₂ PADA
JALAN TOL DI KOTA MAKASSAR**



ANISAH PRATIWI

D131 17 1301

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUALITAS UDARA UNTUK PARAMETER NO₂ PADA JALAN TOL DI
KOTA MAKASSAR**

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1
Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan



ANISAH PRATIWI

D131 17 1301

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : Analisis Kualitas Udara untuk Parameter NO₂ Pada Jalan Tol di Kota Makassar

Disusun Oleh :

Nama : Anisah Pratiwi

D131171301

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 13 Oktober 2021

Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Muh. Isran Ramli, S.T., M.T.
NIP. 197309262000121002

Pembimbing II

Rasdiana Zakaria, S.T., M.T.
NIP. 198510222019032011



Menyetujui,
Kepala Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Anisah Pratiwi, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Analisis Kualitas Udara Untuk Parameter NO₂ Pada Jalan Tol Di Kota Makassar**”, adalah karya ilmiah penulisan sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulisan lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 14 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



Anisah Pratiwi

D131 17 1301

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmahtullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil' alamin, segala bentuk puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahuwata'ala atas berkat rahmat dan ridhoNya kepada penulis sehingga penulisan tugas akhir ini dapat selesai dengan judul **“ANALISIS KUALITAS UDARA UNTUK PARAMETER NO₂ PADA JALAN TOL DI KOTA MAKASSAR”** tugas akhir ini sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Selama penulis menyusun tugas akhir ini, penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat adanya bimbingan, bantuan, dan kerjasama yang ikhlas dari orang-orang yang baik, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan ketulusan, saya sebagai penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.**, yang merupakan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT.**, yang merupakan Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.**, yang merupakan Dosen Pembimbing I dan **Ibu Rasdiana Zakaria, ST., MT.**, yang merupakan Dosen Pembimbing II yang di tengah kesibukannya senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama melaksanakan penyusunan tugas akhir sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
4. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas segala bentuk arahan, bimbingan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
5. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Ayahanda tercinta **Ahmad Hamzah** dan Ibunda tercinta **Mahadiah Hadi** atas segala kasih sayang kepada penulis dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah serta segala bentuk semangat dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menyelesaikan pendidikan hingga tingkat perguruan tinggi.
2. Adik-adik saya **Mariyah Ulfah** dan **Sri Atikah** yang telah memberikan semangat, bantuan, dan doa untuk kelancaran dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
3. **Afifah Azzahra Zafany**, selaku partner TA yang selalu ada menemani, membantu, dan mendukung penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
4. **Irsyaad Caesar Ramadhan**, selaku koordinator lab kualitas air yang selalu meluangkan waktu untuk membantu dan mengajari penulis selama melakukan analisis di lab kualitas air.
5. **Andi Indah Fitria Wahyuni, Indah Nur Sakinah, Nurfadillah Ibrahim, Aulia Rizqi** selaku sahabat penulis yang sudah seperti keluarga baru bagi penulis dan selalu ada menjadi tempat berbagi tawa dan kekonyolan, serta menemani penulis dalam melewati masa-masa sulit.
6. **Widya Surya Cendekiana** selaku sahabat penulis sejak 9 tahun lamanya yang selalu ada menghibur penulis, berbagi kisah, dan inspirasi.
7. **Kak Nurfadila Bataramulam** dan **Kak Ghina Fauziah Makbul** yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
8. Teman-teman Lab. Riset Kualitas Udara dan Bising 2017 yang membuat saya selalu termotivasi mengerjakan tugas akhir untuk segera menyelesaikan studi di Universitas Hasanuddin.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan 2017 dan PLASTIS 2018 atas segala kenangan dan cerita yang tercipta selama masa perkuliahan.
10. Dan kepada orang-orang baik yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan doa yang diberikan penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Semoga kebaikan kalian semua dibalas berkali-kali lipat oleh Allah SWT. Penulis berharap semoga tugas akhir dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan bagi pembacanya. Semoga tulisan ini dapat menjadi awal dari mimpi dan ikhtiar-ikhtiar baru dimasa yang akan datang. Akhiirul Kalaam, Wa Billahit Taufiq Wal Hidaayah,

Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatu

Gowa, 31 Juli 2021

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anisah Pratiwi', written in a cursive style.

Anisah Pratiwi

ABSTRAK

ANISAH PRATIWI. *Analisis Kualitas Udara Untuk Parameter NO₂ Pada Jalan Tol Di Kota Makassar* (dibimbing oleh Muhammad Isran Ramli dan Rasdiana Zakaria).

Kota Makassar merupakan salah satu kota terbesar di kawasan Indonesia Timur. Menurut Data BPS, rasio pertambahan jumlah kendaraan bermotor mencapai 1.563.608 unit. Itu artinya polusi udara juga semakin meningkat. Kadar NO₂ pada udara ambien saat ini semakin meningkat setiap tahunnya. Kadar NO₂ yang melewati standar baku mutu akan membawa dampak yang buruk. Untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dan mempersingkat jarak dari suatu tempat ke tempat lainnya, jalan tol menjadi alternatif yang dapat dilalui. Tingginya volume kendaraan dan kecepatan kendaraan di jalan tol tentunya sangat mempengaruhi kualitas udara.

Penelitian ini dilakukan di Jl. Tol Reformasi dan Jl. Tol Ir. Sutami. Metodologi penelitian yang dilakukan yaitu melakukan pengukuran langsung menggunakan impinger, menghitung volume kendaraan, menghitung nilai faktor emisi, menentukan arah dan kecepatan angin dengan WRPLOT View dan menganalisis konsentrasi NO₂ menggunakan Caline4. Kemudian membuat peta sebaran menggunakan aplikasi Golden Surfer 11 dari hasil konsentrasi yang diperoleh dari Caline-4.

Hasil penelitian menggunakan impinger diperoleh konsentrasi NO₂ tertinggi yaitu sebesar 29,17 µg/Nm³ pada T2 dan konsentrasi terendah yaitu sebesar 3,41 µg/Nm³ pada T1 sedangkan hasil pemodelan Caline-4 diperoleh konsentrasi tertinggi yaitu sebesar 84,9 µg/Nm³ pada T3, dan konsentrasi terendah yaitu sebesar 30,3 µg/Nm³ pada T1. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi dampak polutan NO₂ berada bawah baku mutu yang dipersyaratkan oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 tentang baku mutu udara ambien yaitu sebesar 200 µg/Nm³.

Kata Kunci : Nitrogen Dioksida, Tol Makassar, Impinger, Caline-4

ABSTRACT

ANISAH PRATIWI. *Air Quality Analysis for NO₂ Parameters on Toll Roads in Makassar City* (supervised by Muhammad Isran Ramli and Rasdiana Zakaria).

Makassar City is one of the largest cities in Eastern Indonesia. According to BPS data, the ratio of the increase in the number of motorized vehicles reached 1,563,608 units. That means air pollution is also increasing. The level of NO₂ in ambient air is currently increasing every year. NO₂ levels that pass quality standards will have a bad impact. To overcome traffic jams and shorten the distance from one place to another, toll roads are an alternative that can be passed. The high volume of vehicles and the speed of vehicles on the toll road certainly greatly affects the air quality.

This research was conducted on Jl. Reform Toll Road and Jl. Toll Ir. Sutami. The research methodology carried out is direct measurement using impinger, calculating vehicle volume, calculating emission factor values, determining wind direction and speed with WRPLOT View and analyzing NO₂ concentration using Caline4. Then make a distribution map using the Golden Surfer 11 application from the concentration results obtained from Caline-4.

The results of the study using impinger obtained the highest NO₂ concentration of 29.17 g/Nm³ at T2 and the lowest concentration of 3.41 g/Nm³ at T1 while the results of Caline-4 modeling obtained the highest concentration of 84.9 g/Nm³ at T3 , and the lowest concentration was 30.3 g/Nm³ at T1. This shows that the estimated impact of NO₂ pollutants is below the quality standard required by PP RI No. 22 of 2021 concerning the ambient air quality standard, which is 200 g/Nm³.

Keywords: Nitrogen Dioxide, Makassar Toll Road, Impinger, Caline-4

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah Penelitian	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Udara Ambien	6
B. Pencemaran Udara	6
C. Nitrogen Dioksida (NO ₂)	9
D. Baku Mutu Nitrogen Dioksida (NO ₂)	10
E. Emisi Kendaraan Bermotor	11
F. Jalan Tol.....	14
G. <i>Wind Rose</i>	14
H. Program Caline-4.....	15
I. Program Golden Surfer 11	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
A. Rancangan Penelitian	18

B. Waktu Penelitian	20
C. Gambaran Lokasi Penelitian	20
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
F. Teknik Pengambilan Data	34
G. Analisis Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Gambaran Umum.....	37
B. Volume Lalu Lintas.....	37
C. Nilai Besaran Emisi.....	41
D. Faktor Meteorologi.....	44
E. Analisis Konsentrasi NO ₂ Menggunakan Impinger.....	47
F. Prediksi Konsentrasi Polutan NO ₂	48
G. Rekapitulasi Konsentrasi Polutan Nitrogen Dioksida Pengukuran Langsung Menggunakan Impinger dan Pemodelan Caline-4.....	51
H. Pemetaan Sebaran Polutan NO ₂	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor.....	13
Tabel 2. Waktu Penelitian	20
Tabel 3. Koordinat Lokasi Penelitian.....	21
Tabel 4. Klasifikasi Kestabilan Atmosfer Caline-4.....	29
Tabel 5. Besaran Emisi NO ₂ Jl. Tol Makassar	41
Tabel 7. Data Meteorologi Jl. Tol Reformasi Km 4 (600 m).....	44
Tabel 8. Data Meteorologi Jl. Tol Reformasi Km 1	44
Tabel 9. Data Meteorologi Jl. Tol Reformasi Km 0 (400 m).....	45
Tabel 10. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 1 (600 m).....	45
Tabel 11. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 3 (400 m).....	45
Tabel 12. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 5	46
Tabel 13. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 6 (400 m).....	46
Tabel 14. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 7 (800 m).....	46
Tabel 15. Data Meteorologi Jl. Tol Ir. Sutami Km 10	47
Tabel 16. Besaran Emisi NO ₂ Jalan Tol Makassar	47
Tabel 17. Prediksi Konsentrasi Polutan NO ₂ di Jalan Tol Kota Makassar	49
Tabel 18. Konsentrasi Rata-Rata NO ₂ di Jalan Tol Kota Makassar	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jenis Sumber Emisi.....	12
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian Nitrogen Dioksida (NO ₂)	19
Gambar 3. Peta Lokasi Titik Pengamatan Jalan Tol Reformasi.....	21
Gambar 4. Peta Lokasi Titik Pengamatan Jalan Tol Ir. Sutami	22
Gambar 5. Perangkat Laboratorium	22
Gambar 6. Perangkat Pengambilan Data.....	24
Gambar 7. Program Google Earth	25
Gambar 8. Interface Software WRPLOT View.....	26
Gambar 9. Flowchart Pengolahan Data Angin Pada WRPLOT View	26
Gambar 10. Software Caline-4	27
Gambar 11. Bagan Alir Langkah Kerja Caline-4	28
Gambar 12. Program Golden Surfer 11	31
Gambar 13. Flowchart Pembuatan Larutan Penjerap	32
Gambar 14. Flowchart Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	33
Gambar 15. Pengambilan Data di Lapangan	34
Gambar 16. Flowchart Analisis Data	36
Gambar 17. Volume kendaraan Jalan Tol Kota Makassar	38
Gambar 18. Volume Lalu Lintas Jalan Tol Reformasi.....	39
Gambar 19. Volume Lalu Lintas Jalan Tol Ir. Sutami	40
Gambar 20. Persentase Besaran Emisi NO ₂ di Jalan Tol Makassar.....	42
Gambar 21. Persentase Kontribusi Emisi NO ₂ di Jalan Tol Kota Makassar.....	43
Gambar 22. Konsentrasi NO ₂ di Jalan Tol Makassar	48
Gambar 24. Rekapitulasi Konsentrasi Polutan Nitrogen Dioksida (NO ₂).....	52
Gambar 25. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Reformasi Km 4 (600 m)	52
Gambar 26. Wind Rose di Jl. Tol Reformasi Km 4 (600 m).....	53
Gambar 27. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Reformasi Km 4 (600 m)	53
Gambar 28. Wind Rose di Jl. Tol Reformasi Km 1	54
Gambar 29. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Reformasi Km 0 (400 m)	54
Gambar 30. Wind Rose di Jl. Tol Reformasi Km 0 (400 m).....	55

Gambar 31. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 1 (600 m)	55
Gambar 32. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 1 (600 m)	56
Gambar 33. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 3 (400 m)	56
Gambar 34. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 3 (400 m)	57
Gambar 35. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 5.....	57
Gambar 36. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 5	58
Gambar 37. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 6 (400 m)	58
Gambar 38. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 6 (400 m)	59
Gambar 39. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 7 (800 m)	59
Gambar 40. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 7 (800 m)	60
Gambar 41. Sebaran Polutan NO ₂ di Jl. Tol Ir. Sutami Km 10.....	60
Gambar 42. Wind Rose di Jl. Tol Ir. Sutami Km 10	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Layout Titik Pengambilan Data
- Lampiran 2.** Data Titik Koordinat Reseptor
- Lampiran 3.** Tabel Konsentrasi NO₂ di Udara
- Lampiran 4.** *Tutorial Penggunaan Software Caline-4*
- Lampiran 5.** Kurva Kalibrasi NO₂
- Lampiran 6.** Tabel Perhitungan Emisi Kendaraan Bermotor
- Lampiran 7.** Dokumentasi Penelitian NO₂

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan aktivitas transportasi menimbulkan dampak buruk bagi kualitas lingkungan, khususnya perubahan pada kualitas udara. Hal tersebut disebabkan oleh gas emisi yang bersumber dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan. Kemacetan dan kepadatan lalu lintas akan mengakibatkan mengumpalnya udara yang bersumber dari gas buang kendaraan. Sehingga, semakin padat aktivitas transportasi maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran udara yang terdapat pada kawasan tersebut. Maka perlu adanya suatu upaya pengendalian udara untuk menjaga kualitas udara agar tetap berada di bawah nilai ambang batas baku mutu udara ambien. Pencemaran udara adalah kondisi tercemarnya udara yang terdapat pada lingkungan sekitar akibat masuknya suatu zat pencemar ke dalam udara yang berbeda-beda jenisnya yang bersumber dari adanya aktivitas atau kegiatan yang dilakukan oleh manusia ataupun akibat proses alam sehingga menyebabkan tingkat kualitas udara mengalami penurunan.

Kota Makassar dikenal sebagai salah satu kota yang memiliki jumlah penduduk yakni $\pm 1.398.804$ dengan luas wilayah sebesar $199,26 \text{ km}^2$. Jumlah penduduk yang padat berbanding lurus dengan penggunaan kendaraan bermotor. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Statistik Kota Makassar, penggunaan kendaraan bermotor di Kota Makassar memiliki rasio pertambahan jumlah kendaraan bermotor 27.4%, dari tahun 2011 sebanyak 976,004 unit menjadi 1,338,738 unit pada tahun 2015 dan pada Oktober 2018, kendaraan dapat mencapai 1.563.608 unit. Itu artinya polusi udara juga akan mengalami peningkatan, bersamaan dengan peningkatan volume kendaraan secara signifikan setiap tahunnya. Sedangkan kenaikan pasokan BBM ke Makassar dalam sepuluh tahun terakhir rata-rata mengalami kenaikan sebesar 2,92% setahun.

Jalan tol merupakan jalan yang digunakan untuk mempersingkat jarak perjalanan yang akan dituju atau dijadikan sebagai jalan alternatif. Jalan tol banyak dilalui masyarakat untuk perjalanan jarak jauh, sebab jalan tol bebas hambatan dan jarang terjadi kemacetan. Saat ini masyarakat banyak memilih untuk melalui jalan tol. Setiap tahun volume kendaraan yang melalui jalan tol terus mengalami peningkatan. Hal tersebut tentu akan menimbulkan dampak bagi kualitas udara di sekitar jalan tol. Kualitas udara bukan hanya dipengaruhi oleh volume kendaraan, tetapi juga dipengaruhi oleh beban emisi. Setiap jenis kendaraan memiliki beban emisi yang berbeda-beda. Beban emisi dihitung berdasarkan bahan bakar yang digunakan. Seperti contohnya, beban emisi untuk kendaraan yang berbahan bakar solar lebih tinggi dibandingkan kendaraan yang berbahan bakar bensin.

Menurut Ismayanti, 2014 menyatakan bahwa potensi terjadinya pencemaran udara semakin tinggi dikarenakan pengguna bahan bakar kendaraan bermotor yang semakin meningkat yang dapat menghasilkan emisi dari kendaraan tersebut. Emisi dari sektor transportasi ini memberikan andil sebesar 85% sebagai sumber pencemaran udara. Kondisi udara yang tercemar tersebut berpotensi membawa pengaruh buruk terhadap status kesehatan masyarakat apabila terhirup secara terus menerus.

Adapun jenis zat pencemar yang bersumber dari kendaraan bermotor dan membawa pengaruh yang buruk terhadap makhluk hidup adalah Nox yang terdiri dari senyawa nitrit oksida (NO) serta nitrogen dioksida (NO₂), ataupun beberapa jumlah kecil jenis oksida lainnya. Keduanya jenis zat pencemar ini memiliki perbedaan sifat serta dapat memberikan dampak yang membahayakan kesehatan. Pada setiap tahun kadar NO₂ di udara ambien mengalami peningkatan sehingga dapat menyebabkan baku mutu NO₂ meningkat dan melebihi standar yang dapat membawa pengaruh buruk bagi makhluk hidup sekitarnya. Adanya hal tersebut, maka penting bagi masyarakat untuk menyadari dan memahami kualitas nitrogen dioksida (NO₂) yang baik bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian Nitrogen Dioksida (NO₂) ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola sebaran Nitrogen Dioksida (NO₂) serta estimasi dampak polutan sebaran Nitrogen Dioksida (NO₂)

yang diterima pada kawasan Jalan Tol Kota Makassar. Adapun cara yang dapat penulis lakukan untuk memahami tujuan tersebut yaitu dengan mengaplikasikan program Caline-4 terhadap penelitian Nitrogen Dioksida (NO₂) yang akan dilakukan.

Oleh karena itu, sebagai bahan tugas akhir penulis ingin melakukan penelitian dengan judul :

“Analisis Kualitas Udara Untuk Parameter NO₂ Pada Jalan Tol Di Kota Makassar”

B. Rumusan Masalah Penelitian

Berikut rumusan masalah dari penelitian nitrogen dioksida (NO₂) yang dilakukan pada Jalan Tol kota Makassar yaitu:

- 1) Berapa tingkat konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) berdasarkan pengukuran langsung pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan impinger ?
- 2) Berapa tingkat konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan *software* Caline-4 ?
- 3) Bagaimana pola sebaran emisi Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan *software* Caline-4 ?

C. Tujuan Penelitian

Berikut tujuan dari penelitian nitrogen dioksida (NO₂) yang dilakukan pada Jalan Tol kota Makassar yaitu:

- 1) Mengetahui besaran tingkat konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) berdasarkan pengukuran langsung pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan impinger.
- 2) Mengetahui besaran tingkat konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan *software* Caline-4.

- 3) Mengetahui pola sebaran emisi Nitrogen Dioksida (NO_2) pada Jalan Tol di Kota Makassar dengan menggunakan *software* Caline-4.

D. Ruang Lingkup

Berikut ruang lingkup dari penelitian nitrogen dioksida (NO_2) yang dilakukan pada Jalan Tol kota Makassar yaitu:

- 1) Nitrogen Dioksida (NO_2) merupakan parameter pencemar yang digunakan dalam pemantauan dan pemodelan penelitian ini.
- 2) Jalan Tol Reformasi dan Jalan Tol Ir. Sutami merupakan lokasi penelitian nitrogen dioksida (NO_2).
- 3) Penelitian ini dilakukan selama 9 hari yaitu pada hari Selasa, 27 April 2021 – Rabu, 5 Mei 2021 pada interval sore yaitu diantara pukul dar 16.00 – 18.00 WITA.
- 4) Volume kendaraan diestimasikan berubah di setiap bukaan jalan utama lokasi pengukuran (volume kendaraan yang masuk atau keluar melalui bukaan jalan tol berbeda).

E. Manfaat Penelitian

Berikut rumusan masalah dari penelitian nitrogen dioksida (NO_2) yang dilakukan pada Jalan Tol kota Makassar yaitu:

- 1) Manfaat bagi Penulis
Salah satu syarat yang berlaku di Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin untuk menyelesaikan masa studi sehingga dapat mendapat gelar Sarjana Teknik.
- 2) Manfaat bagi Universitas
Sebagai referensi yang dapat digunakan oleh mahasiswa yang melakukan penelitian selanjutnya yang dapat memudahkan dalam mengerjakan tugas, membuat laporan praktikum, ataupun dalam proses

penyusunan tugas akhir dalam khususnya bidang riset pencemaran udara.

3) Manfaat bagi Masyarakat

Meningkatkan pemahaman terhadap warga sekitar dan para pengguna jalan raya terutama bagi yang berada di lingkungan lokasi penelitian mengenai pencemaran polutan Nitrogen Dioksida (NO₂) yang telah dihasilkan kendaraan yang melintasi Jalan Tol Ir. Sutami dan Jalan Tol Reformasi.

F. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan tugas akhir yang baik dan benar diperlukan sistematika penataan tugas akhir agar dapat mempermudah dalam penyusunan tugas akhir. Dibawah ini merupakan sistematika penulisan tugas akhir secara umum, yaitu:

BAB 1 : Merupakan bagian pendahuluan pada penelitian yang menguraikan tentang latar belakang penelitian, permasalahan penelitian, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB 2 : Merupakan bagian tinjauan pustaka yang berisikan studi-studi pustaka pada penelitian terdahulu yang mampu menjelaskan landasan teori terkait judul pada tugas akhir ini.

BAB 3 : Merupakan bagian metodologi penelitian yang berisikan metode yang digunakan dalam penelitian yang mampu menjelaskan terkait prosedur dalam pengambilan dan analisa data penelitian.

BAB 4 : Merupakan bagian hasil dan pembahasan yang menyajikan hasil analisis data beserta dengan pembahasannya sesuai dengan hasil penelitian nitrogen dioksida yang telah dilakukan di Jalan Tol Kota Makassar.

BAB 5 : Merupakan bagian merupakan bagian penutup yang terdiri dari kesimpulan hasil penelitian serta saran untuk pembaca dan mahasiswa yang akan melakukan penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara Ambien

Salah satu komponen yang berperan penting dalam membentuk kehidupan di bumi yakni udara. Kandungan yang terdapat pada udara adalah gas yang tetap kecuali gas CH₄, NH₃, H₂S, CO dan NO_x. Gas ini memiliki jenis ukuran yang berbeda-beda sesuai kawasannya. Udara terbagi atas dua golongan, yakni udara emisi dan udara ambien (Tunggul, 2002 dalam Puspitasari, 2011).

Pengendalian Pencemar Udara diatur dalam PP No. 41/1999. Dinyatakan bahwa pengertian Udara Ambien berdasarkan PP tersebut adalah, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Adapun salah satu jenis zat yang dapat membawa pengaruh buruk dan merugikan apabila mencemari lingkungan sekitar yakni Nitrogen dioksida (NO₂). Kondisi udara di alam saat ini sudah sangat tercemar. Salah satu jenis gas yang dapat mencemari udara yaitu Nitrogen Dioksida (NO₂). Penyebab timbulnya polutan yang terdapat pada udara dapat bersumber melalui aktivitas makhluk hidup maupun sumber alami. (Wardhana, 2014)

B. Pencemaran Udara

1. Pengertian Pencemaran Udara

Pengertian pencemaran udara telah diatur dan ditetapkan dalam PP RI No. 41/1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, dinyatakan bahwa pencemaran udara merupakan kondisi dimana zat, energi, dan/atau komponen lain berada di dalam udara ambien yang disebabkan oleh kegiatan manusia sehingga

mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu, sehingga udara ambien tidak dapat berfungsi sebagaimana peruntukannya.

Pencemaran udara merupakan suatu hal yang dapat dikatakan sebagai masalah yang penting. Tercemarnya udara mengakibatkan penurunan kualitas pada udara sehingga udara sudah tidak dapat berfungsi dengan baik. Timbulnya pencemaran udara ini dikarenakan masukkannya zat pencemar ataupun komponen lainnya dengan jenis yang berbeda-beda dalam udara karena adanya aktivitas manusia ataupun terjadi secara langsung oleh proses alam.

2. Jenis Pencemaran Udara

Adapun beberapa jenis pencemaran udara dapat dibedakan sebagai berikut (Sunu, 2014) :

- a. Berdasarkan bentuk
 - 1) Partikel, merupakan zat pencemar yang bersumber dari atom-atom kecil yang terdispersi diudara, partikel ini dapat bersifat padat, cair, maupun padatan dan cairan. Contoh partikel seperti TSP, dll.
 - 2) Gas, merupakan uap yang bersumber dari zat padat atau zat cair yang disebabkan oleh adanya pemanasan. Seperti, Nitrogen oksida dan chlorhexidine.
- b. Berdasarkan tempat
 - 1) Polusi udara dalam ruangan, terdiri dari udara yang tidak bebas. Contoh pencemaran udara yang terdapat dalam suatu ruang seperti rumah, pabrik, gedung, dan jenis bangunan lainnya. Pencemaran jenis ini berasal dari asap rokok, asap dari kompor, dll.
 - 2) Polusi udara luar ruangan, merupakan pencemaran udara luar ruang yang terdiri dari asap yang berasal dari pabrik dan emisi transportasi.
- c. Berdasarkan pengaruhnya terhadap kesehatan
 - 1) Anestesia, merupakan polutan yang menyebabkan keracunan. Adapun polutan yang dimaksud seperti flour (F), cadmium (Cd), timbal (Pb), dan insektisida.

- 2) Irritansia, merupakan polutan yang menyebabkan iritasi pada jaringan tubuh, seperti nitrogen oksida (NO_x), ozon (O₃), dan sulfur dioksida (SO₂).

d. Berdasarkan susunan kimia

- 1) Organik, merupakan polutan yang memiliki karbon. Polutan yang dimaksud seperti pestisida, herbisida, dan beberapa jenis alkohol.
- 2) Anorganik, merupakan polutan yang tidak memiliki karbon. Polutan yang dimaksud seperti asbestos, ammonia, asam sulfat.

e. Berdasarkan sumbernya

- 1) Sumber primer, merupakan sumber zat pencemar yang dikeluarkan langsung ke udara sehingga menyebabkan meningkatnya konsentrasi polutan yang dapat membawa pengaruh buruk bagi makhluk hidup. Seperti: Karbon monoksida (CO) serta Sulfur dioksida (SO₂).
- 2) Sumber sekunder, merupakan sumber zat pencemar yang dikeluarkan ke udara akibat terjadinya reaksi pada zat pencemar primer di atmosfer. Seperti: *peroxy acetyl nitrat*.

3. Sumber Pencemaran Udara

Terjadinya pencemaran udara di permukaan bumi dapat bersumber karena adanya beberapa jenis sumber zat pencemar yang dilepas ke udara. Pencemaran udara ini memiliki sumber yang bersifat alami ataupun antropogenik yaitu akibat adanya campur tangan manusia. Berdasarkan Peraturan pemerintah mengenai pengelolaan udara di Indonesia diatur pada PP No. 41/1999. Sumber pencemaran udara merupakan setiap usaha dan atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara dengan menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Pencemaran udara dominan disebabkan oleh aktivitas manusia yang berasal dari emisi transportasi pembakaran sampah dan aktivitas pabrik. Sedangkan sumber pencemar alami hanya berdampak pada konsentrasi *background* di daerah urban.

C. Nitrogen Dioksida (NO₂)

1. Pengertian Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen Dioksida (NO₂) merupakan gas nitrogen yang ditemukan pada atmosfer. Gas ini dapat membentuk nitrogen oksida (NO_x) bersama dengan nitrogen monoksida (NO). Nitrogen dioksida memiliki bentuk yang lain namun NO₂ menjadi parameter pencemar dominan pada emisi transportasi. Nitrogen Dioksida (NO₂) adalah gas beracun dan memiliki bau yang menyengat di hidung. Jika konsentrasi NO₂ tinggi di lingkungan dapat menyebabkan udara terlihat kecoklatan (Slamet, 2009; Mukono, 2011).

Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan polutan yang bersumber dari suatu kawasan sektor transportasi. Kendaraan bermotor menghasilkan polutan NO₂ sekitar 69% di kawasan yang termasuk kota. Nitrogen dioksida (NO₂) juga bersumber dari industri dan rumah tangga (Mukono a, 2006).

2. Sumber Pencemar Nitrogen Dioksida (NO₂)

Kendaraan bermotor menghasilkan polutan NO₂ sekitar 69% di kawasan yang termasuk kota. Nitrogen dioksida (NO₂) juga bersumber dari industri dan rumah tangga. Nitrogen dioksida pada umumnya yang ada dipermukaan bumi bersumber dari hasil produksi yang berasal dari pembangkit tenaga listrik dan perangkat kendaraan bermotor yang berbahan bakar berupa jenis bensin ataupun solar (Fardiaz,1992). Pemakaian bahan bakar akan berbanding lurus pencemaran udara oleh NO₂ di lingkungan.

3. Dampak Nitrogen Dioksida (NO₂)

Peningkatan konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) membawa dampak besar terhadap pengaruhnya pada saluran pernapasan. Organ pernafasan adalah bagian tubuh yang sensitif terhadap adanya sumber polutan udara. Nitrogen dioksida memberikan dampak yang buruk apabila pada konsentrasi yang tinggi. Salah satu

bukti ilmiah menunjukkan bahwa Nitrogen dioksida (NO_2) akan memberikan dampak yang merugikan bagi pernapasan seperti inflamasi dan meningkatnya gejala bagi penderita asma apabila terpapar NO_2 selama 30 menit – 24 jam.

Adanya pengaruh paparan nitrogen dioksida (NO_2) ditentukan berdasarkan tingkat konsentrasi saat terkena paparan, proses kronik ataupun akut serta lama terkena paparan. Beberapa kemungkinan akibat adanya polutan ini seperti batuk, sesak, bronkiolitis obliterans, siasonis, serta beberapa jenis penyakit lainnya. Peningkatan konsentrasi pada nitrogen dioksida membawa dampak yang berpengaruh buruk pada sistem pernafasan, timbulnya sesak pada paru-paru dan kejang pada ujung tenggorokan serta rasa kesulitan saat bernafas. (Handayani dkk, 2003)

Beberapa polutan sekunder diketahui bersifat sangat merusak tanam-tanaman. Percobaan dengan fumigasi tanam-tanaman dengan NO_2 menunjukkan terjadinya bintik bintik pada daun jika digunakan konsentrasi 1,0 ppm, sedangkan dengan konsentrasi yang lebih tinggi (3,5ppm atau lebih) terjadinya nekrosis atau kerusakan tenunan daun.

Yang mengerikan, berdasarkan penelitian, pemberian konsentrasi nitrogen dioksida lebih dari 100 ppm bersifat lethal terhadap kebanyakan hewan dan 90 % kematian disebabkan oleh gejala edema pulmonari. Konsentrasi yang lebih besar dari 800 % ppm atau lebih mengakibatkan kematian 100 % pada hewan percobaan dalam waktu 29 menit atau kurang.

D. Baku Mutu Nitrogen Dioksida (NO_2)

Baku mutu udara ambien diatur dalam Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999. Baku mutu udara ambien merupakan 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. Ketika kadar udara melewati ambang batas dapat mengakibatkan timbulnya gangguan bagi lingkungan sekitarnya serta gangguan terhadap status kesehatan manusia. Dalam metode

analisis Griess Saltzman untuk parameter Nitrogen Dioksida (NO₂) yang diuji menggunakan alat pengukur spektrofotometer sesuai dengan waktu pengukuran yang telah dilakukan dalam waktu selama 1 jam pada Jalan Tol di Kota Makassar telah ditetapkan baku mutu sesuai peraturan terbaru yang berlaku sebesar 200 µg/Nm³. Adapun baku mutu yang ditetapkan untuk parameter nitrogen dioksida (NO₂) dalam waktu 1 hari yaitu sebesar 60 µg/Nm³ dan untuk pengukuran dalam waktu 1 tahun yaitu sebesar 50 µg/Nm³.

Satuan baku mutu adalah µg/Nm³ jika hasil pengukuran lapangan memiliki satuan ppm, maka perlu dikonversi ke satuan tersebut. Berikut persamaan untuk mengkonversi nilai satuan ppm ke µg/Nm³.

$$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 = \text{ppm} \times 1000 \times \left(\frac{P \times M}{R \times T} \right) \quad (1)$$

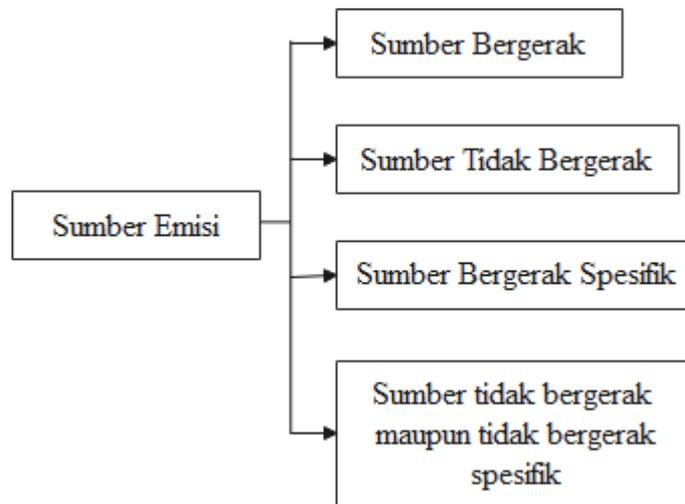
Dimana :

- P = Tekanan udara (1 atm)
- M = Berat molekul/senyawan
- R = Konstanta gas universal (0,0821)
- T = Temperatur absolut (°K)

E. Emisi Kendaraan Bermotor

1. Pengertian Emisi

Pengertian emisi diatur dan ditetapkan dalam PP RI No. 41/1999 tentang pengendalian pencemaran udara bahwa emisi merupakan suatu zat atau energi dan/atau komponen lain yang bersumber dari kegiatan yang masuk dan dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Emisi yang mencemari udara pada lingkungan sekitar memiliki beberapa jenis sumber yang berasal dari aktivitas yang berbeda-beda. Berikut ditunjukkan jenis-jenis sumber yang dapat menghasilkan emisi seperti dibawah ini.



Gambar 1. Jenis Sumber Emisi

Dalam Yuliasuti, 2008 menyatakan bahwa emisi transportasi di udara adalah sumber pencemar yang bersumber dari hasil sampling emisi kendaraan bermotor. Hasil sampling yang disini yaitu hasil sisa zat sisa dikeluarkan dengan cara langsung ke udara yang bersumber dari proses pembakaran melalui saluran buang pada kendaraan. Adanya perbedaan tingkat emisi atau zat pencemar nitrogen dioksida pada masing-masing jenis kendaraan bermotor disebabkan karena adanya perbedaan jenis bahan bakar yang digunakan pada masing-masing kendaraan bermotor. Pada jenis kendaraan bermotor emisi hasil sisa pembakaran dinyatakan dalam satuan gram/kend/km.

Berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan pada PerMen LH No. 5 /2006 mengenai Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama dinyatakan bahwa mewajibkan diberlakukannya upaya oleh Bupati ataupun walikota setempat untuk melakukan pengujian emisi pada kadar sisa pembakaran pada alat transportasi secara berkala dengan waktu yang ditentukan dilakukan selama enam bulan sekali pada tiap-tiap kendaraan.

2. Besaran Emisi Kendaraan Bermotor

Dalam KepMen Lingkungan Hidup No. 13/1995 didefinisikan bahwa emisi adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke udara ambien.

Komposisi bahan bakar bensin dan solar yang telah dikeluarkan oleh mesin kendaraan bermotor memiliki kandungan gas buang yang tidak begitu jauh berbeda. Komposisi Menurut Taringan 2008, menyatakan bahwa bahan bakar untuk jenis bensin dan solar merupakan dua jenis bahan bakar berbeda yang dikeluarkan oleh mesin yang terdapat pada kendaraan dan memiliki komposisi zat pencemar yang hampir sama. Selain itu, besarnya nilai faktor emisi berbanding lurus dengan besarnya zat pencemar yang terkandung oleh hasil sisa pembakaran yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor saat melintasi suatu jalan. Nilai faktor emisi pada kendaraan berbeda-beda pada setiap jenis kendaraan yang digunakan. Perbedaan nilai faktor emisi dan jumlah kendaraan yang melintas mempengaruhi nilai besaran emisi yang diperoleh dari hasil perhitungan.

Nilai faktor emisi yang digunakan yaitu nilai faktor emisi gas buang berdasarkan jenis kendaraan dan jenis bahan bakarnya untuk kawasan yang termasuk kategori kota metropolitan yang telah diatur dan ditetapkan oleh pemerintah dalam PerMeN LH No. 12 tahun 2010 yang mengatur mengenai Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Jenis kendaraan beserta nilai faktor emisi untuk setiap jenis zat pencemar disajikan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Nilai Faktor Emisi					
			CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO ₂
			g/km					
1	Truck	BBM	8.4	1.8	17.7	1.4	0.82	3172
2	Mobil	Bensin	40	4	2	0.01	0.026	3180
3	Mobil	Solar	2.0	0.2	3.5	0.01	0.44	3172
4	Mobil	BBM lain	32.4	3.2	2.3	0.12	0.11	3178
5	Bus	Solar	11	1.3	11.9	1.4	0.93	3172
6	Motor	Bensin	14	5.9	0.29	0.24	0.008	3180

Sumber : PerMen Lingkungan Hidup No. 12/2010

Besaran emisi pada masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n (EF_i \times V_i)}{T} \quad (2)$$

Dimana :

q = Besaran Emisi (gram/km)

EF = Faktor Emisi Kendaraan (gram/km)

V = Volume Kendaraan (kendaraan/jam)

I = Tipe/Jenis Kendaraan

T = Total Kendaraan

Adapun nilai besaran emisi, apabila nilai satuannya dalam gram/km, maka dapat dikonversi ke gram/mil. Dengan ketentuan $1 \text{ gram/km} = 0,621 \text{ gram/mil}$ (Winardhy, 2018).

F. Jalan Tol

Adapun pengertian Jalan tol menurut yang diatur dan ditetapkan dalam PP RI No. 15/2005 dinyatakan bahwa Jalan tol merupakan suatu jalan umum yang menjadi bagian sistem jaringan jalan atau disebut juga sebagai kategori jalan nasional yang diwajibkan membayar tol bagi pengguna jalan yang melintasi jalan tol. Di Indonesia seringkali jalan tol digunakan untuk mempersingkat waktu tempuh dalam melakukan perjalanan agar dapat menghindari terjadinya kemacetan saat bepergian dikarenakan jalan tol dikenal dengan istilah jalan yang bebas hambatan. Sebagai jalan yang bebas hambatan, pada jalan tol kendaraan dapat melaju dalam kecepatan yang tinggi yaitu sekitar diatas 40 km/jam. Kendaraan jenis mobil, truk, hingga bus merupakan kendaraan yang dapat melintas pada jalan tol dan untuk pengguna jalan tol akan dikenakan tarif tertentu sesuai dengan jenis kendaraan yang digunakan.

G. Wind Rose

Angin merupakan gerakan udara yang dalam pergerakannya sejajar dengan permukaan bumi. Arah angin akan sesuai dengan arah perputaran jarum jam dan perputaran angin ini selalu di mulai sesuai dengan arah yang ada pada titik kompas ataupun dimulai dari arah titik utara dan dapat dinyatakan dalam satuan derajat.

Arah angin dapat dibedakan menjadi dua arah sesuai dengan dari asal mana pergerakan angin bertiup (*blowing to*) serta asal mana pergerakan angin berasal (*blowing from*). Arah angin memiliki nama atau sebutan yang berbeda-beda sesuai dari sumber angin tersebut bertiup. Seperti angin yang berasal dari timur maka arah anginnya berasal dari timur, begitupun untuk arah angin lainnya.

Wind rose adalah representasi yang dapat menampilkan data angin yang bervariasi dari beberapa jenis data kemudian menjadi ringkasan dalam bentuk grafik dan diagram. *Wind rose* menggambarkan mengenai peredaran arah maupun kecepatan angin pada suatu kawasan atau area dalam waktu tertentu. Definisi WRPLOT View menurut lakes environmental 2013, merupakan program yang dapat menampilkan diagram arah angin yang terdiri dari *blowing to* dan *blowing from* beserta kecepatan angin dalam satuan m/s atau knots dalam satu jam hingga satu hari. Adapun data yang perlu diinput untuk menjalankan program ini yaitu data arah dan kecepatan angin pada tiap jamnya dilokasi titik pengukuran serta menginput hari, tanggal serta tahun pengambilan data pengukuran. (Fadholi, 2013)

H. Program Caline-4

CALINE-4 merupakan suatu program yang berasal dari California Dept. Of Transportation. Caline-4 ini digunakan sebagai program dalam memodelkan sebaran emisi pada udara dari suatu sumber garis. Penggunaan program ini untuk membuat perkiraan dispersi polutan di jalan raya dan sekitarnya dengan menggunakan konsep zona pencampuran dan persamaan distribusi dimana hasil perhitungan jumlah kendaraan bermotor, nilai beban emisi pada setiap jenis kendaraan, data geometri, arah angin, kecepatan angin, serta koordinat pada setiap titik pengukuran menjadi beberapa parameter yang penting dalam penggunaan program ini sehingga dapat menghasilkan output pola sebaran emisi sesuai dengan jenis polutan yang diteliti. Program CALINE-4 ini dapat memprediksi beberapa jenis zat pencemar yang berbeda-beda salah satunya, yaitu seperti Nitrogen Dioksida (NO₂) untuk mengetahui tingkat konsentrasi pada zat pencemar nitrogen dioksida tersebut. Program ini dapat memprediksi tingkat konsentrasi suatu zat

pencemar hingga mencapai jarak hingga sejauh 500 m dari lokasi titik pengukuran terhadap reseptor yang telah ditentukan sebagai titik yang memungkinkan menerima dampak. (Endro,2017)

Dalam Colls, 2002 dinyatakan bahwa CALINE-4 memiliki fungsi untuk membagi jaringan pada suatu kawasan perkotaan. Jaringan kota tersebut berisikan beberapa titik yang dijadikan sebagai titik reseptor, dimana beberapa titik reseptor yang dipilih akan membentuk menjadi sebuah garis lurus sesuai dengan lokasi titik pengukuran yang masing-masing titik mempunyai tingkat konsentrasi emisi yang berbeda-beda selanjutnya output dari caline ini akan menghasilkan bentuk sebaran emisi dalam satuan ppm dengan variasi yang berbeda-beda pada setiap titiknya. Satuan ppm kemudian diubah menjadi satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ agar setara dengan satuan yang digunakan dalam nilai ambang batas untuk parameter nitrogen dioksida (NO_2). Sehingga dapat ditentukan apakah nilai konsentrasi output dari caline-4 melewati nilai ambang batas yang ditentukan atau tidak. Selanjutnya, output dari caline-4 ini dimasukkan ke dalam program surfer untuk membuat pemetaan sebaran pencemaran udara yang terjadi pada kawasan lokasi penelitian yang telah dilakukan.

I. Program Golden Surfer 11

Aplikasi ini merupakan salah satu produk yang sering digunakan untuk membuat suatu pemetaan yang berasal dari Golden Software, Inc. Secara luas program memiliki fungsi penting pada pemetaan suatu area tertentu. Program ini sering diaplikasikan untuk memodelkan suatu area, seperti analisis permukaan, pemetaan permukaan, pemetaan kontur, membuat data grid, dan isualisasi landscape. Dimana mendasarkan pada suatu grid dalam pembuatan pemodelan tiga dimensi dan pembuatan peta kontur. Dalam program surfer ini akan terbentuk grid yang merupakan kerangka berbentuk persegi sesuai dengan titik koordinat yang telah dimasukkan di aplikasi surfer sesuai dengan titik koordinat lokasi pengukuran. (Elizabeth, 2015)

Program Golden Surfer dapat dimanfaatkan mengenai penelitian kualitas udara untuk mengetahui pola sebaran polutan atau zat pencemar yang terdapat pada suatu kawasan lokasi penelitian. Untuk mengetahui pola sebaran polutan yang terdapat pada suatu lokasi, digunakan arah dan kecepatan angin sebagai variabel utama pada program Golden Surfer ini. Adapun koordinat X (garis lintang) dan Y (garis bujur) sebagai titik koordinat sesuai dengan lokasi titik pengukuran yang diperoleh dari GPS dan disesuaikan di Google Earth sedangkan simbol Z sebagai besaran tingkat konsentrasi zat pencemar nitrogen dioksida yang terdapat pada lokasi titik pengamatan. Sehingga data XYZ ini dapat menunjukkan zat pencemar yang terdapat pada suatu wilayah atau pemetaan sebaran polutan. (Abdullah, 2018)

Dalam penelitian ini surfer digunakan untuk membuat pemetaan konsentrasi Nitrogen Dioksida yang merupakan konsentrasi output dari Caline-4 pada beberapa titik yang telah dilakukan pengukuran langsung pada kawasan Jalan Tol di Kota Makassar.