

**SKRIPSI**

**ANALISIS GAS SULFUR DIOKSIDA (SO<sub>2</sub>) DI RUAS JALAN  
AP PETTARANI KOTA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ARFIAN  
D131 18 1337**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**SKRIPSI**

**ANALISIS GAS SULFUR DIOKSIDA (SO<sub>2</sub>) DI RUAS JALAN  
AP PETTARANI KOTA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ARFIAN  
D131 18 1337**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### ANALISIS GAS SULFUR DIOKSIDA (SO<sub>2</sub>) DI RUAS JALAN AP. PETTARANI KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

**Arfian**  
**D131181337**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 21 Maret 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.  
NIP 195812281986012001

Pembimbing Pendamping,

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

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Arfian  
NIM : D131181337  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Gas Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis 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 dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 20 Maret 2023

Yang Menyatakan



## ABSTRAK

**ARFIAN.** *Analisis Gas Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar* (dibimbing oleh Sumarni Hamid Aly dan Rasdiana Zakaria)

Pencemaran udara menghasilkan efek yang bisa membuat perubahan komposisi gas – gas yang berada di udara dari keadaan normalnya, salah satunya gas Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) yang mencemari jalan dengan penyebab utama dari emisi kendaraan bermotor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien serta hubungan SO<sub>2</sub> dengan volume kendaraan bermotor.

Pengambilan data konsentrasi SO<sub>2</sub> dilakukan menggunakan impinger, dengan data primer lainnya berupa volume kendaraan, meteorologi, dan dampak kesehatan menggunakan kuesioner pada 6 titik ruas penelitian di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> masih berada dibawah baku mutu udara ambien menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021. Nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> yang tertinggi berada di titik ruas 1 pada interval sore dengan nilai 127,71 µg/Nm<sup>3</sup> dan nilai konsentrasi terendah berada di titik ruas 4 pada interval siang dengan nilai 67,65 µg/Nm<sup>3</sup>. Hasil analisis SPSS bahwa terdapat hubungan antara volume kendaraan dengan nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> yaitu sebesar 77,7%.

Kata Kunci: Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), Volume Kendaraan

## **ABSTRACT**

**ARFIAN.** *Analysis Of Sulfur Dioxida (SO<sub>2</sub>) Gas In AP. Pettarani Road, Makassar City (supervised by Sumarni Hamid Aly and Rasdiana Zakaria)*

*Air pollution produces effects that can change the composition of gases in the air from their normal state, including SO<sub>2</sub> gas which pollutes roads and is the main cause of motor vehicle emissions.*

*This study aims to determine the concentration level of Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>) in ambient air, the relationship between SO<sub>2</sub> and the volume of motorized vehicles.*

*SO<sub>2</sub> concentration data was collected using an impinger, with other primary data collected are vehicle volume, meteorology, and health impacts using a questionnaire at 6 points of the research section on AP Pettarani Road, Makassar City.*

*The results showed that the SO<sub>2</sub> concentration value was still below the ambient air quality standard according to Government Regulation No. 22 of 2021. The highest SO<sub>2</sub> concentration value was at segment 1 at the afternoon interval with a value of 127.71 µg/ Nm<sup>3</sup>, and the lowest concentration value was at segment 4 at noon interval with a value of 67.65 µg/Nm<sup>3</sup>. The results of the SPSS analysis show that there is a relationship between vehicle volume and the value of SO<sub>2</sub> concentration, which is 77.7%.*

**Keywords:** *Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>), Vehicle Volume*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang	1
1.2    Rumusan Masalah	3
1.3    Tujuan Penelitian	4
1.4    Manfaat Penelitian	4
1.5    Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Pencemaran Udara	5
2.2    Emisi Kendaraan Bermotor	7
2.3    Klasifikasi Jalan	10
2.4    Dispersi Polutan	12
2.5    Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	13
BAB III METODE PENELITIAN .....	19
3.1    Bagan Alir Penelitian	19

3.2	Rancangan Penelitian	19
3.3	Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.4	Peralatan Yang Digunakan	28
3.5	Metode Persiapan Pengambilan Data	32
3.6	Metode Pengambilan Data	35
3.7	Metode Pengolahan Data	35
3.8	Metode Pengukuran Impinger	35
3.9	Metode Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) dalam 1 Jam	37
4.2	Volume Kendaraan	45
4.3	Meteorologi	57
4.4	Analisis Hubungan antara Variabel Penelitian	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN .....		70



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram alir penelitian .....	19
Gambar 2. Peta lokasi pengukuran .....	21
Gambar 3. Peta layout pengukuran Titik Ruas 3 .....	22
Gambar 4. Lokasi Pengukuran Titik Ruas 3 .....	22
Gambar 5. Peta layout pengukuran Titik Ruas 1 .....	23
Gambar 6. Lokasi pengukuran titik ruas 1 .....	23
Gambar 7. Peta layout pengukuran titik ruas 2 .....	24
Gambar 8. Lokasi pengukuran titik ruas 2 .....	24
Gambar 9. Peta layout pengukuran titik ruas 4 .....	25
Gambar 10. Lokasi pengukuran titik ruas 4 .....	25
Gambar 11. Peta layout pengukuran titik ruas 5 .....	26
Gambar 12. Lokasi pengukuran titik ruas 5 .....	26
Gambar 13. Peta layout pengukuran titik ruas 6 .....	27
Gambar 14. Lokasi pengukuran titik ruas 6 .....	27
Gambar 15. Alat Laboratorium .....	29
Gambar 16. Perangkat Pengambilan Data.....	31
Gambar 17. Google Earth.....	31
Gambar 18. Statistical Product for Service Solutions.....	32
Gambar 19. Bagan Alir Pembuatan Larutan Penjerap.....	33
Gambar 20. Bagan Alir Pembuatan Larutan Uji .....	33
Gambar 21. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 1 dalam 1 jam.....	37
Gambar 22. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 2 dalam 1 jam.....	38
Gambar 23. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 3 dalam 1 jam.....	39
Gambar 24. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 4 dalam 1 jam.....	40
Gambar 25. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 5 dalam 1 jam.....	41
Gambar 26. Konsentrasi Sulfur Dioksida pada titik ruas 6 dalam 1 jam.....	42
Gambar 27. Nilai Konsentrasi Sulfur Dioksida di 6 Titik Ruas Jalan AP Pettarani .....	43
Gambar 28. Volume kendaraan Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 1	45
Gambar 29. Volume kendaraan Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 2	46

Gambar 30. Volume kendaran Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 3	46
Gambar 31. Volume kendaran Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 4	47
Gambar 32. Volume kendaran Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 5	47
Gambar 33. Volume kendaran Sepeda Motor di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 6	48
Gambar 34. Volume kendaran ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 1 .....	48
Gambar 35. Volume kendaraan ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 2 .....	49
Gambar 36. Volume kendaraan ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 3 .....	49
Gambar 37. Volume kendaraan ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 4 .....	50
Gambar 38. Volume kendaraan ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 5 .....	50
Gambar 39. Volume kendaraan ringan di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 6 .....	51
Gambar 40. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 1 .....	51
Gambar 41. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 2 .....	52
Gambar 42. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 3 .....	52
Gambar 43. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 4 .....	53
Gambar 44. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 5 .....	53
Gambar 45. Volume kendaraan berat di Ruas Jalan A.P Pettarani Titik 6 .....	54
Gambar 46. Normal P-Plot Data Konsentrasi Sulfur Dioksida Interval Pagi .....	59
Gambar 47. Normal P-Plot Data Konsentrasi Sulfur Dioksida Interval Siang .....	60
Gambar 48. Normal P-Plot Data Konsentrasi Sulfur Dioksida Interval Sore .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkatan kadar SO <sub>2</sub> pada sistem pernapasan manusia.....	15
Tabel 2. Baku Mutu Udara Nasional .....	16
Tabel 3. Konsentrasi Sulfur Dioksida Di Ruas Jalan AP Pettarani .....	43
Tabel 4.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 1 .....	54
Tabel 5.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 2 .....	55
Tabel 6.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 3 .....	55
Tabel 7.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 4 .....	56
Tabel 8.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 5 .....	56
Tabel 9.Rekapitulasi volume kendaraan di titik 6 .....	57
Tabel 10. Data Meteorologi.....	58
Tabel 11. Uji Homogeni Konsentrasi Sulfur Dioksida .....	62
Tabel 12. Hasil Analisis Data Volume Kendaraan dan Nilai Konsentrasi .....	62

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
SO <sub>2</sub>	Sulfur Dioksida
CO	Karbon Monoksida
SO <sub>x</sub>	Sulfur
NO <sub>x</sub>	Oksida Nitrogen
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Asam Sulfat
HNO <sub>3</sub>	Asam Nitrat
Pb	Timbal
V	volume udara pada kondisi normal
Q <sub>i</sub>	pencatatan laju alir ke – i
n	jumlah pencatatan laju alir
t	durasi pengambilan contoh uji
Pa	tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji
Ta	temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji
C	konsentrasi SO <sub>2</sub> di udara
a	jumlah SO <sub>2</sub> dari contoh uji dengan melihat kurva kalibrasi
C24	konversi konsentrasi massa partikel tersuspensi dalam waktu 24 jam
C1	konsentrasi massa partikel tersuspensi
t1	waktu yang digunakan
t2	24 jam
SPSS	<i>Statistical Product for Service Solutions</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Titik Layout Pengambilan Data .....	71
Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data.....	74
Lampiran 3. Kurva Kalibrasi .....	77
Lampiran 4. Pembuatan dan Pengujian Sampel .....	78
Lampiran 5. Tampilan Output Pengujian SPSS .....	79

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahrabbi'l'alamin, Segala puji dan syukur tiada hentinya penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT dengan keagungan-Nya telah melimpahkan segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya serta Shalawat dan salam senantiasa turunkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri tauladan bagi seluruh umat dan pembawa kebenaran di muka bumi yang selalu kita nantikan syafa'atnya di akhirat nanti (*InsyaaAllah*).

Tugas akhir dengan judul, "**Analisis Gas Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar**" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat banyak hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat kerja keras, doa, bimbingan, nasehat dan bantuan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, makadari itu penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan dedikasi yang tiada tara, diantaranya:

1. Kepada orang tua tercinta atas doa, kasih sayang dan semangat yang tiada hentinya selalu mendoakan dan mensupport semua keputusan dan kemauan saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu yang bermanfaat, serta arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir.

6. Ibu Rasdiana Zakaria, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas segala waktu yang telah diluangkan, ilmu yang telah diberikan, motivasi serta kebaikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., yang telah memberikan masukan dan saran sebagai dosen penguji penulis serta telah banyak membimbing dan mengajari penulis selama masa perkuliahan.
8. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T., yang telah memberikan masukan dan saran sebagai dosen penguji penulis serta telah banyak membimbing dan mengajari penulis selama masa perkuliahan.
9. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan atas didikan, ilmu yang bermanfaat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan selama kurang lebih empat tahun.
10. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terkhusus kepada Ibu Sumiati Kak Olan, dan Kak Tami sebagai staf S1 Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
11. Kepada Pak Muchtar selaku Laboran Laboratorium Kualitas Udara dan Kebisingan yang memberikan kepercayaan kepada penulis dalam peminjaman alat.
12. Terima kasih kepada saudari Suarni, Eva, Linda, yang telah membantu saya dalam membuat sampel penelitian tugas akhir ini.
13. Ucapan terima kasih saya kepada Aiman Muin, Firmal, Wulan, Andi Dania, Angeline dan Riza yang telah membantu dari pengerjaan tugas akhir ini.
14. Terima kasih kepada Hijrah Pratiwi selaku partner dalam pengukuran tugas akhir ini.
15. Kepada Peps, Eddy, Ozop, Imam, Aiman, Dania yang meluangkan waktunya untuk membantu pengukuran di jalan.
16. Teman-teman seperjuangan di Lab. Riset Kualitas Udara dan Bising yang tiada hentinya memberikan dorongan dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Teman-teman Teknik Lingkungan 2018 dan Transisi 2019 yang telah memberikan banyak pengalaman dunia kampus.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat untuk dijadikan sebagai referensi dan sumbangan yang berharga dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan wawasan bagi semua pihak. Penulis pun menyadari sebagai manusia, tidak pernah luput dari kesalahan. Oleh karena itu, penulis meminta maaf dan menerima berbagai kritik dan saran yang membangun terhadap tugas akhir ini.

Gowa, 20 Maret 2023

Penulis



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Masalah pencemaran udara adalah suatu masalah yang setiap tahunnya selalu terjadi. Hal ini terjadi karena akibat dari perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan serta kebakaran hutan. Dengan meningkatnya aktivitas manusia saat ini juga memerlukan peningkatan teknologi. Peningkatan teknologi dengan semakin banyaknya pabrik industri, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor yang setiap hari menghasilkan polutan sehingga mencemari udara. Akibat udara yang bersih sebagai sumber pernapasan menjadi tercemar akibat polutan yang bisa mengakibatkan gangguan kesehatan manusia dan merusak ekosistem lingkungan. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk akan diikuti oleh pertumbuhan sektor lain antara lain industri dan transportasi. Dimana kondisi tersebut memberikan dampak positif terhadap perekonomian dan disisi lain memberikan dampak negatif yakni pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor (Abidin, 2019).

Pencemaran udara menghasilkan efek yang bisa membuat perubahan komposisi gas – gas yang berada di udara dari keadaan normalnya. Masuknya suatu konsentrasi atau zat asing yang ada di udara dengan kadar tertentu dan keberadaannya di udara dengan waktu yang lama bisa menyebabkan kehidupan makhluk hidup dapat terganggu. Saat mengalami kondisi seperti itu dapat dikatakan udara sudah tercemar (Wardhana, W. A, 2001 dalam Putra, 2020). Kegiatan transportasi meningkat seiring dengan kebutuhan manusia untuk dapat berpindah tempat dalam melaksanakan aktifitasnya, kegiatan transportasi pasti membutuhkan suatu bahan bakar yang akan menghasilkan emisi saat digunakan. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama dari emisi partikulat dan menyumbang lebih dari 50% emisi partikulat di udara ambien khususnya di kawasan perkotaan (Srimuruganandam & Nagendra, 2011 dalam Putra, 2020).

Sumber-sumber pencemar pada alam digolongkan ke dalam sumber tetap, sumber bergerak, industri pengolahan dan pembakaran limbah padat. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar bergerak yang paling banyak

mempengaruhi kehidupan manusia. Hal ini disebabkan oleh sumber bergerak sering dekat dengan tempat tinggal manusia (Bapedalda Jakarta, 2000 dalam Iskandar dkk, 2018).

Pencemaran udara terbesar di Indonesia disumbangkan oleh gas buangan kendaraan bermotor yaitu sebesar 70% (Ismiyati et al., 2014 dalam Zakiatul, 2018). Sektor transportasi merupakan sektor yang paling potensial dalam menghasilkan pencemar udara berupa gas dan partikulat. Salah satu polutan gas tersebut yaitu Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ). WHO menyatakan bahwa  $\text{SO}_2$  merupakan salah satu bahan pencemar berbahaya terhadap kesehatan manusia yaitu menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan yang bisa menyebabkan pembengkakan saluran mukosa (Ma'rufi, 2018 dalam Zakiatul, 2018). Gas ini juga berdampak terhadap lingkungan yaitu menyebabkan hujan asam, salah satunya dapat mencemari tanah dan akan mempengaruhi perkembangan dari tumbuhan (Ponga et al., 2018 dalam Zakiatul 2018).

Sulfur dioksida berasal dari dua sumber yakni sumber alamiah dan buatan. Sumber  $\text{SO}_2$  alamiah yaitu gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba dan reduksi sulfat secara biologis. Sumber  $\text{SO}_2$  buatan yaitu pembakaran bahan minyak, gas dan batubara yang mengandung sulfur tinggi (Slamet, 2009 dalam Putra, 2020). Dampak negatif bagi manusia akibat bahan pencemar dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernapasan serta berkurangnya fungsi dari paru yang memiliki gejala seperti batuk, sesak nafas, serta memperparah penyakit asma (Muziansyah, dkk, 2015 dalam Putra, 2020).

Pencemaran udara sebagai salah satu dampak transportasi yang menjadi masalah serius di kota-kota besar di dunia pada umumnya dan Kota Makassar pada khususnya. Permasalahan lalu lintas/kemacetan menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi pengguna jalan terutama dalam hal pemborosan waktu, pemborosan bahan bakar, pemborosan energi, rendahnya tingkat kenyamanan lalu lintas serta meningkatnya pencemaran baik suara maupun udara yang dapat mengganggu kesehatan. Untuk memahami kasus epidemiologi, diperlukan konsentrasi polutan yang tepat sebagai salah satu sumber polutan udara (Aly, 2016)

Kota Makassar merupakan pintu gerbang di kawasan timur Indonesia, salah satu kota dengan kepadatan penduduk yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Pesatnya pertumbuhan penduduk tentunya disertai dengan peningkatan di berbagai sektor, termasuk transportasi darat yang ditunjukkan dengan jumlah kendaraan yang mengakibatkan tingkat emisi pencemaran udara (Aly, 2016)

Kota Makassar merupakan kota terbesar keempat di Indonesia dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia yang memiliki luas areal 175,79 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk 1.112.688, sehingga kota ini sudah menjadi kota Metropolitan (Ditjen Cipta Karya, 2013 dalam Azizah, 2019). Tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor di Makassar rata-rata berkisar 7% setiap tahunnya (Samsat, 2017 dalam Azizah, 2019). Sedangkan pembangunan jalan hanya 3% per tahun (Hustim, 2012 dalam Azizah, 2019). Dari Tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan khususnya di Kota Makassar tiap tahunnya menunjukkan terjadinya ketidakseimbangan antara pertumbuhan kendaraan dengan pertumbuhan prasarana, yang memicu terjadinya penurunan tingkat pelayanan jalan. Tingkat pelayanan jalan (Level of Service) pada kota Makassar sebagian besar masih pada zona arus stabil, namun tidak pada ruas jalan Pettarani memiliki tingkat pelayanan jalan (Level of Service) dengan kategori Zona F yaitu arus macet, antrian kendaraan sangat panjang dan hambatan sangat banyak (Kaisar, 2016 dalam Azizah, 2019). Dengan demikian penulis ingin melakukan penelitian yang berjudul **“Analisis Gas Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) di Ruas Jalan A.P Pettarani Kota Makassar”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang, maka terdapat beberapa masalah yang dirumuskan yakni:

1. Bagaimana tingkat konsentrasi Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) di udara ambien di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar?
2. Bagaimana hubungan Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan volume kendaraan bermotor pada Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Beberapa tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis tingkat konsentrasi Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) di udara ambien di Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar.
2. Menganalisis hubungan Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dengan volume kendaraan bermotor pada Ruas Jalan AP Pettarani Kota Makassar.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dapat diperoleh manfaat penelitian yakni :

1. Manfaat untuk penulis adalah sebagai esensi dalam menyelesaikan studi di perguruan tinggi khususnya Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan mendapatkan gelas S.T (Sarjana Teknik).
2. Manfaat untuk Universitas adalah menjadi penambah ilmu pengetahuan bagi generasi berikutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan terkhususnya di bidang Kualitas Udara serta di bidang serupa yang kaitannya mengenai pencemaran udara
3. Manfaat untuk masyarakat adalah memberikan pengetahuan bagi masyarakat yang tinggal atau beraktivitas disekita Jalan A.P Pettarani Kota Makassar mengenai tingkat konsentrasi Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ).

### **1.5 Ruang Lingkup**

Batasan-batasan dari penelitian ini adalah :

1. Parameter pencemar udara yang digunakan untuk pemantauan yaitu Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )
2. Penelitian berlokasi di Ruas Jalan AP Pettarani.
3. Penelitian ini dilakukan selama 6 hari pada bulan Agustus-September 2022

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

##### **2.1.1 Udara**

Udara adalah campuran dari berbagai gas secara mekanis dan bukan merupakan senyawa kimia. Udara merupakan komponen pembentuk atmosfer bumi, yang membentuk zona kehidupan pada permukaan bumi. Udara terdiri dari berbagai gas dalam kadar yang tetap pada permukaan bumi. Kecuali gas metana, amonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida dan nitroksida mempunyai kadar yang berbeda beda tergantung daerah / lokasi. Umumnya konsentrasi metana, amonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida sangat tinggi di area rawa – rawa atau industri kimia (Ikhtiar, 2016).

Menurut Depkes RI (2004) udara merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, sehingga udara sebagai salah satu komponen lingkungan yang perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal.

Pencemaran udara adalah keadaan udara di atmosfer dimana satu atau lebih bahan pencemar dalam jumlah dan konsentrasi yang membahayakan kesehatan makhluk hidup, merusak harta benda, dan mengurangi kenyamanan di udara. Faktor utama terjadinya pencemaran udara umumnya disebabkan oleh kegiatan industri, kendaraan bermotor, dan kegiatan pembakaran lahan. Pembakaran fosil oleh beberapa kegiatan ini menghasilkan beberapa emisi gas pencemar yang dilepaskan ke udara. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup RI, emisi adalah zat atau komponen yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien dan berpotensi mencemari udara (Aly, dkk., 2019).

Pencemaran udara adalah kondisi dimana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat – zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan tubuh manusia. Pencemaran udara biasanya terjadi di kota – kota besar dan juga daerah padat industri yang menghasilkan gas – gas yang

mengandung zat di atas batas kewajaran (Naniek, 2013). Pada umumnya bahan pencemar udara adalah berupa gas – gas beracun (hampir 90%) dan partikel – partikel zat padat.

Menurut (wark dan warner,2007 dalam Putrakoranto, 2021), pencemaran udara berdasarkan asalnya dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

1. Polutan primer adalah polutan yang langsung ditimbulkan dari sumber polusi dan langsung dipancarkan ke atmosfer.
2. Polutan sekunder adalah polutan yang berbentuk saat breaksi atau berinteraksi dengan material lain di udara dan membentuk polutan lain yang lebih berbahaya.

### **2.1.2 Dampak pencemaran udara**

Dampak yang dihasilkan dari pencemaran udara antara lain: mengganggu kesehatan makhluk hidup, merusak lingkungan ekosistem, dan hujan asam. Kesehatan pada manusia akan terganggu akibat udara yang terkena polusi yang menimbulkan timbulnya penyakit seperti infeksi saluran pernapasan, jantung, paru-paru dan juga dapat menyebabkan kanker yang sangat berbahaya. Selanjutnya efek yang akan ditimbulkan pada lingkungan ekosistem yaitu kerusakan dimana lingkungan ekosistem tempat tinggal berbagai macam makhluk hidup contohnya seperti akibat kebakaran hutan merusak hewan dan tumbuh-tumbuhan. Sedangkan hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan polutan dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk suatu nitrogen dioksida dan sulfur dioksida. Polutan tersebut berasal dari asap kendaraan dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batu bara. Diatmosfir, polutan tersebut membentuk asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam nitrat ( $HNO_3$ ). Kemudian jatuh ke tanah sebagai hujan asam dan selanjutnya terjadi bencana bagi kehidupan makhluk hidup. Contohnya peristiwa kebakaran yang terjadi di Kalimantan dan Pekanbaru yang mengakibatkan kondisi udara sangat membahayakan kesehatan manusia. Masyarakat akan terjangkit suatu penyakit infeksi saluran pernapasan (ISPA) akibat menghirup udara yang tercampur dengan hasil kebakaran hutan (Abidin, 2019).

Sebagaimana kita ketahui bersama, pencemaran udara atau perubahan salah satu komposisi udara dari keadaan normal, mengakibatkan terjadinya perubahan suhu dalam kehidupan manusia. Pembangunan transportasi yang terus dikembangkan menyusul dengan permintaan pasar, ternyata, telah mendorong terjadinya bencana pembangunan. Saat ini, kita semua telah mengetahui bahwa pengaruh polusi udara juga dapat menyebabkan pemanasan efek rumah kaca (ERK) bakal menimbulkan pemanasan global atau (global warming) (Sudrajad, 2006 dalam Ismiyati dkk, 2014).

Tentunya, hal ini harus merupakan sebuah peringatan kepada para pemilik kebijakan industri dan kebijakan transportasi agar melihat kepada masalah udara di sekitarnya. Proses pembangunan yang ada di Indonesia dalam konteks transportasi, ternyata, telah menimbulkan bencana pembangunan yang pada akhirnya bermuara menjadi permasalahan ekologis. Akibatnya, udara sebagai salah satunya commons yang open access menjadi berbahaya bagi kesehatan manusia dan alam sekitarnya (Ismiyati dkk, 2014).

## **2.2 Emisi Kendaraan Bermotor**

Menurut Tugasmawati, 2008, emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari kandungan senyawa kimianya tergantung dari kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan faktor lain yang semuanya ini membuat pola emisi menjadi rumit. Jenis bahan bakar pencemar yang dikeluarkan oleh mesin dengan bahan bakar bensin maupun bahan bakar solar sebenarnya sama saja, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin. Secara visual selalu terlihat asap dari knalpot kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar, yang umumnya tidak terlihat pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin. Walaupun gas buang kendaraan bermotor terutama terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida dan uap air, tetapi didalamnya terkandung juga senyawa lain dengan jumlah yang cukup besar yang dapat membahayakan gas buang membahayakan kesehatan maupun lingkungan. Bahan pencemar yang terutama terdapat didalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NOx) dan sulfur

(SO<sub>x</sub>), dan partikulat debu termasuk timbal (PB). Bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dan timbel organik, dilepaskan keudara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar. Lalu lintas kendaraan bermotor, juga dapat meningkatkan kadar partikular debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban dan rem. Emisi gas buang kendaraan bermotor juga cenderung membuat kondisi tanah dan air menjadi asam. Pengalaman di negara maju membuktikan bahwa kondisi seperti ini dapat menyebabkan terlepasnya ikatan tanah atau sedimen dengan beberapa mineral/logam, sehingga logam tersebut dapat mencemari lingkungan.

Dampak emisi kendaraan bermotor sebagai berikut :

#### 1. Dampak Terhadap Kesehatan

Senyawa-senyawa di dalam gas buang terbentuk selama energi diproduksi untuk menjalankan kendaraan bermotor. Beberapa senyawa yang dinyatakan dapat membahayakan kesehatan adalah berbagai oksida sulfur, oksida nitrogen, dan oksida karbon, hidrokarbon, logam berat tertentu dan partikulat. Pembentukan gas buang tersebut terjadi selama pembakaran bahan bakar fosil-bensin dan solar didalam mesin. Dibandingkan dengan sumber stasioner seperti industri dan pusat tenaga listrik, jenis proses pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan bermotor tidak sesempurna di dalam industri dan menghasilkan bahan pencemar pada kadar yang lebih tinggi, terutama berbagai senyawa organik dan oksida nitrogen, sulfur dan karbon. Selain itu gas buang kendaraan bermotor juga langsung masuk ke dalam lingkungan jalan raya yang sering dekat dengan masyarakat, dibandingkan dengan gas buang dari cerobong industri yang tinggi. Dengan demikian maka masyarakat yang tinggal atau melakukan kegiatan lainnya di sekitar jalan yang padat lalu lintas kendaraan bermotor dan mereka yang berada di jalan raya seperti para pengendara bermotor, pejalan kaki, dan polisi lalu lintas, penjaja makanan sering kali terpajan oleh bahan pencemar yang kadarnya cukup tinggi. Estimasi dosis pemajanan sangat tergantung kepada tinggi rendahnya pencemar yang dikaitkan dengan kondisi lalu lintas pada saat tertentu (Tugasmawati, 2008).

Berdasarkan sifat kimia dan perilakunya di lingkungan, dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor digolongkan sebagai berikut :



- 1) Bahan-bahan pencemar yang terutama mengganggu saluran pernafasan. Yang termasuk dalam golongan ini adalah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon dan oksida lainnya.
- 2) Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbel/timah hitam.
- 3) Bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker seperti hidrokarbon.
- 4) Kondisi yang mengganggu kenyamanan seperti kebisingan, debu jalanan, dll.

## 2. Dampak Terhadap Lingkungan

Tidak semua senyawa yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor diketahui dampaknya terhadap lingkungan selain manusia. Beberapa senyawa yang dihasilkan dari pembakaran sempurna seperti CO<sub>2</sub> yang tidak beracun, belakangan ini menjadi perhatian orang. Senyawa CO<sub>2</sub> sebenarnya merupakan komponen yang secara alamiah banyak terdapat di udara. Oleh karena itu CO<sub>2</sub> dahulunya tidak menepati urutan pencemaran udara yang menjadi perhatian lebih dari normalnya akibat penggunaan bahan bakar yang berlebihan setiap tahunnya. Pengaruh CO<sub>2</sub> disebut efek rumah kaca dimana CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat menyerap energi panas dan menghalangjalanya energi panas tersebut dari atmosfer ke permukaan yang lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata di permukaan bumi dan dapat mengakibatkan meningginya permukaan air laut akibat melelehnya gunung-gunung es, yang pada akhirnya akan mengubah berbagai siklus alamiah. Pengaruh pencemaran SO<sub>2</sub> terhadap lingkungan telah banyak diketahui. Pada tumbuhan, daun adalah bagian yang paling peka terhadap pencemaran SO<sub>2</sub>, dimana akan terdapat bercak atau noda putih atau coklat merah pada permukaan daun. Dalam beberapa hal, kerusakan pada tumbuhan dan bangunan disebabkan karena SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub> di udara, yang masing-masing membentuk asam sulfit dan asam sulfat. Suspensi asam di udara ini dapat terbawa turun ke tanah bersama air hujan dan mengakibatkan air hujan bersifat asam. Sifat asam dari air hujan ini dapat menyebabkan korosif pada logam-

logam dan rangka -rangka bangunan, merusak bahan pakian dan tumbuhan. (Tugasmawati, 2008).

## **2.3 Klasifikasi Jalan**

### **2.3.1 Klasifikasi jalan berdasarkan sistem jaringan jalan dan peran**

Berdasarkan sistem jaringannya, jalan dikelompokkan ke dalam jaringan jalan primer dan jaringan jalan sekunder, sedangkan berdasarkan peranannya, jalan dikelompokkan kedalam jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal.

#### **a. Sistem Jaringan Jalan Primer**

Sistem Jaringan Jalan Primer adalah sistem jaringan jalan yang disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional, yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi (PP RI No. 26 Tahun 1985).

Simpul-simpul Jasa Distribusi adalah pusat-pusat kegiatan yang mempunyai jangkauan pelayanan nasional, wilayah, dan lokal. “Jaringan Jalan Primer yaitu jaringan jalan yang menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal, dan pusat kegiatan di bawahnya sampai ke persil dalam satu satuan wilayah pengembangan.

Adapun jenis-jenis dari Sistem Jaringan Jalan Primer adalah :

1. Jalan Arteri Primer yaitu jalan yang secara efisien menghubungkan antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.
2. Jalan Kolektor Primer yaitu jalan yang secara efisien menghubungkan antar pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.
3. Jalan Lokal Primer yaitu jalan yang secara efisien menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan persil atau pusat kegiatan wilayah dengan persil atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lokal, pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan di bawahnya, pusat kegiatan lokal dengan persil, atau pusat kegiatan di bawahnya sampai persil.

## b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem Jaringan Jalan Sekunder adalah sistem jaringan jalan yang disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.(PP RI No. 26 Tahun 1985).

Adapun jenis-jenis dari Sistem Jaringan Jalan Sekunder adalah:

1. Jalan Arteri Sekunder yaitu jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.
2. Jalan Kolektor Sekunder yaitu jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
3. Jalan Lokal Sekunder yaitu jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan

Secara konsep kegiatan, skema jaringan jalan antar kota dan dalam kota (perkotaan) terdapat kesamaan. Hierarki pusat-pusat kegiatan pada jaringan jalan antar kota berupa kegiatan kota berjenjang, sedangkan pusat-pusat kegiatan pada jaringan jalan perkotaan berupa kegiatan yang bersifat lokal. (Shafir, 2012).

### **2.3.2 Klasifikasi jalan berdasarkan kewenangan pembinaan**

Berdasarkan kewenangan pembinaannya, jalan dikelompokkan ke dalam Jalan Nasional, Jalan Propinsi, dan Jalan Kabupaten/Kota dan Jalan Khusus. (UU RI No.38/ 2004).

#### 1. Jalan Nasional

Jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional, yaitu ruas jalan yang karena tingkat kepentingan kewenangan pembinaannya berada pada Pemerintah Pusat.

## 2. Jalan Propinsi

Yang termasuk dalam Klasifikasi Jalan Propinsi, yaitu jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah Daerah; jalan kolektor primer yang menghubungkan ibu kota propinsi dengan ibu kota kabupaten/kotamadya; jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten/kotamadya; jalan yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan propinsi; dan jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali yang termasuk dalam jalan nasional.

## 3. Jalan Kota

Jaringan Jalan Sekunder di dalam kota

## 2.4 Dispersi Polutan

Dispersi polutan adalah proses perpindahan dan difusi suatu polutan ke udara. Hal ini umumnya terjadi secara fluktuatif namun jika arah angin secara dominan menuju suatu kawasan maka tempat tersebut berpotensi terpapar polutan dengan konsentrasi yang tinggi. Berdasarkan hal ini komponen iklim baik suhu, kelembapan, arah kecepatan angin serta pencahayaan menjadi suatu parameter dalam penentuan kualitas udara akibat dari hasil disperse yang terjadi (Prabowo, 2018 dalam Zafany, 2021).

### 2.4.1 Suhu

Kondisi yang dirasakan di permukaan bumi akibat adanya perubahan suhu yaitu panas, dingin maupun sejuk. Suhu udara dihitung pada ketinggian 1.25 meter sampai 2 meter di atas permukaan bumi. Suhu terendah dan tertinggi dalam 1 hari atau 24 jam disebut sebagai amplitude suhu harian. Reaksi antara polutan primer akan menghasilkan suatu polutan sekunder dengan cepat apabila suhu udara menjadi tinggi. Peningkatan suhu udara bisa berdampak kepada udara yang lembab karena terjadi suatu penguapan air (Prabowo, 2018 dalam Zafany, 2021).

## **2.4.2 Kecepatan dan arah angin**

Kecepatan dan arah angin merupakan penentu daerah mana yang akan terpapar polutan setelah dihasilkan dari suatu sumber. Semakin besar nilai kecepatan angin maka akan semakin jauh polutan yang akan terbawa menjauhi sumber. Sementara arah angin yang akan menentukan ke titik polutan yang akan terdispersi (Rahmawati, 1999 dan Puspitasari, 2011 dalam Zafany, 2021).

## **2.4.3 Radiasi matahari**

Pengaruh radiasi matahari yaitu sebagai energi pada perpindahan massa ke udara. Pemanasan yang terjadi di permukaan bumi dan perairan akan menghasilkan angin serta turbulensi yang berpengaruh ke stabilitas di atmosfer dan campuran bahan pencemar pada suatu lingkungan sekitar (Zafany, 2021).

## **2.5 Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)**

### **2.5.1 Karakteristik SO<sub>2</sub>**

SO<sub>2</sub> merupakan gas jernih yang tak berwarna dan kadarnya sampai 18%. Gas ini merupakan gas yang baunya sangat menyengat dan bisa membahayakan Kesehatan manusia. Pencemar yang paling buruk adalah bahan bakar yang murah dan yang berkualitas rendah, karena mengandung belerang yang rendah (Sastrawijaya, 2009 dalam Safiu, 2018).

Sulfurdioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan gas buang yang larut dalam air yang langsung dapat terabsorpsi di dalam hidung dan sebagian besar saluran ke paru-paru. Karena partikulat di dalam gas buang kendaraan bermotor berukuran kecil, partikulat tersebut dapat masuk sampai ke dalam alveoli paru-paru dan bagian lain yang sempit. Partikulat gas buang kendaraan bermotor terutama terdiri jelaga (hidrokarbon yang tidak terbakar) dan senyawa anorganik (senyawa-senyawa logam, nitrat dan sulfat). Sulfur dioksida di atmosfer dapat berubah menjadi kabut asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan partikulat sulfat. Sifat iritasi terhadap saluran pernafasan, menyebabkan SO<sub>2</sub> dan partikulat dapat membengkaknya membran mukosa dan pembentukan mukosa dapat meningkatnya hambatan aliran udara pada saluran pernafasan. Kondisi ini akan

menjadi lebih parah bagi kelompok yang peka, seperti penderita penyakit jantung atau paru-paru dan para lanjut usia (Tugaswati, 2007 dalam Damri, dkk, 2016).

Gas  $\text{SO}_2$  memiliki sifat berbau tajam dan tidak berwarna.  $\text{SO}_2$  dapat menimbulkan hujan asam apabila bereaksi dengan uap air dan menghasilkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  $\text{SO}_2$  memiliki karakteristik berwarna coklat kemerahan dan berwarna kuning di bawah suhu  $21,2^\circ\text{C}$  serta berbau tajam.  $\text{SO}_2$  memiliki dampak terhadap Kesehatan seperti sesak napas, penurunan fungsi paru, hingga paling fatal bisa menyebabkan kematian.  $\text{SO}_2$  dihasilkan dari pembakaran sampah, pembakaran bahan bakar bensin dan industri batu bara dari aktivitas manusia (Suyono, 2014). Gas  $\text{SO}_2$  mempunyai kelarutan yang rendah dalam air dan larut dalam larutan alkali.  $\text{SO}_2$  merangsang terjadinya sesak napas dan berbahaya bagi sistem pernapasan manusia (Mukono, 2011).

$\text{SO}_2$  merupakan gas pencemar yang bersifat beracun dan korosif. Apabila konsentrasinya di atmosfer tinggi maka akan menyebabkan terjadinya hujan asam. Sebagian kecil bahan bakar sulfur dioksida dapat dioksidasikan menjadi  $\text{SO}_3$  dan juga memberikan konsekuensi terhadap lingkungan, seperti timbulnya kabut biru butiran asam sulfur yang diemisikan dari pemanasan, korosi pada logam, dan akumulasi partikel asap (KLH, 2009).

### **2.5.2 Dampak sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ )**

#### **a. Dampak terhadap manusia**

Sulfur Dioksida dapat menyebabkan efek buruk bagi Kesehatan manusia dengan timbulnya iritasi pada bagian saluran pernapasan dan bisa menyebabkan turunnya fungsi dari paru-paru (Muziansyah, dkk, 2015). Sulfur Dioksida dapat berdampak iritasi pada saluran pernapasan jika terpajan dalam kandungan yang tinggi dalam jangka waktu yang sangat lama (Mukono, 2011). Efek dari terpajan oleh Sulfur Dioksida pada suatu konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan suatu iritasi dan menyebabkan kematian (MSDS, 2016). Sulfur Dioksida ini jika masuk kedalam pernapasan akan mengakibatkan terjadinya kegagalan dalam sistem pernapasan makhluk hidup (Suyono, 2014).

Berdasarkan data WHO tahun 2012, sekitar 7 juta orang meninggal setiap tahun akibat penyakit yang berkaitan dengan pencemaran udara. Dalam hal ini penyakit paru-paru, jantung, stroke dan pernapasan serta kanker. Disisi lain polutan udara tidak hanya membahayakan kesehatan tapi juga mengganggu iklim termasuk fine particle, black carbon dan ozon permukaan. Ini membuat pencemaran udara menjadi risiko kesehatan terbesar secara global, setara dengan risiko kesehatan konvensional seperti kolesterol tinggi, merokok, diabetes dan obesitas (WHO, 2018).

Tabel 1. Tingkatan kadar SO<sub>2</sub> pada sistem pernapasan manusia

Kadar SO <sub>2</sub>	Satuan	Dampak Terhadap Manusia
3-5	Ppm	Kadar minimum yang dapat dideteksi baunya
8-12	Ppm	Kadar minimum yang segera memberikan iritasi pada tenggorokan
20	Ppm	Kadar minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata
50-100	Ppm	Kadar maksimum yang diperbolehkan pada paparan yang waktunya singkat (+-30 menit)
400-500	Ppm	Sudah berbahaya meskipun dalam paparan waktu yang singkat

Sumber: Phili Kristanto, ekologi industri, edisi pertama cetakan pertama (2002)

#### b. Dampak Terhadap Lingkungan

##### a) Dampak Terhadap Tanah

Apabila asam sulfat dan asam sulfat turun ke bumi secara Bersama dengan jatuhnya hujan, maka akan terjadi *acid Rain* atau hujan asam. Hujan asam akan sangat merugikan karena bisa merusak tanaman ataupun kesuburan tanah. Di negara industri hujan asam sudah menjadi persoalan yang sangat serius karena sifatnya merusak lingkungan. Salah satu contohnya yaitu hutan yang gundul akibat jatuhnya hujan asam akan mengakibatkan lingkungan semakin parah (Wardhana, 1995).

b) Dampak Terhadap Air

SO<sub>2</sub> memiliki kandungan sangat tinggi yang terkandung didalam air bisa menyebabkan terganggunya spesies hewan air yang bertahan. Contohnya hewan seperti plankton dan invertebrate merupakan makhluk yang paling mudah mengalami kematian akibat dari pengaruh pengasaman di perairan. Lebih dari 75% spesies ikan akan mati jika perairan memiliki pH dibawah 5 (Anonim, 2002).

c) Dampak Terhadap Udara

Kadar SO<sub>2</sub> sangat tinggi diakibatkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan pengotor dalam bahan bakar fosil dan nitrogen di udara yang beraksi dengan oksigen membentuk suatu sulfur dioksida dan nitrogen oksida. Zat ini akan berdifusi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersamaan dengan air hujan. Tanah dan air permukaan berbahaya bagi makhluk hidup apabila air hujan yang mengandung asam akan meningkatkan kadar keasaman (Anonim, 2002).

### 2.5.3 Baku mutu sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yang mengatur tentang Baku Mutu Udara Ambien SO<sub>2</sub> sebesar 150 µg/m<sup>3</sup> (1 jam), 75 µg/m<sup>3</sup> (24 jam), dan 45 µg/m<sup>3</sup> (1 tahun).

Tabel 2. Baku Mutu Udara Nasional

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	1 Jam	150 µg/m <sup>3</sup>	Aktif
		24 Jam	75 µg/m <sup>3</sup>	Aktif Kontinu
		1 Tahun	45 µg/m <sup>3</sup>	Aktif Kontinu

Sumber : PP No 22 Tahun 2021



### 2.5.3 Rumus perhitungan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)

Berdasarkan SNI 7119-7:2017 tentang udara ambien cara uji kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dengan metode pararosaniline menggunakan spektrofotometer sebagai berikut :

- a. Volume uji udara yang diambil

Volume uji udara yang diambil dikoreksi pada kondisi normal (25°C, 760 mmHg) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760} \quad (1)$$

Keterangan :

V = volume udara yang diambil dikoreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg (Nm<sup>3</sup>);

Q<sub>i</sub> = pencatatan laju alir ke – i (Nm<sup>3</sup>/menit);

n = jumlah pencatatan laju alir;

t = durasi pengambilan contoh uji (menit)

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

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

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

760 = tekanan udara standar (mmHg).

- b. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dalam 1 jam

Konsentrasi SO<sub>2</sub> dalam contoh uji untuk pengambilan contoh uji selama 1 jam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$C = \frac{a}{V} \times 1.000 \quad (2)$$

**Keterangan:**

C = konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara (µg/Nm<sup>3</sup>);

a = jumlah SO<sub>2</sub> dari contoh uji dengan melihat kurva kalibrasi (µg);

V = volume udara pada kondisi normal (L);

1.00 = konversi liter (L) ke m<sup>3</sup>.

c. Konsentrasi Sulfur Dioksida dalam 24 jam

Berdasarkan *Academia Education* dalam penelitian kualitas udara di IPB, untuk persamaan estimasi pengukuran atau waktu pemaparan standard menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$C_{24} = C_1 \times \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^n \quad (3)$$

**Keterangan:**

- $C_{24}$  = konversi konsentrasi massa partikel tersuspensi dalam waktu 24 jam ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ );
- $C_1$  = konsentrasi massa partikel tersuspensi ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ );
- $t_1$  = waktu yang digunakan (jam);
- $t_2$  = 24 jam;
- $n$  = 0,185