

**ANALISIS KONSENTRASI GAS SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI UDARA
AMBIEN DENGAN METODE PARAROSANILIN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-Vis PADA KAWASAN TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR (TPA) ANTANG**

RACHMALIA PUTRI

H031 19 1080



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KONSENTRASI GAS SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI UDARA
AMBIEN DENGAN METODE PARAROSANILIN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-Vis PADA KAWASAN TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR (TPA) ANTANG**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu
syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

RACHMALIA PUTRI

H031 19 1080



**MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KONSENTRASI GAS SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI UDARA
AMBIEN DENGAN METODE PARAROSANILIN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS PADA KAWASAN TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR (TPA) ANTANG**

Disusun dan diajukan oleh:

RACHMALIA PUTRI

H031191080

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 15 Januari 2024

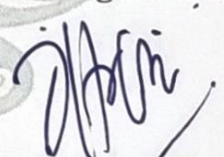
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

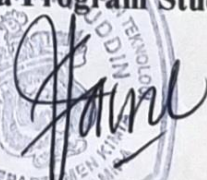
Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si
NIP. 19701103 199903 1 001


Dr. Diabal Nuf Basir, S.Si. M.Si
NIP. 19740319 200801 1 010

Ketua Program Studi


Dr. St. Fauziah, M.Si

NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rachmalia Putri
NIM : H031191080
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Analisis Konsentrasi Gas Sulfur Dioksida (SO₂) di Udara Ambien dengan Metode Pararosanilin Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Pada Kawasan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Antang” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya gunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 17 Januari 2024

Yang Menyatakan,



Rachmalia Putri

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi penelitian dengan judul “**Analisis Konsentrasi Gas Sulfur Dioksida (SO₂) di Udara Ambien dengan Metode Pararosanilin Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada Kawasan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Antang**” dapat terselesaikan dengan baik.

Shalawat serta salam penulis kirimkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat dan keluarga beliau yang telah memberikan tauladan dan inspirasi dalam menjalani kehidupan di dunia dan di akhirat. Sesungguhnya penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bimbingan, bantuan dan kemurahan hati dari berbagai pihak. Oleh karena itu, diasamping rasa syukur yang tak terhingga atas nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT penulis juga menyampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada Bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** sebagai pembimbing utama dan Bapak **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si** sebagai pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu dan senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta turut memberikan pendampingan selama proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia serta seluruh Dosen Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis dan Staf Departemen Kimia yang telah banyak membantu penulis.

2. Tim Penguji, Ibu **Dr. Rugaiyah A. Arfah, M.Si** dan Bapak **Dr. Maming, M.Si**, Terima kasih atas ilmu, bimbingan dan saran-saran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.
3. Seluruh Analis Laboratorium yang membantu penulis dalam penelitian.
4. Orang tua penulis, ibu **Kasmawati** dan bapak **Purwanto** yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini.
5. Untuk kakak penulis, **Agus Hendro Priyono, S.T** yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian.
6. Untuk teman-teman Unholy, **Vena Ayustina, S.Gz, Siti Barkah Ahmad Al-Amri, S.Farm,** dan **Riska Amalia** yang selalu kebersamai dan menyemangati dalam menyelesaikan penelitian.
7. Untuk teman Online, **Galistya Cittarasmi, S.Hub.Int.** yang selalu menyemangati dalam menyelesaikan penelitian.
8. Untuk teman-teman penulis, **Alfiyah Nur'aini Musyahadah, Reza Suliana,** dan **Salma Nur'aisy Azkiya** yang selalu kebersamai dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan penelitian.
9. Teman-teman DemonArt, **Shelina, Habil, Aga, Alwy,** dan **Wildo** yang selalu menyemangati dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian.
10. Rekan-rekan **Peneliti Kimia Fisik.**
11. Teman-teman **Kimia 2019** dan kakak-kakak Kimia yang telah membimbing dan mendampingi dalam menyelesaikan penelitian.
12. Serta ucapan terima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak sempat kami sebutkan satu per satu alias segala kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai

pihak, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Semoga Tuhan membalasnya.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, maka penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya. Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, bermanfaat bagi semua pihak dan semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.

Makassar, 2024

Penulis

ABSTRAK

Tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah yang digunakan di tempat masih menggunakan sistem *open dumping*, tidak adanya tanah yang menutupi menyebabkan terjadinya polusi udara. Gas yang timbul karena degradasi materi sampah akan menyebabkan bau tidak sedap dan debu yang berterbangan. Gas yang berasal dari TPA antara lain gas sulfur dioksida (SO₂) yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup apabila terpapar pada konsentrasi di atas 8 ppm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas gas SO₂ udara ambien di sekitar Kawasan TPA Antang. Pengambilan sampel menggunakan alat *air sampler* pada 3 *Layer* yang dibagi menjadi 12 titik dan diuji dengan menggunakan metode pararosanilin. Hasil paling tinggi berada pada Titik 3 pada *Layer* 3 sebesar $60,5822 \pm 2,8422$ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, dengan suhu 35,64°C, kelembaban 26,8%, dan kecepatan angin 9,3 m/s. Hasil penelitian menunjukkan kualitas gas SO₂ di udara ambien pada Kawasan TPA Antang dikategorikan memenuhi syarat menurut Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kata kunci: Ambien, Polusi, Pararosanilin, SO₂, TPA

ABSTRACT

The final waste processing site still uses an open dumping system, and the absence of land covering causes air pollution. Gases that arise due to the degradation of waste material will cause unpleasant odors and airborne dust. Gases originating from landfills include sulfur dioxide (SO₂) gas which is very dangerous for living things if exposed to concentrations above 8 ppm. This research aims to determine the quality of SO₂ gas in the ambient air around the Antang landfill area. Sampling was taken using an air sampler on 3 layers divided into 12 points and tested using the pararosaniline method. The highest results were at Point 3 in Layer 3 at 60,5822 ± 2,8422 µg/Nm³, with a temperature of 35,64°C, humidity of 26,8%, and wind speed of 9,3 m/s. The research results show that the quality of SO₂ gas in the ambient air in the Antang landfill area is categorized as meeting the requirements according to South Sulawesi Governor Regulation No. 69 of 2010 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management.

Key words: Ambien, Landfill, Pollution, Pararosaniline, SO₂

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRAC.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tempat Pemrosesan Sampah Akhir Antang.....	6
2.2 Udara.....	7
2.3 Pencemaran Udara.....	9
2.4 Sumber Pencemaran Udara.....	10
2.5 Sulfur Dioksida (SO ₂).....	10
2.6 Dampak Terhadap Kesehatan.....	14

2.7	Spektrofotometer UV-Vis.....	15
2.8	Verifikasi.....	16
2.8.1	Akurasi	17
2.8.2	Presisi	17
2.8.3	Linieritas.....	18
2.8.4	Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kualitatif (LoQ).....	18
BAB III. METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Bahan Penelitian	20
3.2	Alat Penelitian.....	20
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.4	Prosedur Penelitian	20
3.4.1	Pembuatan Larutan Pereaksi	20
3.4.1.1	Pembuatan Larutan Penjerap Tetrakloromercurat (TCM).....	21
3.4.1.2	Pembuatan Larutan Induk Natrium Sulfit 50 mL.....	21
3.4.1.3	Pembuatan Larutan Induk Iod 0,1 N	21
3.4.1.4	Pembuatan Larutan Iod 0,01 N.....	21
3.4.1.5	Pembuatan Larutan Indikator Kanji	21
3.4.1.6	Pembuatan Larutan Induk Natrium Tiosulfat 0,1 N.....	21
3.4.1.7	Pembuatan Larutan Natrium Tiosulfat 0,01 N	22
3.4.1.8	Pembuatan Larutan Asam Klorida (1:10).....	22
3.4.1.9	Pembuatan Larutan Asam Klorida 1 M.....	22
3.4.1.10	Pembuatan Larutan Asam Sulfamat 0,6%	22
3.4.1.11	Pembuatan Larutan Asam Fosfat 3 M	22
3.4.1.12	Pembuatan Larutan Induk Pararosanilin	

Hidroklorida 0,2%	23
3.4.1.13 Penentuan Kemurnian Pararosanilin	23
3.4.1.14 Pembuatan Larutan Kerja Pararosanilin.....	23
3.4.1.15 Pembuatan Larutan Formaldehida 0,2%	24
3.4.1.16 Pembuatan Larutan Penyangga Asetat 1 M (pH = 4,74)	24
3.4.2 Pengambilan Sampel Selama 1 Jam	24
3.4.3 Persiapan Pengujian Sampel.....	24
3.4.3.1 Standarisasi Larutan Natrium Tiosulfat 0,01 N.....	24
3.4.3.2 Penentuan Konsentrasi SO ₂ dalam Larutan Induk Natrium Sulfit.....	25
3.4.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	26
3.4.4 Pengujian Sampel Untuk Pengambilan Contoh Uji Selama 1 Jam.....	26
3.4.5 Perhitungan.....	27
3.4.5.1 Volume Sampel Udara Yang Diambil.....	27
3.4.5.2 Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) di Udara Ambien.....	27
3.4.6 Linieritas Kurva Kalibrasi	28
3.4.7 Verifikasi Metode Analisis.....	28
3.4.7.1 Batas Deteksi (LOD) dan Batas Kuantifikasi (LOQ).....	28
3.4.7.2 Penentuan Presisi.....	29
3.4.7.3 Penentuan Akurasi.....	30
3.4.7.4 Penentuan Ketidakpastian Pengukuran	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Penentuan Konsentrasi Gas Sulfur Dioksida (SO ₂) di Udara	32

4.2 Parameter Verifikasi Gas Sulfur Dioksida (SO ₂)	35
4.2.1 Linieritas	36
4.2.2 Batas Deteksi	37
4.2.3 Akurasi	38
4.2.4 Presisi	39
4.2.4.1 Repeatability (keterulangan) dan Reproducibility (ketertiruan)	39
4.3 Pengukuran Sampel Gas Sulfur Dioksida (SO ₂)	40
4.4 Ketidakpastian Pengukuran	45
4.4.1 Ketidakpastian Pengambilan Sampel	46
4.4.2 Ketidakpastian Larutan Standar	46
4.4.3 Ketidakpastian Standar	47
4.4.4 Ketidakpastian Konsentrasi Sampel	47
4.4.5 Ketidakpastian Gabungan	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tempat pemrosesan akhir (TPA) antang	7
2. Siklus sulfur	11
3. Reaksi pembentukan pararosanilin metil sulfonat	13
4. Pembiasan sinar matahari/lampu pada prisma	15
5. Skema spektrofotometer UV-Vis untuk sinar ganda	16
6. Reaksi pembentukan pararosanilin metil sulfonate	32
7. Reaksi standarisasi natrium tiosulfat	33
8. Grafik kurva kalibrasi SO ₂	35
9. Grafik konsentrasi gas SO ₂ di Udara Ambien Pada <i>Layer</i> 1	41
10. <i>Windrose</i> pada 7 September 2023	42
11. Grafik konsentrasi gas SO ₂ di Udara Ambien Pada <i>Layer</i> 2	42
12. <i>Windrose</i> pada 8 September 2023	43
13. Grafik konsentrasi gas SO ₂ di Udara Ambien Pada <i>Layer</i> 3	44
14. <i>Windrose</i> pada 11 September 2023	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku mutu udara ambien menurut Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010.....	8
2. Konsentrasi maksimum SO ₂ dengan waktu.....	12
3. Pengaruh sulfur dioksida (SO ₂) terhadap manusia	14
4. Hasil standarisasi larutan natrium tiosulfat 0,01 N.....	33
5. Hasil linieritas kurva kalibrasi	36
6. Data hasil MDL	37
7. Hasil LOD dan LOQ.....	38
8. Hasil akurasi standar rendah dan tinggi.....	39
9. Hasil repeatabilitas dan reproduibilitas standar tengah.....	40
10. Ketidakpastian konsentrasi gas sulfur dioksida di udara ambien	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram bagan alir.....	54
2. Bagan kerja	55
3. Peta titik sampling	64
4. Dokumentasi penelitian	66
5. Perhitungan pembuatan larutan	70
6. Diagram <i>Fishbone</i>	86
7. Estimasi Ketidakpastian Pengukuran.....	87
8. Data Kecepatan Angin dan Arah Angin	99

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/ singkatan	Arti
VOC	<i>Volatile Organic Compound</i>
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir
TPS	Tempat Pembuangan Sementara
UV-Vis	<i>Ultra Violet Visible</i>
TCM	Tetrakloromercurat(II)
µg	Mikrogram
Nm ³	Normal Meter Kubik
MDL	<i>Method Detection of Limit</i>
LOD	<i>Limit of Determination</i>
LOQ	<i>Limit of Quantification</i>
BMUA	Baku Mutu Udara Ambien
nm	nanometer
ppm	<i>part per million</i>
N	Normalitas
M	Molaritas
MSDS	<i>Material Safety Data Sheet</i>
CRM	<i>Certified Reference Material</i>
CV	<i>Coefficient of Variation</i>
RSD	<i>Relative Standard Deviation</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan salah satu zat yang penting dalam kehidupan, dimana udara dapat memberikan oksigen untuk bernafas, alat penghantar suara dan juga dapat menjadi sebuah media untuk penyebaran penyakit pada makhluk hidup. Udara tersusun dari berbagai komposisi diantaranya adalah gas nitrogen (N_2) 78,1%, oksigen (O_2) 20,93%, dan karbondioksida (CO_2) 0,03%. Selain itu, udara juga mengandung uap air, debu, bakteri, spora dan juga beberapa sisa tumbuh-tumbuhan. Udara tentunya berhubungan dengan masalah pencemaran atau biasa disebut dengan polusi udara. Udara dapat tercemar dari kegiatan manusia dan proses alam, dan dalam batas tertentu alam dapat membersihkan udara dengan membentuk *removal mechanism* (Chandra, 2007).

Polusi udara sudah menjadi masalah yang sangat serius di era dunia industri moderen ini. Polusi udara terjadi karena masuknya bahan kimia, komponen biologis yang dapat menyebabkan kerugian bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Polutan yang paling umum ada di udara adalah sulfur dioksida (SO_2), oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO), dan juga senyawa organik yang mudah menguap (VOC). Komponen udara yang masuk dapat berbentuk padat, cair maupun gas yang terbentuk secara alami maupun buatan. Salah satu sumber pencemaran udara antara lain adalah lalu lintas (asap kendaraan), sektor industri (asap dari pembuatan batu bata, minyak dan gas), serta pembakaran limbah kota (Njoku dkk., 2016).

Pembakaran limbah kota terjadi di tempat pemrosesan akhir sampah (TPA), dimana hal ini menjadi salah satu penyebab polusi udara. Salah satu TPA yang ada di pusat kota Makassar adalah TPA Tamangapa atau biasa juga disebut dengan TPA Antang yang beroperasi sejak tahun 1993 dengan luas wilayah 14,3 hektar. Luas wilayah TPA Antang bertambah menjadi 19 hektar dikarenakan banyaknya sampah perkotaan yang diolah di TPA Antang, diantaranya merupakan sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah perkantoran dan sampah pusat perbelanjaan. Sampah yang berada di TPA Antang telah melebihi kapasitas dikarenakan selama ini pembuangan sampah selalu dititikberatkan pada TPA yang menyebabkan pencemaran sampah berada di sekitar TPA. Pemrosesan akhir sampah di Indonesia sebagian besar menggunakan cara penimbunan dengan sistem terbuka. Oleh karena itu proses dekomposisi sampah organik di TPA dapat berpotensi menyebabkan pencemaran udara karena adanya gas yang terbentuk akibat penumpukan sampah (Annisa dkk., 2017).

Salah satu komponen pencemar udara dengan jumlah paling banyak yaitu sulfur dioksida (SO_2). Adapun karakteristik gas sulfur dioksida (SO_2) yaitu tidak berwarna, berbau tajam, apabila bereaksi dengan uap air di udara maka akan menyebabkan hujan asam yang dapat merusak benda serta lingkungan yang terkena tetesan hujan asam. Dampak negatif dari bahan pencemar gas sulfur dioksida (SO_2) antara lain menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan menurunkan fungsi paru-paru yang diawali dengan gejala batuk, sesak napas, dan meningkatkan penyakit asma. Selain itu gas sulfur dioksida (SO_2) juga dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, tenggorokan, sinus, edema paru, dan dapat berujung pada kematian (Masito, 2018).

Hasil penelitian konsentrasi sulfur dioksida (SO₂) oleh Annisa dkk., (2017), sebesar 9,063 µg/Nm³ dengan waktu pengukuran pada siang hari. Hal ini dikarenakan banyak aktivitas kendaraan terutama truk pengangkut sampah yang menggunakan bahan bakar solar. Kandungan sulfur pada solar lebih besar dibandingkan dengan bensin sehingga hal ini juga mempengaruhi konsentrasi gas sulfur dioksida (SO₂) di TPA. Adapun konsentrasi terendah yang didapatkan sebesar 4,887 µg/Nm³ dengan waktu pengukuran sore hari.

Menurut hasil penelitian Chalid dan Rasman (2019), konsentrasi gas sulfur dioksida (SO₂) yang merupakan hasil dari proses dekomposisi sampah di TPA Tamangapa Kota Makassar adalah sebesar 260 µg/Nm³ dan masih memenuhi syarat atau berada di bawah Batas Mutu Udara Ambien (BMUA). Hasil penelitian dari Istantinova dkk., (2013), konsentrasi zat pencemar sulfur dioksida (SO₂) paling rendah sebesar 18,298 µg/Nm³ pada siang hari dan konsentrasi tertinggi sebesar 26,621 µg/Nm³ di pagi hari. Setelah dibandingkan dengan Batas Mutu Udara Ambien (BMUA) dan menurut SK Gubernur Provinsi Jawa Tengah No.8 Tahun 2001 maka konsentrasi gas pencemar sulfur dioksida (SO₂) berada jauh di bawah Batas Mutu Udara Ambien (BMUA).

Berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 batas maksimum pengukuran sulfur dioksida (SO₂) adalah 900 µg/Nm³ dalam kurun waktu satu jam. Pengujian ini mengacu pada SNI 7119-7:2017 untuk uji gas sulfur dioksida (SO₂) dengan metode pararosanilin menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dimana gas sulfur dioksida (SO₂) yang ada di udara dijerap dengan alat penjerap *impinger* dengan larutan penjerap dari merkuri (II) klorida, kalium klorida dan etilenadiaminatetraasetat (EDTA) yang membentuk senyawa kompleks

diklorosulfonatomerkurat. Kemudian gas sulfur dioksida (SO_2) yang terjerap direaksikan dengan larutan formaldehida, asam sulfamat dan pararosanilin yang akan membentuk senyawa kompleks pararosanilin metil sulfonat yang berwarna ungu apabila telah bereaksi. Sampel ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 550 nm. Spektrofotometer UV-Vis digunakan karena warna larutan yang jelas dapat membuat pantulan cahaya matahari atau lampu diteruskan melewati media dan dapat dilihat dengan rentang panjang gelombang tertentu. Spektrofotometer UV-Vis juga dapat menentukan konsentrasi suatu senyawa yang jumlahnya sangat kecil (Metia, 2020).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengukur ketidakpastian pengukuran berdasarkan alat yang digunakan, hasil pengukuran, dan komponen-komponen lain yang terlibat dalam pengukuran konsentrasi gas sulfur dioksida (SO_2) sehingga metode yang digunakan dapat dinyatakan menghasilkan hasil yang baik apabila hasil yang diperoleh berada di bawah ambang batas Baku Mutu Udara Ambien (BMUA).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. berapa konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) yang terukur pada beberapa titik di TPA Antang Makassar?
2. bagaimana perbandingan konsentrasi pencemar sulfur dioksida (SO_2) yang terkandung dalam udara di sekitar TPA Antang Makassar dengan Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang diatur dalam Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menentukan konsentrasi gas sulfur dioksida (SO_2) pada Kawasan TPA Antang membandingkannya dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 dan mengetahui ketelitian dari metode yang digunakan.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) yang terukur pada beberapa titik di kawasan TPA Antang Makassar.
2. menentukan perbandingan konsentrasi pencemar sulfur dioksida (SO_2) yang terkandung dalam udara di sekitar TPA Antang Makassar dengan Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang diatur dalam Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi gambaran kualitas udara ambien sulfur dioksida (SO_2) di daerah sekitar TPA Antang dan peta persebaran konsentrasi sulfur dioksida (SO_2), agar kedepannya dapat melakukan pemantauan rutin dan membuat kebijakan untuk meminimalisir konsentrasi gas polutan yang berpotensi tinggi mengganggu kesehatan masyarakat sekitar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Sampah Akhir Antang

Sampah merupakan material sisa yang dibuang karena merupakan hasil sisa dari produksi industri dan rumah tangga. Salah satu cara mengatasi permasalahan sampah adalah dengan adanya TPA yang menjadi tempat pengelolaan sampah. TPA merupakan tempat mengisolasi sampah agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitar. Namun, TPA menjadi berbahaya karena pencemaran udara akibat gas hasil pembusukan sampah, hal ini juga dapat mempengaruhi kualitas air dan juga udara (Asiri dkk., 2019).

Salah satu TPA yang berada di Makassar adalah TPA Antang yang berada di wilayah Bangkala, Kecamatan Manggala, Kota Makassar dan berada 15 km dari pusat kota. TPA ini memiliki luas sekitar 14,3 Ha dari tahun 1993-2014, namun dikarenakan meningkatnya volume sampah maka ada penambahan wilayah sehingga pada tahun 2015 luas wilayah TPA Antang sebesar 16,8 Ha. Hanya 70 % kapasitas TPA atau sebesar 517,70 ton yang digunakan. TPA Antang dekat dengan pemukiman warga sehingga beberapa kali mendapat keluhan karena bau yang tidak sedap (Ningsih dkk., 2020).

Pada umumnya TPA menggunakan sistem pembuangan terbuka (*open dumping*) dimana sampah dibiarkan menumpuk tanpa pengolahan sampah sehingga menimbulkan pencemaran (Mun'im dkk., 2020). Pengelolaan sampah di Kota Makassar sendiri masih dinilai buruk, dengan tingkat produksi sampah 3.680 m³ per hari dan yang dapat ditangani adalah 3.270 m³ dan sebanyak 410 m³ tidak dapat

ditangani sehingga sampah hanya menumpuk di Tempat Pembuangan Sementara (TPS) (Saparuddin dkk., 2020).

Pemrosesan sampah dengan cara *open dumping* juga dapat mengakibatkan pencemaran udara karena gas, bau, dan debu. Tidak adanya tanah yang menutupi sampah membuat gas yang dihasilkan tidak teredam dan menyebabkan polusi udara. Gas hasil dari degradasi sampah akan menyebabkan bau yang tidak sedap. Sulfur dioksida (SO_2) adalah salah satu gas yang dihasilkan dan merupakan gas polutan yang bersifat racun bagi tubuh. Kondisi sampah yang ada di TPA Antang dapat dilihat pada gambar dibawah (Chalid dan Rasman, 2019).



Gambar 1. Tempat pemrosesan akhir (TPA) antang (Chalid dan Rasman, 2019)

2.2 Udara

Udara yang ada di alam tidak sepenuhnya bersih dikarenakan adanya polutan seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), karbon monoksida (CO) dan *particulate matter* (Ponga dkk., 2018). Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) udara adalah campuran dari beberapa gas yang tidak berwarna dan juga tidak berbau yang akan memenuhi ruang yang berada di atas bumi yang berisi hawa, angkasa, dan keadaan cuaca. Namun secara meteorologi udara disebut

juga dengan atmosfer yang terdiri dari campuran gas yang tidak bereaksi satu sama lain atau bersifat *innert* (Hastutiningrum dkk., 2018).

Udara yang selalu dihirup manusia yang berada di lapisan bumi biasa disebut dengan udara ambien. Udara ambien sendiri merupakan udara bebas yang ada di permukaan bumi pada lapisan troposfer dimana udara ini dibutuhkan manusia bahkan sangat berpengaruh untuk kesehatan makhluk hidup dan lingkungan di bumi (Hastutiningrum dkk., 2018). Menurut Blair (2003), apabila atmosfer dalam kondisi tidak tercemar dan kering maka konsentrasi SO₂ dapat diperkirakan rata-ratanya berkisar antara 0,03-0,3 µg/Nm³ (10⁻² sampai 10⁻¹ bagian ppb). Dari survei yang telah dilakukan WHO di daerah perkotaan, hal ini menunjukkan konsentarasasi SO₂ rata-rata per tahun adalah 20-60 µg/Nm³ (7-21 ppb) dan untuk rata-rata hariannya kurang dari 125 µg/Nm³ (44 ppb).

Tabel 1. Baku mutu udara ambien menurut Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No 69 Tahun 2010

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	900 µg/Nm ³
		24 jam	360 µg/Nm ³
		1 tahun	60 µg/Nm ³
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	30000 µg/Nm ³
		24 jam	10000 µg/Nm ³
		1 tahun	1000 µg/Nm ³
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	400 µg/Nm ³
		24 jam	150 µg/Nm ³
		1 tahun	100 µg/Nm ³
4.	Oksidan (O ₃)	1 jam	230 µg/Nm ³
		24 jam	100 µg/Nm ³
		1 tahun	50 µg/Nm ³
5.	Hidrokarbon (HC)	3 jam	160 µg/Nm ³
6.	PM 10 (Partikel < 10 µm)	24 jam	150 µg/Nm ³
		1 tahun	15 µg/Nm ³
	PM 2,5 (Partikel < 2,5 µm)	24 jam	50 µg/Nm ³
		1 tahun	15 µg/Nm ³
7.	TSP (debu)	24 jam	230 µg/Nm ³
		1 tahun	1 µg/Nm ³
8.	Timah Hitam (Pb)	24 jam	2 µg/Nm ³
		1 tahun	1 µg/Nm ³

Pada Tabel 1 terlampir baku mutu udara ambien dalam Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010. Baku mutu udara ambien ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah adanya pencemaran udara. Baku mutu udara sendiri merupakan ukuran batas atau kadar suatu unsur pencemaran udara yang dapat diketahui keberadaannya dalam udara ambien (Kurniawan, 2017).

2.3 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya komponen tertentu ke dalam udara yang berasal dari hasil aktivitas manusia secara langsung, tidak langsung, dan secara alami. Hal inilah yang mengakibatkan kualitas udara menurun sampai pada titik tertentu (Hidayatullah dan Mulansari, 2020). Pencemaran udara menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan, yaitu pencemaran disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, serta peristiwa alam seperti terjadinya kebakaran hutan, erupsi gunung berapi dan letusan gunung berapi yang mengeluarkan gas, debu, dan awan panas (Buanawati dkk., 2017).

Lingkungan hidup dapat dikatakan tercemar jika terjadi perubahan di lingkungan sehingga bentuknya tidak sama dengan bentuk aslinya karena terdapat zat atau benda asing yang masuk ke dalam lingkungan tersebut. Zat atau benda asing yang berupa polutan pada umumnya memiliki sifat beracun (toksik) yang berbahaya bagi makhluk hidup. Dampak negatif yang terjadi karena toksisitas atau daya racun polutan tersebut membuat lingkungan tercemar sehingga dapat membunuh organisme yang hidup di lingkungan tersebut (Fikri, 2022).

2.4 Sumber Pencemaran Udara

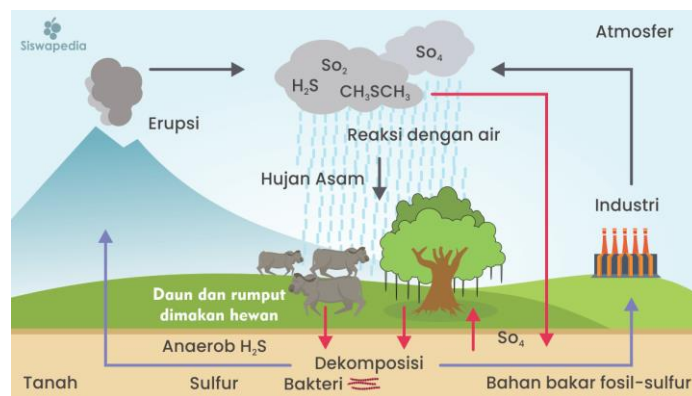
Pencemaran udara dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu pergesekan permukaan, penguapan, dan pembakaran. Pergesekan permukaan dapat didefinisikan sebagai penyebab utama pencemaran partikel padat di udara, contohnya seperti pengeboran, pengasahan kayu, minyak, aspal, dan baja yang dapat menghasilkan partikel dalam udara. Penguapan sendiri merupakan perubahan fase cair menjadi gas dimana pencemaran udara juga dapat terjadi karena zat-zat yang mudah menguap, contohnya seperti pelarut cat dan juga perekat. Kemudian pembakaran merupakan reaksi kimia yang berjalan cepat dan membebaskan energi, cahaya atau panas dimana pembakaran banyak menggunakan oksigen (O_2) kemudian menghasilkan oksida (Sastrawijaya, 2009).

2.5 Sulfur Dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan salah satu gas yang terdapat dalam udara dan menjadi salah satu zat pencemar atau polutan. Sulfur dioksida (SO_2) memiliki ciri-ciri tidak berwarna, memiliki bau yang tajam serta tidak dapat terbakar di udara (Fardiaz, 1992). Kadar sulfur dioksida (SO_2) di dalam udara sekitar 18%. Gas sulfur dioksida juga merupakan aerosol (suspensi cairan atau padatan dalam gas) (Sastrawijaya, 2009). Sulfur di alam dapat ditemukan dalam berbagai bentuk seperti mineral, gas dan sebagai penyusun protein di dalam tubuh organisme. Sulfur dapat berubah dari hidrogen sulfida menjadi sulfur dioksida kemudian menjadi sulfat dan kembali menjadi sulfida lagi dalam daur sulfur atau siklus sulfur yang merupakan salah satu bentuk daur biogeokimia (Widodo dkk., 2021).

Siklus sulfur dimulai dari dalam tanah ketika ion-ion sulfat diserap oleh akar kemudian terurai menjadi penyusun protein dalam tubuh tumbuhan. Hewan dan

manusia yang memakan tumbuhan akan menyebabkan protein pindah ke dalam tubuh sehingga senyawa sulfur akan mengalami metabolisme. Sisa-sisa hasil metabolisme akan diuraikan oleh bakteri pada lambung yang berupa gas dan dikeluarkan melalui kentut. Salah satu gas yang terkandung dalam kentut adalah sulfur dioksida (SO_2), semakin banyak sulfur dioksida (SO_2) yang terkandung maka akan semakin bau kentut yang dikeluarkan (Widodo dkk., 2021).



Gambar 2. Siklus Sulfur (Widodo dkk., 2021)

Hidrogen sulfida (H_2S) dihasilkan dari penguraian hewan dan tumbuhan yang mati oleh mikroorganismenya. Hasil penguraian hidrogen sulfida (H_2S) tetap berada dalam tanah dan sebagian dilepaskan ke udara dalam bentuk gas hidrogen sulfida (H_2S). Gas hidrogen sulfida (H_2S) yang berada di udara akan membentuk senyawa bersama oksigen menjadi sulfur dioksida (SO_2). Hidrogen sulfida (H_2S) yang tertinggal di dalam tanah akan diubah menjadi ion sulfat dan senyawa sulfur oksida dengan bantuan bakteri. Ion sulfat akan diserap kembali oleh tanaman sedangkan sulfur dioksida akan terlepas ke udara (Widodo dkk., 2021).

Siklus sulfur atau belerang pada atmosfer terjadi pada pelepasan sulfur organik dan hidrogen sulfida, contohnya dari pembakaran batubara atau BBM yang akan membentuk SO_2 yang kemudian terjadi reaksi fotokimia menjadi SO_3 lalu

bereaksi dengan air akan menjadi asam sulfat. Asam sulfat di udara akan bereaksi dengan oksigen dan air sehingga membuat asam sulfat (H_2SO_4) yang kemudian akan membentuk hujan asam. Namun, hujan asam juga dapat disebabkan oleh polusi udara seperti asap pabrik dan asap kendaraan bermotor (Widodo dkk., 2021).

Jumlah sulfur dioksida (SO_2) yang dihasilkan akibat oksidasi H_2S adalah 80 % dan sisanya berasal dari aktivitas manusia. Dari 20 % jumlah sulfur dioksida (SO_2) yang berasal dari aktivitas manusia terdapat 16 % yang diakibatkan oleh pembakaran zat-zat yang mengandung sulfur atau belerang seperti contohnya minyak bumi dan batubara. Sisanya berasal dari letusan gunung berapi dan pembakaran logam non-fero. Standar kandungan sulfur dioksida (SO_2) di udara pada daerah pemukiman dan perindustrian dapat dibedakan. Apabila dinyatakan dalam ppm dapat dilihat pada Tabel 2 (Sastrawijaya, 2009).

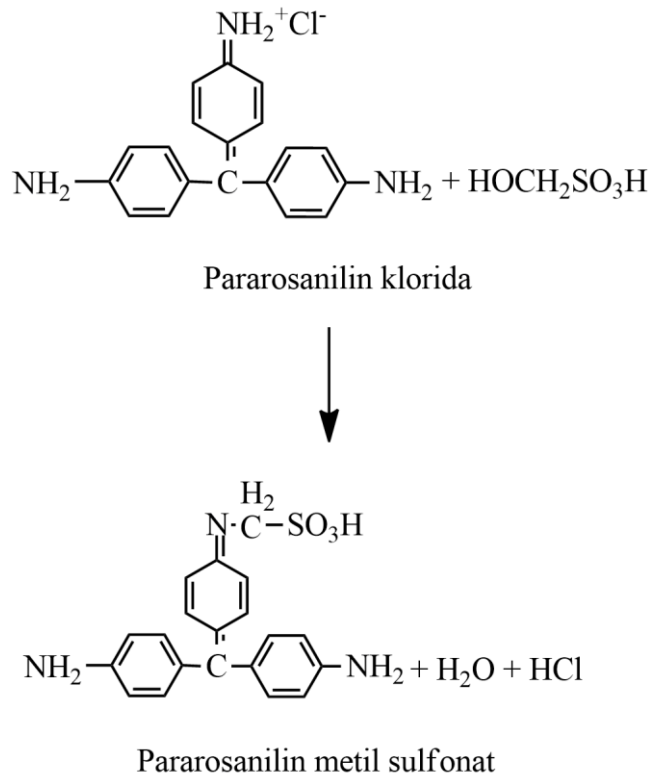
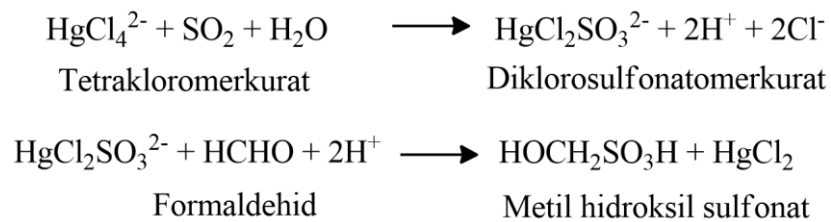
Tabel 2. Konsentrasi maksimum SO_2 dengan waktu (Sastrawijaya, 2009)

Periode, rata-rata	Konsentrasi maksimum SO_2	
	Pemukiman (ppm)	Industri/Dagang (ppm)
1 jam	0,025	0,40
24 jam	0,10	0,20
1 tahun	0,02	0,05

Kadar sulfur dioksida (SO_2) sebanyak 6 ppm akan melumpuhkan dan bahkan merusak organ pernafasan. Sulfur dioksida (SO_2) juga dapat bereaksi dengan uap air hingga membentuk asam sulfat yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan juga bagi logam (Sastrawijaya, 2009). Oleh karena itu, kadar sulfur dioksida (SO_2) di dalam udara perlu dicek secara berkala untuk mengetahui apakah sudah melewati ambang batas atau tidak.

Konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) di dalam udara ambien dapat ditentukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis dengan metoda

pararosanilin. Prinsipnya adalah gas sulfur dioksida (SO₂) diserap dalam larutan penjerap tetrakloromerkurat sehingga membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomerkurat, dengan menambahkan larutan pararosanilin dan formaldehida kedalam senyawa diklorosulfonatomerkurat maka akan terbentuk senyawa pararosanilin metil sulfonat yang berwarna ungu. Kemudian konsentrasi larutan di ukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 550 nm dan akan terjadi reaksi seperti gambar di bawah ini (Standar Nasional Indonesia, 2017; Putri dan Samsunar, 2020).



Gambar 3. Reaksi pembentukan pararosanilin metil sulfonat (Amalia dan Wahyuni, 2022).

2.6 Dampak Terhadap Kesehatan

Pada umumnya pengaruh pencemaran udara yang berupa gas lebih banyak menyerang alat pernapasan manusia. Beberapa contoh gangguan akut adalah *bronchitis kronis*, *pulmonary emphysema*, *bronchial asthma*, dan kanker paru-paru. Berdasarkan informasi *material safety data sheet* (MSDS) gas sulfur dioksida (SO₂) dapat menyebabkan iritasi mata, hidung, tenggorokan, sinus, edema paru, dan juga berujung pada kematian (Halulanga dkk., 2021). Pada ambang 0,3 ppm gas sulfur dioksida (SO₂) dapat dirasakan, dan pada kadar 0,25 ppm yang tercampur dalam 750 µg/Nm³ asap selama 24 jam dapat menyebabkan kematian. Bagi anak-anak dapat menimbulkan gangguan pernapasan pada kadar 0,046 ppm dalam suasana asap pada konsentrasi 100 µg dalam jangka lama. Beberapa penyakit yang dapat ditimbulkan dari kadar sulfur dioksida (SO₂) yang dihirup manusia dapat dilihat pada Tabel 3 (Ryadi, 1982).

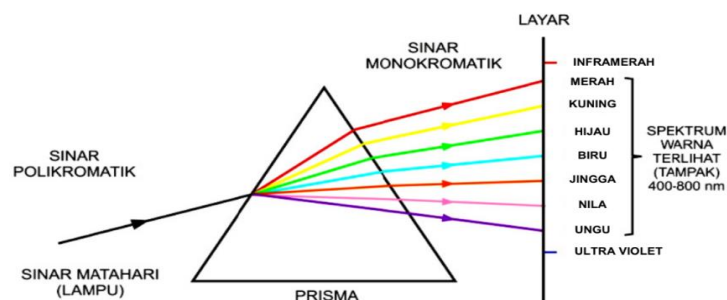
Tabel 3. Pengaruh sulfur dioksida (SO₂) terhadap manusia (Fardiaz, 1992)

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3-5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya.
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan.
20	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi mata. Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan batuk. Jumlah maksimum yang diperbolehkan kontak dalam waktu lama.
50-100	Jumlah maksimum yang diperbolehkan kontak dalam waktu singkat (30 menit).
400-500	Berbahaya meskipun kontak yang sangat singkat dan dapat mengakibatkan kematian.

2.7 Spektrofotometer UV-Vis

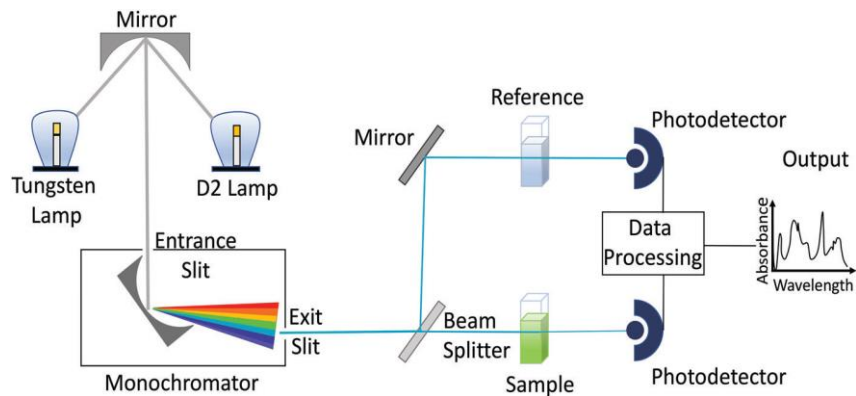
Spektrofotometri adalah studi mengenai metode untuk menghasilkan spektrum dimana interpretasi spektrum yang dihasilkan dapat digunakan untuk menganalisis unsur dan senyawa kimia, memeriksa struktur molekul dan juga menentukan komposisi suatu bahan atau zat (Pratiwi dan Nandiyanto, 2022). Metode ini sering digunakan dalam analisis kualitatif dan kuantitatif senyawa organik maupun senyawa anorganik. Metode ini umumnya digunakan untuk penentuan senyawa yang jumlahnya sangat kecil (Skoog dkk., 2016).

Spektrofotometri UV-Vis merupakan singkatan dari spektrofotometri ultra violet dan *visible* (cahaya tampak). Metode ini didasarkan pada pengukuran energi cahaya oleh suatu zat kimia pada panjang gelombang maksimum tertentu (Iskandar, 2017). Spektrofotometri UV-Vis adalah metode analisis cepat yang mengukur absorbansi atau transmisi cahaya. Panjang gelombang UV berkisar antara 100-380 nm, namun sebagian besar spektrofotometer memiliki rentang panjang gelombang kerja antara 200-1100 nm. Spektrofotometer UV-Vis bervariasi dari 200-800 nm, dimana diatas 800 nm adalah inframerah dan dibawah 200 nm adalah vakum UV (Rocha dkk., 2018). Secara singkat warna yang dihasilkan dari pantulan cahaya matahari atau lampu dapat dilihat dengan rentang panjang gelombang tertentu, dapat dilihat pada gambar 4 (Sastrohamidjojo, 2018).



Gambar 4. Pembiasan sinar matahari/lampu pada prisma (Sastrohamidjojo, 2018)

Menurut Rocha dkk., (2004), kemampuan untuk menyerap dan memancarkan cahaya ialah bagian yang menghasilkan warna dimana cahaya melewati media (transmisi), memantulkan dari kedua permukaan buram dan transparan, kemudian dibiaskan oleh kristal. Spektrofotometri UV-Vis mengarahkan sumber cahaya melalui sampel dan *detector* pada sisi yang berlawanan akan merekam cahaya yang ditransmisikan. Hasil yang didapatkan akan digambarkan dalam bentuk grafik yang berawal dari bawah dan memiliki puncak yang mengarah ke atas dimana panjang gelombang memiliki satuan nm (nanometer) pada sumbu x dan absorbansi (A) pada sumbu y. Pada gambar 4 lampu tungsten memancarkan cahaya tampak sementara lampu D2 menghasilkan sinar ultraviolet. Radiasi elektromagnetik diarahkan ke monokromator yang memilih panjang gelombang untuk sampel.



Gambar 5. Skema spektrofotometer UV-Vis untuk sinar ganda (Rocha dkk., 2018)

2.8 Verifikasi

Laboratorium pengujian wajib melakukan validasi atau verifikasi metode uji apabila menggunakan metode uji yang tidak baku, metode yang dikembangkan oleh laboratorium, serta metode yang digunakan di luar ruang lingkup yang dimaksudkan. Verifikasi juga merupakan konfirmasi melalui pengujian dan

pengadaan bukti yang objektif dimana persyaratan tertentu untuk suatu maksud secara khusus dipenuhi. Bukti objektif dapat berupa data pendukung kebenaran sesuatu dan persyaratan adalah kebutuhan yang dinyatakan secara umum diterapkan dan menjadi suatu keharusan. Secara singkat verifikasi adalah sebuah proses pembuktian bahwa metode yang digunakan sesuai dengan maksud dan tujuan tertentu (Sa'adah dan Winata, 2010).

2.8.1 Akurasi

Akurasi merupakan kesesuaian antara hasil analisis dengan nilai acuan analit yang dapat diterima. Akurasi dapat ditentukan dengan cara pemakaian *Certified Reference Material* (CRM) dan perbandingan metode lain dengan standar adisi. Sedangkan untuk mendapatkan nilai akurasi dari suatu metode dapat menggunakan uji t. Cara menentukan akurasi dengan CRM yaitu dilakukan analisis berulang sebanyak enam kali terhadap CRM yang memiliki konsentrasi analit dan matriks yang sama dengan contoh uji. Rata-ratakan kadar hasil uji, kemudian uji beda nyata (*t-student test*) dengan menggunakan konsentrasi analit sebenarnya dalam CRM dengan tingkat kepercayaan 95%. Metode terbukti akurat apabila rata-rata hasil uji tidak memberikan perbedaan nyata dengan nilai analit yang sebenarnya (Sa'adah dan Winata, 2010).

2.8.2 Presisi

Presisi yang meliputi *repeatability* dan *reproducibility* menunjukkan kedekatan diantara hasil-hasil pengujian independent dibawah kondisi yang sudah ditentukan. Nilai presisi sendiri dapat ditentukan dengan *repeatability* apabila dilakukan pada laboratorium, analisis serta alat yang sama. *Intra reproducibility* apabila dilakukan pada laboratorium yang sama namun dengan analisis yang

berbeda. Sedangkan *inter reproducibility* dilakukan pada laboratorium, analisis dan peralatan yang berbeda. Presisi ditentukan dengan menggunakan teknik reipitabilitas melalui suatu contoh homogen dan representatif dianalisis sebanyak minimal enam kali ulangan oleh analisis yang sama dan pada waktu yang berdekatan, serta menggunakan alat dan pereaksi yang sama. Hasil analisis kemudian dihitung nilai koefisien variasi (CV) kemudian dibandingkan dengan nilai $0,5 \times CV_{\text{Horwitz}}$. Metode memiliki *repeatability* yang baik jika diperoleh nilai $CV \leq 0,5 CV_{\text{Horwitz}}$ (Sa'adah dan Winata, 2010).

2.8.3 Linieritas

Linieritas merupakan kemampuan memberikan hasil uji secara langsung atau setelah transformasi matematika yang proposional dan dengan konsentrasi komponen uji dalam rentang tertentu. Linieritas suatu metode dapat ditentukan dengan contoh homogen dan stabil yang memiliki kandungan matriks yang diwakili dengan volume yang cukup. Analisis dilakukan secara berulang untuk menetapkan konsentrasi uji *baseline*, kemudian dibuat preparat deret kalibrasi dengan cara menambahkan secara kuantitatif analit standar yang sudah diketahui konsentrasinya secara pasti ke dalam contoh. Kemudian dilakukan analisis pada masing-masing preparat menggunakan metode yang akan divalidasi dengan pengulangan sebanyak dua kali. Metode dikatakan linier pada rentang konsentrasi tertentu apabila nilai koefisien korelasi (r) \geq nilai tabel pearson (Sa'adah dan Winata, 2010).

2.8.4 Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitatif (LoQ)

Batas deteksi dapat didefinisikan sebagai jumlah atau konsentrasi terkecil dari suatu analit dalam sampel yang dapat terdeteksi tetapi tidak perlu terkuantifikasi sehingga nilai yang dihasilkan tidak harus memenuhi kriteria akurasi dan presisi

(Torowati dan Galuh, 2014). Sedangkan batas kuantitatif dari suatu metode analisis adalah nilai parameter dalam penentuan kuantitatif senyawa yang terdapat dalam konsentrasi rendah dalam matriks. Batas kuantitatif juga merupakan konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima pada kondisi eksperimen yang ditentukan dan dinyatakan dalam konsentrasi analit (persen, ppm) dalam sampel (Satriadarma dkk., 2004).