

**Pembuatan Komparator Warna Sebagai Indikator Fisikokimia  
Pada Pengukuran Gas NO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Larutan  
Penyerap KI-Amilum**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Nur Faiza**

**0910920058**



**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2013**

**Pembuatan Komparator Warna Sebagai Indikator Fisikokimia  
Pada Pengukuran Gas NO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Larutan  
Penyerap KI-Amilum**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang Kimia

Oleh:

**Nur Faiza**

**0910920058**



**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2012**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMBUATAN KOMPARATOR WARNA SEBAGAI  
INDIKATOR FISIKOKIMIA PADA PENGUKURAN GAS NO<sub>2</sub>  
DI UDARA MENGGUNAKAN LARUTAN PENYERAP KI-  
AMILUM**

**Oleh:**

**Nur Faiza**

**0910920058**

**Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada  
tanggal.....  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

**Pembimbing I**

**Qonitah Fardiyah, S.Si., M.Si.**

**NIP. 197707052003122001**

**Pembimbing II**

**Akhmad Sabarudin, Dr.Sc.**

**NIP.197404181997021001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Kimia**

**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Sasangka Prasetyawan, MS**

**NIP. 196304041987011001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NUR FAIZA

NIM : 0910920058

Jurusan : Kimia

Penulis Tugas Akhir berjudul :

**PEMBUATAN KOMPARATOR WARNA SEBAGAI  
INDIKATOR FISIKOKIMIA PADA PENGUKURAN GAS NO<sub>2</sub>  
DI UDARA MENGGUNAKAN LARUTAN PENYERAP KI-  
AMILUM**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2013  
Yang menyatakan,

(NUR FAIZA)  
NIM. 0910920058

# Pembuatan Komparator Warna Sebagai Indikator Fisikokimia Pada Pengukuran Gas NO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Larutan Penyerap KI-Amilum

## ABSTRAK

Komparator warna merupakan suatu alat ukur sederhana untuk mengetahui kisaran konsentrasi dari suatu analit. Konsentrasi analit diperoleh berdasarkan perbandingan warna antara larutan analit dengan warna pada komparator. Telah dilakukan pembuatan komparator warna gas NO<sub>2</sub> menggunakan larutan penyerap KI-Amilum. Pada penelitian ini dilakukan sintesis gas NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari reaksi tembaga dan larutan HNO<sub>3</sub> pekat dengan pengenceran udara bebas. Gas NO<sub>2</sub> yang terbentuk dialirkan ke dalam impinger yang berisi larutan penyerap KI-Amilum. Proses absorpsi gas NO<sub>2</sub> menyebabkan larutan penyerap KI-Amilum berubah warna. Larutan penyerap yang telah berubah warna diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 610 nm. Variabel penelitian ini meliputi variasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang telah dihitung berdasarkan nilai ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) yaitu 200, 565, 938, 1130, 1875, 2260, 3000, dan 3750 µg/L. Komparator warna dibuat dengan cara memfoto warna pada larutan penyerap setelah pemaparan gas NO<sub>2</sub> dengan konsentrasi yang berbeda. Dari hasil penelitian diperoleh komparator warna gas NO<sub>2</sub> menggunakan larutan penyerap KI-Amilum. Pemaparan gas NO<sub>2</sub> dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh pada intensitas warna kompleks yang dibentuk pada larutan penyerap KI-amilum. Konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang dipaparkan menghasilkan hubungan yang linier dengan perubahan warna larutan penyerap KI-amilum.

**Kata kunci:** Nitrogen dioksida, KI-amilum, komparator warna

# The Making of Color Comparator as Physicochemical Indicator in Measurement of NO<sub>2</sub> Gas in The Air Using KI-Starch Absorption Solution

## ABSTRACT

Color comparator is a simple tool to measure the amount of an analyte. The concentration of an analyte is obtained by comparing the color of the analyte solution with the color shown by the comparator. The color comparator for NO<sub>2</sub> gas is made based on the reaction of NO<sub>2</sub> gas with Potassium Iodide-starch as absorbing solution. In this research, NO<sub>2</sub> gas was generated by the reaction of copper and concentrated HNO<sub>3</sub> solution in ambient air. NO<sub>2</sub> gas formed was collected into an impinger tube containing absorbing solution of Potassium Iodide-starch. The absorption of NO<sub>2</sub> gas resulted in the color change of Potassium Iodide-starch as absorbing solution which was further detected the wave length at 610 nm. The NO<sub>2</sub> concentrations are calculated based on the ISPU (*Air Pollution Standards Index*) i.e., 200, 565, 938, 1130, 1875, 2260, 3000 and 3750 µg/L. Color comparator was made by photographing color on absorbing solution after the exposure of NO<sub>2</sub> gas at different concentrations. From this research, color comparator for NO<sub>2</sub> gas was obtained by using a Potassium Iodide-starch absorbent solution. The exposure of NO<sub>2</sub> gas with different concentrations was found to affect the intensity of the complex color formed in Potassium Iodide-starch as absorbing solution. It was found the concentrations of NO<sub>2</sub> gas showed a linear relationship with the change of color Potassium Iodide-starch absorbent solution.

**Keywords:** Nitrogen dioxide, Potassium Iodide-starch, color comparator

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah sehingga penulisan Tugas Akhir yang berjudul **Pembuatan Komparator Warna Sebagai Indikator Fisikokimia Pada Pengukuran Gas NO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Larutan Penyerap KI-Amilum** dapat selesai dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Ungkapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Qonitah Fardiyah, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Akhmad Sabarudin, Dr.Sc selaku pembimbing II atas ilmu, bimbingan, nasehat, kesabaran dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang diberikan untuk perbaikan naskah Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya atas segala ilmu dan bantuan yang diberikan.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, perhatian dan nasehat, serta dukungan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Semua teman-teman di Jurusan Kimia angkatan 2009 dan Forkalam FMIPA UB atas do'a, semangat dan dukungannya.
6. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan dan penyempurnaan Tugas Akhir ini sehingga dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Malang, 2013

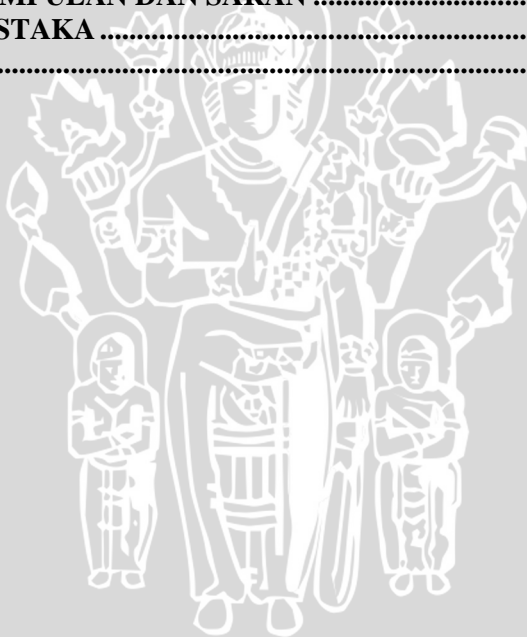
Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pencemaran Udara.....	4
2.2 Sumber Pencemaran Udara.....	4
2.3 Baku Mutu Udara Ambien.....	5
2.4 Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ).....	5
2.5 Sumber NO <sub>x</sub> .....	6
2.6 Karakteristik dan Dampak Negatif NO <sub>2</sub> .....	7
2.7 Cara Sintesis NO <sub>2</sub> .....	8
2.8 Metode Analisa NO <sub>2</sub> .....	8
2.9 Absorpsi Gas.....	11
2.10 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).....	12
2.11 Satuan Konsentrasi.....	13
2.12 Spektrofotometri Sinar Tampak.....	13
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Alat Penelitian.....	14
3.2 Bahan Penelitian.....	14
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	14
3.4 Tahapan Penelitian.....	14
3.5 Prosedur Kerja Penelitian.....	14
3.5.1 Preparasi rangkaian alat pembuatan gas NO <sub>2</sub> .....	14



3.5.2 Preparasi larutan penyerap KI-Amilum .....	16
3.5.2.1 Pembuatan larutan Stok KI 0,16M.....	16
3.5.2.2 Pembuatan larutan KI $16 \times 10^{-3}$ M.....	16
3.5.2.3 Pembuatan larutan amillum 1% .....	16
3.5.3 Pengaruh variasi konsentrasi gas NO <sub>2</sub> .....	17
3.5.4 Pembuatan kurva baku nitrit.....	17
3.5.5 Pembuatan kompartor warna .....	18
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Preparasi Rangkaian Alat Pembuatan Gas NO <sub>2</sub> .....	19
4.2 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum.....	21
4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Gas NO <sub>2</sub> terhadap Larutan Penyerap KI-Amilum .....	23
4.4 Pembuatan Komparator Warna.....	26
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>34</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1	Rangkaian Alat Pembuatan Gas $\text{NO}_2$ .....15
Gambar 4.1	Rangkaian Alat .....19
Gambar 4.2	Spektrum Absorpsi $\text{I}_2$ -Amilum .....21
Gambar 4.3	Kurva hubungan antara konsentrasi gas $\text{NO}_2$ dengan absorbansi larutan penyerap .....24
Gambar 4.4	Kurva hubungan antara konsentrasi gas $\text{NO}_2^-$ dengan absorbansi larutan penyerap .....25
Gambar L.3.1	Kurva Baku Nitrit .....44



## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1	Perubahan Warna Larutan Penyerap Setelah Pemaparan Gas NO <sub>2</sub> .....	27
Tabel B.1	Data Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum ....	38
Tabel B.2	Data Kurva Baku nitrit.....	38
Tabel B.3	Data Pengukuran Absorbansi Larutan Penyerap .....	39
Tabel L.3.5	Data Kurva Baku Nitrit	42
Tabel D.1	Baku Mutu Udara Ambien Nasional.....	46
Tabel D.2	Turunan Nitrogen Oksida .....	46
Tabel D.3	Respon Manusia Terhadap Pemaparan NO <sub>2</sub> Jangka Pendek.....	47
Tabel D.4	Pengaruh ISPU untuk Polutan NO <sub>2</sub> .....	48
Tabel D.5	Batas ISPU Gas NO <sub>2</sub> .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Diagram Alir Penelitian .....	34
A.1 Rancangan Percobaan.....	34
A.2 Tahapan Penelitian .....	35
A.3 Preparasi Rangkaian Alat Pembuatan Gas NO <sub>2</sub> .....	35
A.4 Preparasi Larutan Penyerap KI-Amilum .....	36
A.5 Pembuatan Larutan Amilum 1% .....	36
A.6 Variasi Konsentrasi NO <sub>2</sub> .....	37
Lampiran B Data Hasil Penelitian.....	38
Lampiran C Perhitungan .....	40
C.1 Pembuatan Larutan Induk KI 0,16M .....	40
C.2 Pembuatan Larutan KI 16×10 <sup>-3</sup> M.....	40
C.3 Penentuan Konsentrasi Yang Di Analisa Pada Masing-Masing Rentang ISPU.....	40
C.4 Pembuatan Gas NO <sub>2</sub> .....	41
C.5 Perhitungan Kurva Baku Nitrit.....	42
C.6 Perhitungan Konsentrasi gas NO <sub>2</sub> yang terkonversi menjadi NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> .....	44
Lampiran D Pelengkap Tinjauan Pustaka .....	46

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udara ambien yang sehat komponennya terdiri dari gas Nitrogen dengan jumlah yang paling banyak, diikuti oksigen, argon dan beberapa jenis gas lain dalam jumlah yang cukup kecil. Semakin hari pencemaran udara semakin berkembang. Menurut Sutardi [1], gas oksida nitrogen ini memiliki kedudukan sebagai pencemar tingkat 3 setelah gas CO dan hidrokarbon, yaitu kontribusi pencemarannya sebesar 73,40%. Gas NO dapat bereaksi dengan O<sub>2</sub> membentuk gas NO<sub>2</sub> [2]. Berdasarkan ISPU konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dalam kategori tidak sehat sebesar 1.130-2.259 µg/m<sup>3</sup> dan tergolong berbahaya jika melebihi konsentrasi 2.260 µg/m<sup>3</sup> [3].

Gas NO<sub>2</sub> merupakan salah satu polutan di udara yang dapat memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup. Nitrogen ketika dioksidasi akan menghasilkan gas NO yang kemudian jika oksidasi berlanjut maka akan dihasilkan gas NO<sub>2</sub>. Gas ini ketika bereaksi dengan air di atmosfer maka akan membentuk asam nitrat yang berperan dalam terjadinya hujan asam [14].

Perlu dilakukan pengukuran gas NO<sub>2</sub> untuk mengetahui kadar NO<sub>2</sub> di udara. Menurut Leni *et al.* [6], larutan penyerap yang banyak digunakan dalam pengukuran gas NO<sub>2</sub> adalah NED atau reagen griess. Namun, menurut Anonymous [7], larutan penyerap NED relatif mahal dan berbahaya dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Begitu pula larutan penyerap lainnya seperti HCl, asam sulfanilat yang merupakan komponen dari larutan penyerap griess saltzman yang dapat menyebabkan iritasi.

Rakhwanto [8] memberikan alternatif terbaru mengenai larutan penyerap yang lebih baik dalam pengukuran gas NO<sub>x</sub> dengan metode absorpsi gas, yaitu larutan Kalium Iodida dengan penambahan sedikit amilum. Konsentrasi larutan KI yang menghasilkan penyerapan gas NO<sub>x</sub> yang paling optimum adalah sebesar  $16 \times 10^{-3}$  M dengan waktu pemaparan yang paling efektif selama 45 menit.

Dalam pembuatan indikator fisikokimia diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuat komparator warna dengan larutan penyerap yang terbaik. Hal ini dikarenakan pada pengukuran menggunakan indikator fisikokimia diperlukan komparator warna sebagai pembanding ketika gas polutan  $\text{NO}_2$  dianalisa. Pembuatan komparator warna dipengaruhi oleh pemilihan larutan penyerap.

Larutan penyerap KI-Amilum akan mengalami perubahan warna setelah mengalami pemaparan gas  $\text{NO}_2$ . Perubahan warna itulah yang nantinya akan menjadi dasar dalam pembuatan komparator warna sebagai indikator fisikokimia sehingga memudahkan dalam pengukuran konsentrasi gas  $\text{NO}_2$ . Perlu dilakukan penelitian apakah larutan penyerap KI-Amilum dapat memberikan perubahan warna yang signifikan ketika gas  $\text{NO}_2$  dipaparkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pembuatan komparator warna dengan melakukan variasi gas  $\text{NO}_2$  sehingga diperoleh indikator fisikokimia yang efektif dan efisien.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pemaparan gas  $\text{NO}_2$  pada konsentrasi yang berbeda terhadap intensitas warna larutan penyerap KI-Amilum?
2. Bagaimana hasil komparator warna yang dibuat berdasarkan perubahan warna larutan penyerap KI-Amilum dengan konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang berbeda?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Gas  $\text{NO}$  buatan berasal dari reaksi  $\text{Cu}$  (s) dengan  $\text{HNO}_3$  65% (v/v)
2. Konsentrasi larutan penyerap Kalium Iodida (KI) yaitu  $16 \times 10^{-3}$  M
3. Waktu pemaparan gas  $\text{NO}_x$  dengan larutan penyerap selama 45 menit
4. Suhu penyimpanan larutan antara  $26-28^\circ\text{C}$
5. Laju alir gas 400 mL/menit
6. Variabel penelitian: variasi konsentrasi gas  $\text{NO}_x$  200, 565, 938, 1130, 1875, 2260, 3000 dan  $3750 \mu\text{g/L}$
7. Komparator warna dibuat menggunakan larutan penyerap KI-Amilum

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa pengaruh pemaparan gas  $\text{NO}_2$  pada konsentrasi yang berbeda terhadap intensitas warna larutan penyerap KI-Amilum.
2. Melakukan pembuatan komparator warna pada pengukuran gas  $\text{NO}_2$  menggunakan larutan penyerap KI-Amilum.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini yaitu menghasilkan komparator warna dengan larutan penyerap KI-Amilum sebagai alat uji alternatif yang lebih efektif dan efisien untuk mendeteksi keberadaan gas  $\text{NO}_2$  di udara sehingga dapat dilakukan pengontrolan terhadap konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  di udara ambien.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pencemaran Udara

Udara dapat diartikan sebagai campuran dari berbagai macam jenis gas dengan perbandingan yang tidak tetap, dimana perbandingan komposisinya dipengaruhi oleh kondisi suhu udara, tekanan udara dan keadaan lingkungan sekitarnya. Gas-gas dalam udara antara lain gas oksigen  $O_2$ , ozon  $O_3$ , gas-gas mulia, nitrogen oksida  $NO_x$ , metana, belerang dioksida  $SO_2$ , ammonia, hidrokarbon dan gas rumah kaca. Udara dikatakan tercemar apabila komposisi udara pada umumnya mengalami perubahan dari komposisi udara normal sehingga menyebabkan kehidupan manusia, hewan dan binatang menjadi terganggu [9].

Komposisi normal dari suatu udara ambien yaitu gas nitrogen 78,1%, oksigen 20,93%, karbondioksida 0,03% dan selebihnya adalah gas lain [11]. Polutan merupakan substansi yang tidak termasuk sebagai bagian dari komposisi udara normal [11]. Macam-macam gas pencemar utama yang paling berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan seluruh makhluk hidup antara lain gas Karbon Monooksida (CO), Nitrogen Oksida ( $NO_x$ ), Belerang Oksida ( $SO_x$ ), Hidrokarbon (HC), Partikulat dan gas rumah kaca [9].

#### 2.2 Sumber Pencemaran Udara

Menurut sugiarti [9], pencemaran udara disebabkan oleh dua macam faktor, yaitu faktor internal yang terjadi secara alamiah dan faktor eksternal yang terjadi karena ulah manusia. Pencemaran udara di Indonesia sekitar 70% disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Polutan biasanya dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar minyak sehingga yang semula pembakaran menghasilkan  $CO_2$  dan  $H_2O$  saja, terjadi pula gas lainnya seperti H, C, CO,  $NH_3$ , NO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $H_2SO_4$ , OH dan  $O_3$ .



Jenis polutan dapat dibagi berdasarkan struktur kimianya menurut Chandra [11], yaitu:

1. Partikel misalnya debu, abu, dan metal seperti PB, nikel, Kadmium, dan Berilium.
2. Gas Anorganik, misalnya NO, CO, SO<sub>2</sub>, Amoniak dan Hidrogen.
3. Gas Organik, misalnya Hidrokarbon, Benzen, Etilen, Asetilen, Aldehida, Keton, Alkohol dan asam-asam organik.

### **2.3 Baku Mutu Udara Ambien**

Baku mutu udara dibedakan menjadi dua, yaitu baku mutu udara ambien dan baku mutu udara emisi. Baku mutu udara ambien merupakan batas kadar zat pencemar yang masih diperbolehkan berada di udara, selama zat pencemar tersebut tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup dan benda yang ada di lingkungan sekitar. Sedangkan baku mutu udara emisi merupakan batas kadar zat pencemar yang diperbolehkan untuk dikeluarkan dari sumber pencemaran ke udara bebas sehingga tidak menyebabkan terlampauinya baku mutu udara ambien [10]. Baku mutu udara ambien berdasarkan peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 ditunjukkan pada Lampiran Tabel D.1 [13].

### **2.4 Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**

Senyawa nitrogen pada atmosfer akan mengalami reaksi kimia sehingga akan membentuk delapan jenis oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), antara lain Nitrik oksida (NO), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), nitrogen seskuioksida (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nitrogen tetraoksida (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dan nitrogen pentaoksida (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Senyawa yang berperan penting dalam pencemaran udara adalah NO dan NO<sub>2</sub>, sedangkan N<sub>2</sub>O merupakan gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global, namun konsentrasinya tidak terlalu besar di atmosfer [14]. Standar konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara menurut EPA [18] sebesar 0,053 ppm (100 µg/m<sup>3</sup>).

Nitrogen ketika dioksidasi akan menghasilkan gas NO yang kemudian jika oksidasi berlanjut maka akan dihasilkan gas NO<sub>2</sub>. Gas ini ketika bereaksi dengan air di atmosfer maka akan membentuk asam nitrat yang berperan dalam terjadinya hujan asam [14].

Beberapa senyawa yang termasuk turunan dari nitrogen oksida dapat dilihat pada Lampiran Tabel D.2.

Sifat-sifat dari oksida nitrogen antara lain [14]:

1. Mudah bereaksi dengan air dan oksigen pada atmosfer sehingga dapat membentuk asam nitrat dan menyebabkan hujan asam.
2. Oksida nitrogen dapat mengalami transformasi membentuk PM<sub>10</sub>.
3. Dapat bersifat iritant jika memiliki konsentrasi yang besar di atmosfer.
4. Sumber utama oksida nitrogen di atmosfer adalah dari pembakaran yang tak sempurna, misal dari pembangkit listrik batubara dan kendaraan bermotor.
5. Pembentukan oksida nitrogen pada suatu proses pembakaran dapat diatur untuk dikurangi dengan cara memanipulasi waktu, temperatur dan kandungan oksigen.
6. Oksida nitrogen mengalami dua tahap pembentukan asam sesuai reaksi 2.1 dan 2.2:



## 2.5 Sumber NOx

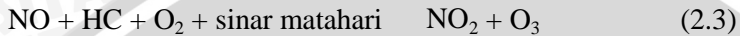
Secara teritis ada tiga teori yang menjelaskan bagaimana terbentuknya gas NOx, yaitu [9]:

1. Terbentuk karena Thermal NOx (Extended Zeldovich Mechanism). Proses ini disebabkan gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu yang cukup tinggi pada ruang pembakaran bersuhu >1800 K. Thermal NOx ini didominasi oleh emisi NO (NOx = NO + NO<sub>2</sub>).
2. promptNO. Formasi NOx ini akan terbentuk dengan cepat pada zona pembakaran. Menurut Alfiah [14] prompt NOx tidak dapat terbentuk melalui pemanasan yang hanya melibatkan oksigen dan nitrogen, sehingga memerlukan peranan karbon aktif dari bahan bakar agar prompt NOx dapat terbentuk.
3. FuelNOx. NOx formasi ini dihasilkan dari kandungan N dalam bahan bakar.

Kira-kira 90% emisi NOx disebabkan oleh proses emisi thermal NOx dan tercatat bahwa dengan penggunaan HFO (Heavy

Fuel Oil) yang merupakan bahan bakar yang biasa digunakan di kapal, menyumbangkan emisi NO<sub>x</sub> sebesar 20-30% [12]. Kilatan petir dapat menghasilkan thermal NO<sub>x</sub> [14].

Pembentukan NO<sub>x</sub> secara alami di atmosfer berdasarkan persamaan reaksi 2.3 dan 2.4 [14]:



M merupakan molekul lain, misalnya N<sub>2</sub> atau O<sub>2</sub> yang akan membawa energi. NO<sub>2</sub> akan didekomposisi oleh sinar foton menghasilkan NO dan radikal O. Radikal O dapat bereaksi dengan O<sub>2</sub> membentuk O<sub>3</sub>, kemudian O<sub>3</sub> bereaksi dengan NO membentuk NO<sub>2</sub> dan melepaskan O<sub>2</sub>. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> dapat terjadi hanya pada temperatur tertentu. Temperatur rendah menyebabkan konsentrasi kesetimbangan NO<sub>2</sub> lebih tinggi dibanding NO, sedangkan pada temperatur tinggi terjadi sebaliknya.

## 2.6 Karakteristik dan Dampak Negatif NO<sub>2</sub>

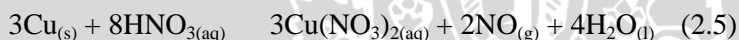
Nitrogen oksida dalam udara apabila dihirup oleh manusia, maka dapat menyebabkan kerusakan paru-paru. Nitrogen oksida setelah bereaksi dengan atmosfer akan membentuk partikel-partikel nitrat yang amat halus sehingga dapat menembus bagian terdalam dari paru-paru. Selain itu, senyawa ini jika bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dengan sempurna dan ditambahkan dengan zat hidrokarbon lain, maka akan membentuk ozon rendah nama lain dari smog kabut berawan coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia dan tentunya akan mengganggu penglihatan dan pernapasan [9].

Nitrogen dioksida dapat menimbulkan iritasi dan pulmonary fibrosis akut. Konsentrasi yang tinggi di atmosfer sangat berbahaya bagi kesehatan. Dapat menyebabkan peningkatan penderita bronchitis pada anak-anak. Pada tanaman, NO<sub>2</sub> menyebabkan rusaknya jaringan mesophyl sehingga muncul bercak coklat atau putih pada permukaan daun dan menyebabkan penurunan laju pertumbuhan tanaman [14].

$\text{NO}_2$  di atmosfer dapat membentuk ozon dan hujan asam. Ozon dalam hal ini, bukanlah ozon yang berada di stratosfer tapi ozon yang berada di troposfer. Ozon yang berada di stratosfer tentulah sangat berguna karena berfungsi sebagai pelindung bagi makhluk di bumi dari bahaya sinar ultraviolet. Sedangkan ozon di troposfer yang merupakan hasil sintesis akibat adanya gas  $\text{NO}_2$  berbahaya bagi makhluk hidup. Udara pada troposfer merupakan udara ambient, jika keberadaan ozon banyak, maka akan mengganggu pernapasan makhluk hidup karena makhluk hidup lebih membutuhkan oksigen untuk bernapas [18]. Pada lampiran Tabel D.3 menunjukkan respon manusia terhadap pemaparan gas  $\text{NO}_2$  jangka pendek.

### 2.7 Cara Sintesis $\text{NO}_2$

Gas NO dapat dibuat dengan mereaksikan logam Cu dengan  $\text{HNO}_3$  sesuai dengan reaksi 2.5 [15]:



Gas  $\text{NO}_2$  terbentuk dari reaksi antara NO dengan  $\text{O}_2$  sesuai persamaan reaksi 2.6 [16]:



### 2.8 Metode Analisa $\text{NO}_2$

Biasanya metode yang digunakan dalam penentuan kadar  $\text{NO}_x$  di udara antara lain metode spektrometri massa, spektroskopi infra red, dan kromatografi gas [4]. Sedangkan Salem, dkk [5], menggunakan teknik kromatografi ion dan analisa potensiometri dengan larutan penyerap NaI, NaOH dan methanol. Berdasarkan EPA, pada pengukuran NO dengan kromatografi ion dapat menggunakan larutan penyerap yang berasal dari campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Metode pemantauan gas  $\text{NO}_x$  seperti yang dilakukan Putri [20] yaitu metode sampling pasif telah banyak dilakukan. Pada metode ini digunakan jenis *tube sampler* dan dengan menggunakan prinsip difusi. Difusi merupakan proses transfer massa tanpa adanya aliran. Adsorben untuk penyerapan gas  $\text{NO}_x$  berasal dari campuran

TEA (tri-ethanolamine) dan aseton. Setelah bereaksi dengan TEA, gas NO<sub>2</sub> diubah menjadi ion nitrit. Setelah satu minggu dari waktu pengambilan sampel, adsorben kemudian diekstrak dengan menggunakan larutan Saltzman. Larutan ekstraksi tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

Metode chemiluminescence merupakan salah satu metode analisa NO<sub>2</sub> dimana memerlukan ozon dalam pengukuran. Ozon ditambahkan dalam sampel gas yang mengandung oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) sehingga teroksidasi membentuk nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Nitrogen dioksida tersebut tereksitasi membentuk NO<sub>2</sub>\* yang dalam proses eksitasi tersebut dapat memancarkan cahaya [19]. Reaksinya yaitu pada persamaan reaksi 2.7 dan 2.8.



Reaksi tersebut berlangsung cepat dan hanya meliputi NO, sedangkan pada gas lain berdampak kecil [19].

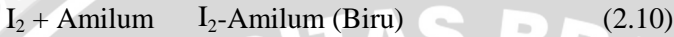
Metode Griess Saltzman termasuk dalam metode kolorimetri untuk mendeteksi dan menganalisa gas NO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu turunan dari gas nitrogen oksida. Gas NO<sub>2</sub> ini teranalisa dari gas NO yang teroksidasi sehingga membentuk NO<sub>2</sub>. Gas NO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan larutan absorber NED (Naphthyl-ethylene diamine dihydrochloride) membentuk warna merah keunguan yang absorbansinya dapat diukur menggunakan spektrofotometer. Kepekaan metode ini dalam mengukur konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 5 ppm [21]. Pada metode ini, NO<sub>2</sub> direaksikan dengan asam sulfanilat sehingga membentuk garam diazonium dan garam ini mudah bereaksi dengan NED [6].

Pada penentuan NO<sub>x</sub> dapat juga dengan teknik absorpsi. Kolom impinger digunakan sebagai tempat larutan penyerap dengan komponen larutan Natrium Iodida sehingga konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terserap sebanding dengan nilai absorbansi kompleks I<sub>2</sub>. Jumlah I<sub>2</sub> yang terbentuk sebanding dengan I yang tereduksi dengan adanya NO<sub>x</sub> dan gas NO<sub>x</sub> teroksidasi menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sehingga reaksi

penentuan konsentrasi gas nox ini menggunakan prinsip reaksi redoks [5]. Persamaan reaksinya pada persamaan 2.9.

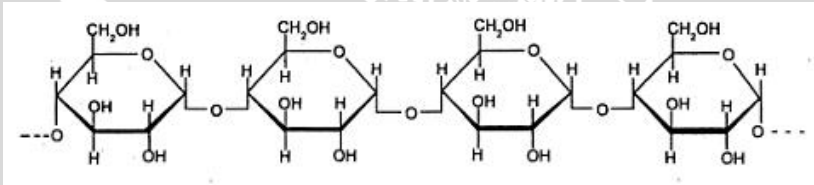


Pembentukan kompleks iod dan amilum sesuai dengan reaksi 2.10 sebagai berikut [15]:



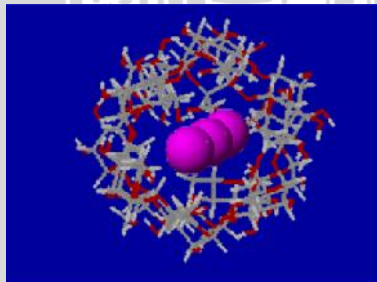
Analisa  $\text{NO}_2$  menggunakan larutan penyerap KI-Amilum lebih optimal dibandingkan penyerap lain yang dibuktikan dengan efisiensi gas yang mencapai 70% [8].

Amilum memiliki rumus kimia  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ . Gambar struktur amilum diperlihatkan pada Gambar 2.1 [30].



**Gambar 2.1:** Struktur molekul amilum

Amilum akan bereaksi dengan Iodine membentuk warna biru ketika Iodine masuk ke dalam bagian kosong pada struktur amilum yang berbentuk spiral [31].



**Gambar 2.2:** Kompleks Iodin-Amilum

## 2.9 Absorpsi Gas

Absorpsi gas-cair merupakan proses absorpsi yang bersifat heterogen, dimana pada proses absorpsi ini terjadi pergerakan komponen gas yang dapat larut berpindah menuju zat cair yang memiliki sifat tidak mudah menguap. Absorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu absorpsi fisik dan kimia. Absorpsi fisik terjadi jika dalam proses pelarutan gas tanpa disertai adanya reaksi kimia, sedangkan pada proses absorpsi kimia pelarutan gas disertai dengan reaksi kimia [17].

Proses absorpsi dari gas  $\text{NO}_2$  dengan larutan penyerap adalah sebagai berikut [22]:

1. Terjadi difusi gas  $\text{NO}_2$  dari fase ruah menuju antarmuka dari gas  $\text{NO}_2$ -absorban.
2. Gas  $\text{NO}_2$  tersebut kemudian ditransfer melalui lapisan antarmuka menuju fasa cair dari larutan absorban dengan waktu yang singkat.
3. Akhirnya gas  $\text{NO}_2$  terdifusi dalam larutan penyerap dan memberikan tempat kestabilan untuk molekul gas  $\text{NO}_2$  yang terserap berikutnya.

Beberapa kriteria atau persyaratan yang harus dimiliki larutan yang digunakan sebagai larutan penyerap antara lain [28]:

### 1. Kelarutan

Larutan penyerap yang tepat harus memiliki kemampuan melarutkannya yang tinggi pada gas yang akan dianalisa. Reaksi kimia antara gas yang terlarut dengan pelarut meningkatkan laju absorpsi.

### 2. Selektif

Larutan penyerap tidak melarutkan gas yang lain selain yang dianalisa. Dalam kata lain, larutan yang baik harus selektif.

### 3. Volatilitas

Larutan penyerap yang baik memiliki volatilitas yang rendah atau memiliki tekanan uap yang rendah.

### 4. Viskositas

Larutan penyerap harus memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat mengalir dengan mudah.

5. Sifat korosi

Larutan penyerap yang sebaiknya digunakan merupakan larutan penyerap yang bersifat non korosif sehingga tidak merusak bahan-bahan yang digunakan.

6. Harga

Sebaiknya digunakan larutan penyerap yang murah sehingga dapat menghemat biaya.

7. Bahaya dan Toksisitas

Larutan penyerap sebaiknya yang tidak berbahaya dan tidak beracun serta yang tidak mudah terbakar.

### 2.10 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan angka yang menunjukkan keragaman informasi kualitas udara ambient pada lokasi tertentu, dimana angka ini ditentukan berdasarkan dampak kualitas udara tersebut terhadap kesehatan manusia, estetika dan makhluk hidup lainnya [22]. Pengaruh ISPU untuk Polutan  $\text{NO}_2$  ditunjukkan pada lampiran tabel D.4 [23].

Perhitungan Batas Indeks Standar Pencemar Udara berdasarkan persamaan 2.16 [23].

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (2.16)$$

Dimana:

I = ISPU Terhitung

$I_a$  = ISPU batas atas

$I_b$  = ISPU batas bawah

$X_a$  = Ambien Batas atas

$X_b$  = Ambien batas bawah

$X_x$  = Kadar ambient nyata hasil; pengukuran



## 2.11 Satuan Konsentrasi

Satuan konsentrasi untuk gas dinyatakan dalam satuan ppm atau  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [24]. Konversi satuan ppm menjadi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  berdasarkan persamaan 2.17 [25].

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g}/\text{m}^3 \times R \times T}{M_r \times 1000 \times P} \quad (2.17)$$

Dimana, R= tetapan gas universal 0,082 L.atm/K.mol dan T = suhu (K)

Pengenceran gas dihitung menggunakan persamaan 2.18.

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_3 \times M_3 \\ V_3 &= V_1 + V_2 \end{aligned} \quad (2.18)$$

Dimana,  $V_1$  adalah laju alir gas  $\text{NO}_2$ ,  $V_2$  adalah laju alir udara bebas,  $V_3$  adalah laju alir total pompa,  $M_1$  adalah konsentrasi awal gas  $\text{NO}_2$  dan  $M_3$  adalah konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  yang diinginkan.

## 2.12 Spektrofotometri Sinar Tampak

Metode spektrofotometri sinar tampak berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh larutan yang berwarna. Jumlah cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi larutan sehingga memungkinkan pengukuran jumlah zat penyerap dalam larutan secara kuantitatif [26].

Hukum Lambert-Beer dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu senyawa melalui persamaan hubungan absorbansi dan konsentrasi. Persamaan Lambert-Beer ditunjukkan pada persamaan 2.19 [27].

$$A = \frac{\log I_0}{\log I_t} = a.b.c \quad (2.19)$$

Dimana: A adalah Absorbansi,  $I_0$  intensitas sinar datang,  $I_t$  intensitas sinar yang ditransmisikan, a merupakan absorbtivitas ( $\text{L.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ ), b merupakan ketebalan kuvet (cm) dan c merupakan konsentrasi senyawa yang dianalisa (g/l).

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain neraca analitik Radwag Series AS 220, tabung impinger 20 mL, pipet mikro-assipette digital no. 115, Oven (Memmert-Germany), Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu Model 160A *double beam* dan kuvet, flowmeter manostat, Pompa udara, Selang, Botol semprot, Kran kaca, Statif, Stopwatch, Bola Hisap dan Desikator.

#### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki derajat kemurnian pro analisis (p.a) kecuali disebutkan lain yaitu asam nitrat pekat (65%;  $\rho$  1,41 g/mL) (Merck, Jerman), serbuk tembaga (p.a), Kalium Iodida (p.a), Amilum (p.a), dan akuades.

#### 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari Bulan Agustus hingga Bulan November 2012 di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.4 Tahapan Penelitian

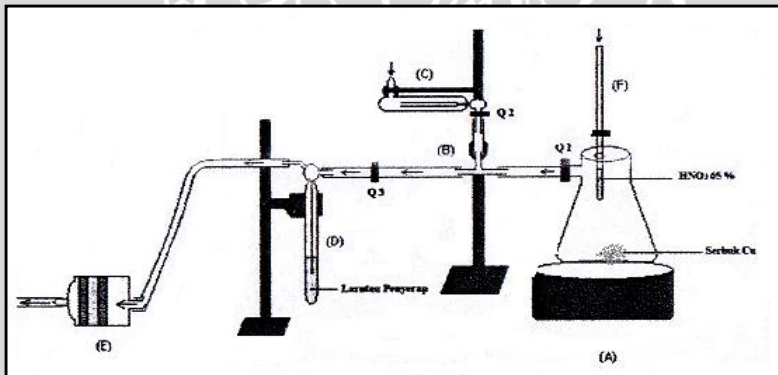
1. Preparasi rangkaian alat pembuatan gas NO<sub>2</sub>
2. Preparasi larutan penyerap KI-amilum
3. Pengaruh variasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dengan larutan penyerap KI-Amilum
4. Pembuatan komparator warna

#### 3.5 Prosedur Kerja Penelitian

##### 3.5.1 Preparasi rangkaian alat pembuatan gas NO<sub>2</sub>

Rangkaian alat pembuatan Gas NO<sub>2</sub> mulai dipersiapkan. Rangkaian disusun sesuai dengan gambar 3.1. Preparasi rangkaian pembuatan gas dilakukan dengan cara memasukkan serbuk Cu ke

dalam Erlenmeyer tempat pembuatan gas (A) dengan jumlah sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Kemudian  $\text{HNO}_3$  65% diteteskan ke dalamnya sebanyak 0,1 ml melalui pipa silinder (F). Reaksi dilangsungkan pada sistem vakum dan dapat menghasilkan gas  $\text{NO}$  dengan konsentrasi yang diinginkan. Pada saat gas terbentuk, kran ( $Q_1$ ) yang menghubungkan antara Erlenmeyer pembuatan gas (A) dengan selang aliran gas diatur sebesar 50 mL/menit menggunakan flowmeter. Erlenmeyer pembuatan gas (A) dihubungkan dengan tabung udara pengencer (C) melalui pipa cabang tiga (B), dimana udara pengencer berasal dari udara bebas. Tabung udara pengencer (C) dihubungkan dengan pipa cabang tiga melalui kran ( $Q_2$ ), kran ini diatur lajunya sebesar 350 mL/menit menggunakan flowmeter. Setelah melalui udara pengencer, dihasilkan gas  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi yang lebih rendah yang kemudian dialirkan melalui kran ( $Q_3$ ) dengan laju alir 400 mL/menit. Gas kemudian menuju kolom impinger (D) yang berisi larutan KI-Amilum dengan volume campuran 10 mL, yaitu KI 8 mL dan Amilum 2 mL. Pengaliran gas ini menggunakan sistem hisap dari pompa (E) dengan waktu pemaparan selama 45 menit.



**Gambar 3.1:** Skema Rangkaian Alat Pembuatan Gas  $\text{NO}_2$

Keterangan Gambar 3.1 :

A: Erlenmeyer pembuatan gas

B: Pipa kaca cabang tiga

C: Tabung udara pengencer

D: Impinger 20 mL

E: Pompa udara

F: Pipa silinder

Q<sub>1,2,3</sub>: Kran aliran gas

### **3.5.2 Preparasi larutan penyerap KI-amilum**

#### **3.5.2.1 Pembuatan larutan stok KI 0,16 M**

Larutan stok KI 0,16 M dapat dibuat dengan cara menimbang KI sebanyak 6,64 gram dengan menggunakan neraca analitik. Kemudian padatan KI tersebut dilarutkan dengan sedikit akuades dalam beaker glass. Setelah padatan terlarut sempurna, larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan hingga tepat tanda batas dengan menambahkan akuades.

#### **3.5.2.2 Pembuatan larutan KI $16 \times 10^{-3}$ M**

Larutan KI  $16 \times 10^{-3}$  M yang merupakan konsentrasi optimum dari larutan penyerap KI dalam menyerap gas NO<sub>2</sub> dapat dibuat dengan cara mengencerkan larutan stok KI 0,16 M. Larutan stok KI 0,16 M dipipet sebanyak 25 mL dengan menggunakan pipet ukur. Kemudian larutan 25 mL tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan menambahkan akuades hingga tepat tanda batas.

#### **3.5.2.3 Pembuatan larutan amilum 1%**

Larutan Amilum 1% dibuat dengan cara menimbang serbuk amilum sebanyak 1 gram menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 ml dan ditambahkan asam salisilat sebanyak 0,2 gram sebagai pengawet larutan amilum yang nantinya dibuat. Campuran amilum dan asam salisilat kemudian ditambahkan akuades sebanyak 100 ml. Larutan kemudian diaduk sambil dipanaskan hingga homogen.

### 3.5.3 Pengaruh variasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub>

Variasi konsentrasi Gas NO<sub>2</sub> dimaksudkan agar diketahui perubahan warna yang terjadi pada larutan penyerap KI-Amilum akibat adanya konsentrasi yang berbeda-beda. Berdasarkan rentang yang ada pada ISPU, maka variasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang diujikan antara lain 200, 565, 938, 1130, 1875, 2260, 3000 dan 3750 µg/L.

Variasi konsentrasi gas tersebut dipaparkan ke dalam larutan penyerap KI-Amilum dan dibuat komparator warnanya. Larutan penyerap yang telah mengalami perubahan warna tersebut diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

### 3.5.4 Pembuatan kurva baku nitrit

Larutan induk nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) dengan konsentrasi 1640 µg/mL dibuat dengan cara menimbang NaNO<sub>2</sub> sebanyak 0,246 gram yang kemudian dilarutkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Namun, sebelumnya NaNO<sub>2</sub> dipreparasi terlebih dahulu dengan mengeringkannya di dalam oven bersuhu 105°C selama dua jam dan disimpan di dalam desikator. Larutan induk nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) tersebut kemudian disimpan di dalam botol gelap dan didinginkan. Kemudian diambil sebanyak 1 mL dengan menggunakan pipet dan diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL dengan menambahkan akuades hingga tanda batas sehingga dihasilkan larutan induk nitrit [NO<sub>2</sub><sup>-</sup>] dengan konsentrasi 16,4 µg/mL.

Pada pembuatan kurva baku, larutan induk nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang sudah diencerkan tadi dipipet masing-masing sebanyak 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; dan 0,6 mL dengan menggunakan pipet mikro sehingga menghasilkan NO<sub>2</sub> dengan konsentrasi masing-masing menjadi 0; 2; 4; 6; 8; 10; dan 12 µg/mL. Larutan ini kemudian dimasukkan ke dalam tabung impinger yang berisi 10 ml larutan KI-Amilum dan 1 ml asam asetat glasial. Berikutnya didiamkan selama 15 menit sehingga pembentukan warna menjadi sempurna. Kemudian diukur absorbansi masing-masing larutan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 610 nm dan dibuat kurva baku hubungan absorbansi dengan konsentrasi NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (µg/mL).

### 3.5.5 Pembuatan komparator warna

Komparator warna dibuat dengan cara melakukan pemotretan warna-warna yang terbentuk pada larutan penyerap setelah pemaparan gas  $\text{NO}_2$  dengan masing-masing konsentrasi selama 45 menit. Larutan penyerap yang berubah warna diencerkan sebanyak 10 kali agar warna terlihat lebih jelas dan perbedaan warna antara konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  yang satu dengan yang lainnya dapat terlihat.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Preparasi Rangkaian Alat Pembuatan Gas NO<sub>2</sub>

Alat pembuatan gas NO<sub>2</sub> dirangkai sesuai dengan gambar rangkaian alat 3.1, dimana digunakan tabung impinger yang berukuran 20 ml sebagai tempat larutan penyerap dan Erlenmeyer vakum yang digunakan sebagai tempat sintesis gas NO<sub>2</sub>, serta berbagai keran dan selang yang saling dihubungkan. Gas NO<sub>2</sub> hasil sintesis nantinya akan dianalisa dengan menggunakan teknik absorpsi oleh larutan penyerap KI-Amilum yang ada pada impinger. Pada proses absorpsi ini akan terjadi pergerakan gas menuju larutan penyerap yang tidak menguap sehingga terjadi perubahan dari warna larutan tersebut. Proses absorpsi ini merupakan proses absorpsi kimia. Gambar 4.1 menunjukkan gambar rangkaian alat yang telah disusun.



**Gambar 4.1:** Rangkaian alat

Gas NO<sub>2</sub> ini dihasilkan melalui reaksi kimia antara serbuk Tembaga dengan HNO<sub>3</sub> 65% v/v, dimana jumlah serbuk tembaga ini

nantinya disesuaikan dengan konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  yang akan dibuat, sedangkan larutan  $\text{HNO}_3$  65% v/v yang ditambahkan jumlahnya berlebih. Reaksinya berdasarkan persamaan 2.5.

Dalam reaksi tersebut serbuk Cu akan mengalami oksidasi dari bilangan oksidasi 0 menjadi 2+, sedangkan  $\text{NO}_3$  akan mengalami reduksi sehingga pada reaksi ini menunjukkan suatu reaksi redoks. Tembaga yang digunakan pada pembuatan gas  $\text{NO}_2$  ini berupa serbuk agar memperbesar luas permukaan sentuh sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat dan bereaksi sempurna. Ukuran yang kecil atau serbuk dapat memperbesar kontak permukaan.

Erlenmeyer vakum pada rangkaian alat berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi pembentukan gas NO. Dimana gas NO yang dihasilkan di dalam Erlenmeyer tersebut merupakan konsentrasi yang tinggi yang akan diencerkan ketika gas  $\text{NO}_2$  akan diabsorpsi dengan larutan penyerap KI-Amilum.

Gas yang terbentuk akan memiliki tekanan sehingga dapat bergerak melewati selang  $Q_1$  dengan laju alir 50 ml/menit yang kemudian akan diencerkan dengan udara bebas. Udara bebas dialirkan melalui keran  $Q_2$  dengan laju 350 ml/menit. Dengan laju alir yang tetap ini, maka dapat dikontrol berapa konsentrasi Gas  $\text{NO}_2$  yang akan dialirkan menuju larutan penyerap KI-Amilum. Udara bebas ini berfungsi sebagai pengencer gas NO yang telah dibentuk di dalam Erlenmeyer sehingga konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  akan turun sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan ketika akan dipaparkan pada larutan penyerap KI-Amilum.

Berdasarkan persamaan 2.6, gas NO akan bereaksi dengan gas  $\text{O}_2$  sehingga menghasilkan gas  $\text{NO}_2$ . Aliran udara bebas dari keran  $Q_2$  bukan hanya untuk menurunkan konsentrasi tetapi juga mereaksikan gas NO yang sudah dibuat dengan gas  $\text{O}_2$  untuk menghasilkan gas  $\text{NO}_2$  yang akan dianalisa. Gas  $\text{O}_2$  dan gas NO tidak menimbulkan reaksi pada larutan penyerap KI-amilum sehingga pengukuran gas  $\text{NO}_2$  dapat berlangsung optimal [8].

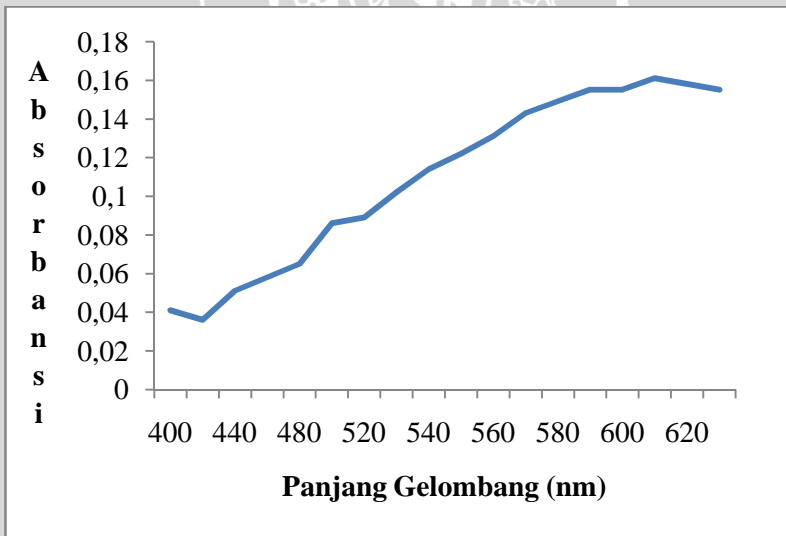
setelah terbentuk gas  $\text{NO}_2$ , gas  $\text{NO}_2$  ini akan melewati keran  $Q_3$  dengan laju alir 400 ml/menit dan menuju impinger yang telah berisi larutan penyerap KI-Amilum, dimana jumlah larutan KI sebanyak 8 ml dan larutan amilum sebanyak 2 ml. Gas  $\text{NO}_2$  akan dipaparkan selama 45 menit. Setelah pemaparan tersebut maka larutan penyerap akan mengalami perubahan warna dengan intensitas



warna bergantung pada konsentrasi gas yang dipaparkan. Waktu pemaparan 45 menit merupakan waktu optimum karena telah terbentuk kesetimbangan antara kompleks iod-amilum yang terbentuk terhadap gas  $\text{NO}_2$  yang dialirkan ke dalam impinger [8].

#### 4.2 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum. Larutan penyerap KI-Amilum setelah dipaparkan gas  $\text{NO}_2$  selama 45 menit menunjukkan perubahan warna dari putih keruh menjadi larutan berwarna biru. Gas  $\text{NO}_2$  yang digunakan dalam penentuan panjang gelombang maksimum adalah dengan konsentrasi yang terendah yaitu  $200 \mu\text{g/L}$ . Setelah dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis diketahui bahwa diperoleh panjang gelombang  $610 \text{ nm}$  dengan absorbansi maksimum sebesar  $0,161$ . Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan panjang gelombang dengan absorbansi larutan penyerap.



**Gambar 4.2:** Spektrum Absorpsi  $\text{I}_2$ -Amilum

Pengukuran panjang gelombang maksimum diperlukan karena pada pengukuran akan menghasilkan pengukuran yang tepat jika dilakukan pada panjang gelombang maksimum. Hal ini karena pada

panjang gelombang maksimum menyebabkan kepekaanya maksimal, pengukuran pada panjang gelombang maksimum akan menghasilkan kurva absorbansi yang datar. Pada kondisi panjang gelombang maksimum juga menyebabkan Hukum Lambert-Beer akan terpenuhi dan mengurangi kesalahan jika dilakukan pengulangan. Panjang gelombang maksimum diperoleh melalui pengukuran pada berbagai panjang gelombang dan panjang gelombang yang memiliki hasil absorbansi yang tertinggi adalah panjang gelombang maksimum. Oleh karena itu berikutnya pada pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 610 nm.

Larutan penyerap yang baik menurut Dutta [28] haruslah yang memiliki kemampuan melarutkan analit gas yang tinggi, memiliki selektivitas hanya pada satu jenis gas yang dianalisa, memiliki volatilitas dan viskositas rendah, tidak bersifat korosif, tidak berbahaya dan tidak beracun, tentunya berharga yang relative murah.

Sensitivitas larutan penyerap KI-Amilum dilihat dari kemampuan larutan penyerap tersebut mengalami perubahan warna ketika gas  $\text{NO}_2$  dipaparkan. Konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  yang digunakan merupakan konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  terkecil. Hal ini dimaksudkan jika pada konsentrasi terendah saja larutan penyerap tersebut mampu memberikan perubahan warna maka pada konsentrasi yang lebih besar pun dapat mengalami perubahan warna. Perubahan warna larutan penyerap sangat berpengaruh ketika akan membuat sebuah komparator warna untuk menganalisa konsentrasi gas yang dipaparkan.

Pada hasil penelitian ini, digunakan Gas  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi sebesar 200  $\mu\text{g/L}$  yang dipaparkan pada larutan penyerap dengan laju alir 400 ml/menit selama 45 menit. Dari hasil menunjukkan bahwa larutan penyerap KI-Amilum menunjukkan perubahan warna. Hal ini menandakan bahwa larutan penyerap KI-Amilum memberikan perubahan warna pada konsentrasi yang rendah sehingga dapat digunakan untuk menganalisa gas  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi terendah hingga konsentrasi tertinggi.

### **4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Gas NO<sub>2</sub> terhadap Larutan Penyerap KI-Amilum**

Pengaruh konsentrasi Gas NO<sub>2</sub> dilihat dengan melakukan variasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dari konsentrasi terendah hingga konsentrasi yang tertinggi. Variasi konsentrasi ini dilakukan dengan menyesuaikan konsentrasi ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) sehingga konsentrasi yang digunakan dari yang terendah ke yang tertinggi yaitu 200 µg/L; 565 µg/L; 938 µg/L; 1130 µg/L; 1875 µg/L; 2260 µg/L ; 3000 µg/L dan 3750 µg/L. Konsentrasi gas semakin tinggi maka semakin banyak nitrit yang terbentuk sehingga bisa menyebabkan semakin banyak I<sub>2</sub> yang membentuk kompleks warna dengan amilum membentuk warna biru dan warna biru menjadi semakin pekat.

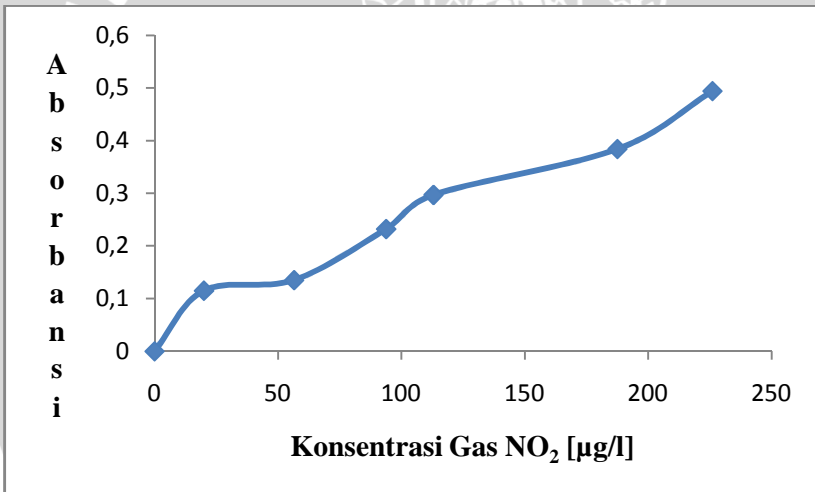
Konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang dipaparkan memberikan pengaruh pada intensitas warna yang terbentuk. Data warna yang terbentuk diperkuat dengan nilai absorbansi berdasarkan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil penelitian diperoleh hasil konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi. Konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dibuat dengan mensintesis gas NO dengan jumlah serbuk Cu sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan dalam lampiran.

Berbagai variasi konsentrasi gas tersebut dipaparkan pada larutan penyerap KI-Amilum dengan lama waktu paparan 45 menit. Setelah larutan penyerap berubah warna, larutan penyerap kemudian diencerkan sebesar 10 kali pengenceran. Pengenceran ini bertujuan untuk mengkondisikan larutan hasil paparan gas NO<sub>2</sub> yang terlalu pekat sehingga lebih encer dan grafik yang dihasilkan dapat berada dalam range linier. Larutan pekat menunjukkan bahwa satu molekul terlarut dapat mempengaruhi molekul terlarut lain karena masing-masing molekul berdekatan pada larutan yang pekat. Molekul yang berdekatan menyebabkan nilai absorbtivitas molar berubah sehingga nilai absorbansi yang dihasilkan terpengaruh dan secara kuantitatif nilai absorbansi pada larutan yang terlalu pekat tidak menunjukkan jumlah molekul yang diukur dalam larutan. Kemudian larutan hasil pengenceran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 610 nm.

Larutan penyerap yang telah mengalami perubahan warna setelah dipaparkan gas NO<sub>2</sub> dengan konsentrasi yang berbeda diukur

absorbansinya, dimana pengukuran absorbansi dengan menggunakan pengenceran larutan dan ada pula pengukuran yang tidak menggunakan pengenceran larutan tersebut. Absorbansi pada 10 kali pengenceran dari konsentrasi 200  $\mu\text{g/L}$ ; 565  $\mu\text{g/L}$ ; 938  $\mu\text{g/L}$ ; 1130  $\mu\text{g/L}$ ; 1875  $\mu\text{g/L}$ ; dan 2260  $\mu\text{g/L}$  ditunjukkan pada Gambar 4.3 semuanya mengalami kenaikan absorbansi dari konsentrasi terendah yaitu 200  $\mu\text{g/L}$  menuju konsentrasi yang tertinggi 2260  $\mu\text{g/L}$ .

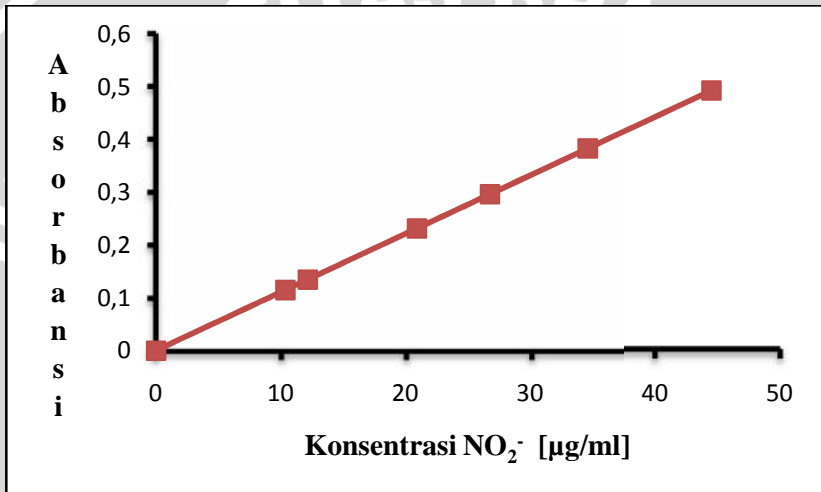
Sedangkan nilai absorbansi yang tetap pada konsentrasi gas tertinggi yaitu 3000  $\mu\text{g/L}$  dan 3750  $\mu\text{g/L}$ , yang berarti intensitasnya tetap, dapat disebabkan karena jumlah KI-Amilum yang sudah berkurang karena sudah bereaksi maksimal sehingga tidak ada lagi  $\text{I}_2$  dan ion nitrit yang terbentuk. Jumlah konsentrasi KI seharusnya berlebih sehingga semua  $\text{NO}_2$  dijamin dapat bereaksi dan berubah menjadi  $\text{NO}_2^-$  dengan banyaknya  $\text{I}^-$  di dalam larutan penyerap.



**Gambar 4.3:** Kurva hubungan antara konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  dengan absorbansi larutan penyerap

Dari hasil tersebut terlihat bahwa secara umum semakin tinggi konsentrasi gas  $\text{NO}_2$  maka akan semakin tinggi pula intensitas warna larutan penyerap KI-Amilum dan hal ini juga ditunjukkan dengan semakin besar pula nilai absorbansi larutan penyerap KI-Amilum.  $\text{NO}_2$  merupakan pengoksidasi sehingga konsentrasi  $\text{NO}_2$  dapat

dianalisa dengan banyaknya  $I_2$  yang dihasilkan pada reaksi reduksi dan oksidasi. Gas  $NO_2$  akan mengoksidasi  $I^-$  dari larutan KI sehingga menjadi  $I_2$ .  $I_2$  ini akan berikatan dengan amilum membentuk kompleks warna biru. Semakin banyak oksidatornya, dalam hal ini gas  $NO_2$ , maka  $I_2$  yang dihasilkan akan semakin banyak pula sehingga kompleks  $I_2$ -Amilum akan semakin banyak dan menyebabkan intensitas warna larutan penyerap semakin pekat.



**Gambar 4.4:** Kurva hubungan antara konsentrasi gas  $NO_2^-$  dengan absorbansi larutan penyerap

$NO_2$  merupakan oksidator yang kuat dan memiliki keelektronegatifan yang tinggi sehingga mudah menangkap elektron yang menyebabkan bilangan oksidasinya semakin kecil.  $NO_2$  akan berubah menjadi  $NO_2^-$  sehingga konsentrasi gas  $NO_2$  dapat diukur dengan mengetahui jumlah nitrit yang terbentuk. Dari nilai absorbansi yang diperoleh dapat diketahui besarnya nitrit yang terukur sehingga konsentrasi gas  $NO_2$  tersebut dapat terkonversikan menjadi konsentrasi Nitrit. Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh  $NO_2^-$  yang semakin besar maka semakin besar absorbansi. Konsentrasi nitrit yang terbentuk setara dengan jumlah  $I_2$  yang terbentuk

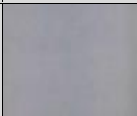
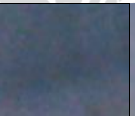



sehingga dapat diketahui melalui besarnya absorbansi larutan dengan adanya kompleks  $I_2$ -Amilum.

#### 4.4 Pembuatan Komparator Warna

Komparator warna merupakan bentuk alat pengukuran sampel yang mudah dibawa dimana prinsip penggunaan komparator warna ini berdasarkan warna yang dibandingkan. Hasil pengukuran absorbansi masing-masing larutan penyerap yang telah dipaparkan gas  $NO_2$  dengan berbagai konsentrasi yang berbeda sebelumnya didokumentasikan warnanya dengan cara di foto. Warna yang diambil dari foto itulah yang berikutnya akan digunakan sebagai komparator warna. Konsentrasi gas  $NO_2$  merupakan konsentrasi gas yang sudah ada dalam rentang ISPU sehingga dari konsentrasi tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori sesuai dengan kategori ISPU, yaitu baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat dan berbahaya. Komparator warna yang terbentuk dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori tersebut. Penggunaan komparator warna tersebut sebagai indikator fisikokimia dalam pengukuran gas  $NO_2$  di udara dapat digunakan dengan cara membandingkan warna yang diperoleh sehingga dapat diketahui berapa konsentrasi gas  $NO_2$ . Warna yang ditunjukkan pada tabel merupakan warna dari masing-masing larutan dengan pengenceran yang sama seperti pada pengukuran absorbansi larutan penyerap. Berikut tabel 4.1 yang berisi warna dari masing-masing konsentrasi.



**Tabel 4.1:** Perubahan warna larutan penyerap setelah pemaparan gas NO<sub>2</sub>

Konsentrasi	200 µg/L	565 µg/L	938 µg/L	1130 µg/L	1875 µg/L	2260 µg/L	3000 µg/L	3750 µg/L
Rentang ISPU	0-50	51-100	101-199	200-299		300-500		
Warna								
Kategori	Baik	Sedang	Tidak Sehat	Sangat Tidak Sehat		Berbahaya		

Dari hasil warna tersebut dapat teramati secara visual bahwa terdapat perbedaan intensitas warna pada larutan dengan konsentrasi gas yang berbeda. Semakin besar konsentrasi gas yang dipaparkan pada larutan penyerap, maka akan semakin besar intensitas warna biru dari larutan penyerap. Warna pada larutan penyerap yang tanpa pengenceran menunjukkan warna yang tidak bisa dibedakan antara konsentrasi yang satu dengan konsentrasi yang lain. Jika dilihat dari hasil absorbansinya pada tabel data hasil pengamatan di lampiran menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada larutan penyerap tanpa pengenceran dan warna yang tampak secara visual pun tak mudah dibedakan. Hal ini dikarenakan intensitas warnanya yang terlalu tinggi dan konsentrasi gas yang terserap sudah optimal. Oleh karena itu untuk membedakan warna larutan penyerap sebaiknya diencerkan sesuai dengan komparator warna yang ada.





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Pemaparan gas  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh pada intensitas warna kompleks yang dibentuk pada larutan penyerap KI-Amilum. Semakin besar konsentrasi gas yang dipaparkan pada larutan penyerap maka intensitas warna biru pada larutan penyerap menjadi meningkat.
2. Dihasilkan komparator warna menggunakan larutan penyerap KI-Amilum dalam pengukuran gas  $\text{NO}_2$  di udara, dimana komparator warna tersebut berdasarkan 10 kali pengenceran.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan validasi metode pengukuran menggunakan komparator warna ini dengan metode yang sudah umum digunakan dalam pengukuran gas  $\text{NO}_2$  di udara.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutardi, T., 2008, **Teknik Pengukuran Udara Ambien**, [http://www.freewebs.com/kimiadb2/topik\\_minggu.htm](http://www.freewebs.com/kimiadb2/topik_minggu.htm),
- [2] Vogel, A.I., 1994, **Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik, Edisi Pertama**, Alih Bahasa Pudjaatmaka, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [3] Anonymous, 1997, **Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tentang Indeks Standar Pencemar Udara**, Menteri Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, Surabaya.
- [4] Townshend, A., 1995, **Encyclopedia of Analytical Science**, Harcourt Brace & Company Publisher, New York.
- [5] Salem, Alaa A., Ahmed A. Soliman, dan Ismail A. El-Haty, 2009, **Determination of Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, Ozone, and Ammonia in Ambient Air Using The Passive Sampling Method Associated with Ion Chromatographic and Potentiometric Analyses**, Uni Emirated Arab University, Al-Ain.
- [6] Leni, L.Q., K.N. Hernandez, B.J Lee, 2007, **Comparison of Several Methods for Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide in Metro Manila Air**, Mission Technologies, Inc., Makati City.
- [7] Anonymous, 2000, **Pencemaran Udara, Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah, BAPEDAL**, Jakarta.
- [8] Rakhwanto, E.W, 2010, **Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap Kalium Iodide dan Waktu Pemaparan**

**Terhadap Penentuan Gas NO<sub>x</sub>**, Skripsi, Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Brawijaya, Malang.

- [9] Sugiarti, 2009, **Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia**, *Jurnal Chemica*, Nomor 1, Voume 10, hal. 50-58, Makassar.
- [10] Fardiaz, Srikandi, 2006, **Polusi Air dan Udara**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- [11] Chandra, Budiman, 2009, **Ilmu Kedokteran Pencegahan dan Komunitas**, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [12] Schlesinger, William, 1990, **Biogeochemistry an Analysis of Global Change**, Duke University, Academic Press, Durham, North Carolina.
- [13] Peraturan Pemerintah No. 41, 1999, **Pengendalian Pencemaran Udara**, Indonesia.
- [14] Alfiah, Taty, 2009, **Oksida-Oksida Nitrogen**, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya.
- [15] Vogel, A.I., 1985, **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro**, edisi kelima, diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- [16] Hill, J.W. dan Doris, K.K., 2008, **Chemistry for Changing Times**, 7<sup>th</sup> Ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [17] Franks, R.G.E., 1967, **Mathematical Modeling in Chemical Engineering**. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

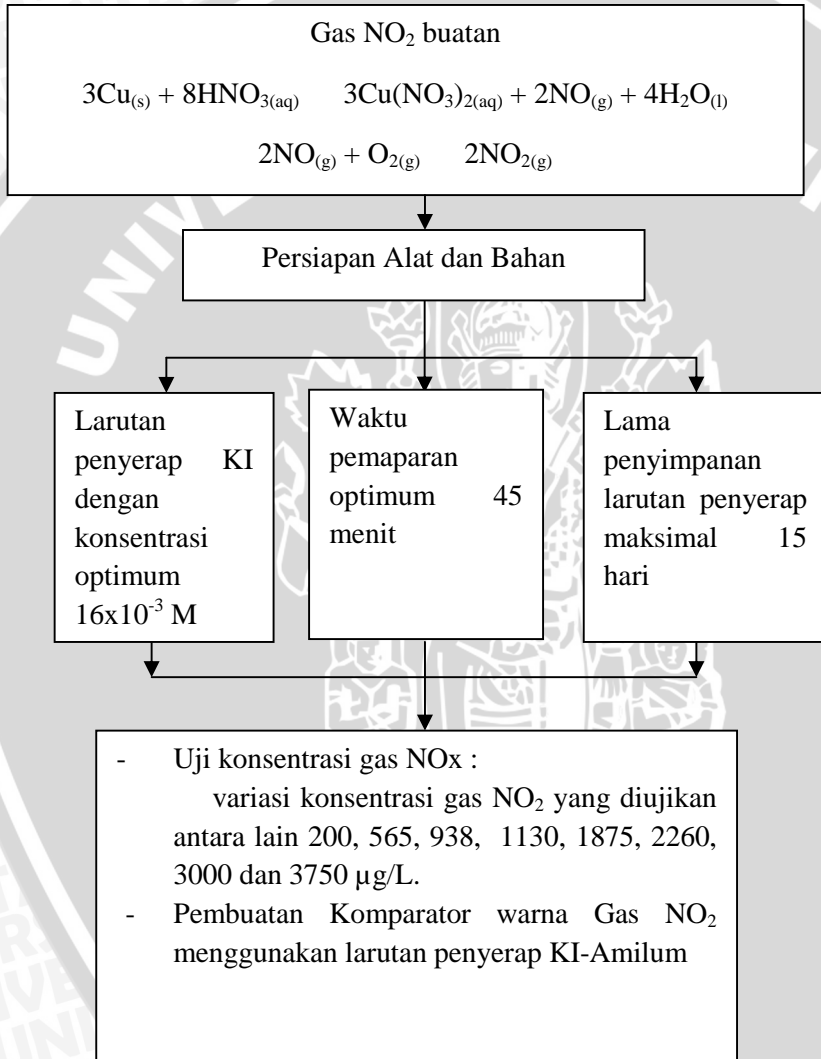
- [18] EPA, 1999, **Nitrogen Oxides (NOx) Why and How They Are Controlled**, Clean Air Technology Center, Information And Program Integration Division Office Of Air Quality Planning And Standards, U.S. Environmental Protection Agency, North Carolina.
- [19] Budiyo, A., Hamdi S., Komala N., dan Sumaryati, 2009, **Analisis Variasi Diurnal Ozon dan Precursornya pada Musim Kemarau dan Musim Hujan di Bandung**, Jurnal Sains Dirgantara vol.7 No.1, hal. 165-175, LAPAN, Bandung.
- [20] Putri, A. R. dan Driejana, 2009, **Analisis Konsentrasi NOx di Dalam Ruangan pada Rumah Tinggal di Tepi Jalan Raya (Studi Kasus Wilayah Karees Bandung)**, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Lingkungan ITB, Bandung.
- [21] Saltzman, B.E., 1954, **Colorimetric Microdetermination of Nitrogen Dioxide in The Atmosphere**, Analytical Chemistry, vol 26, page 1949-1954.
- [22] Purnama, Bonnie Nosa, 2006, **Primary Study of Making Physico-Chemical Coloumn Indicator to Detect NO<sub>2</sub> Gaseous**, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [23] BAPEDAL, 1998, **Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara**, Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Nomor KEP-107/KABAPAPEDAL/11/1997. Jakarta.

- [24] Lee, C.C dan Lin, S.D., 2000, **Handbook of Environmental Engineering Calculations**, McGraw-Hill, New York.
- [25] Scotte, 2006, **Conversion of Part Per Million (ppm) to Gram/Liter**, <http://www.scotecatalog.com>
- [26] Pecsok, R.L., Shield L.D, Cairns T. dan T.G McWilliam, 1976, **Modern Methods of Chemical Analysis**, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- [27] Khopkar, S.M, 2002, **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Penerjemah Sapto Raharjo A., UI Press, Jakarta.
- [28] Dutta, Binary K., 2007, **Principles of Mass Transfer and Separation Processes**, Prentice-Hall, New Delhi.
- [29] Islamiyah, N.H, 2010, **Pengaruh Penambahan Kadmium Sebagai Reduktor dan Waktu Reduksi dalam Pengukuran Gas NO<sub>2</sub> di Udara Menggunakan Larutan Penyerap KI-Amilum**, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [30] Sumardjo, Damin, 2008, **Pengantar Kimia: Buku Panduan Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata 1 Fakultas Bioeksakta**, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [31] Ophardt, Charles E., 2003, **Starch Iodine**, <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/548starchiodine.html>

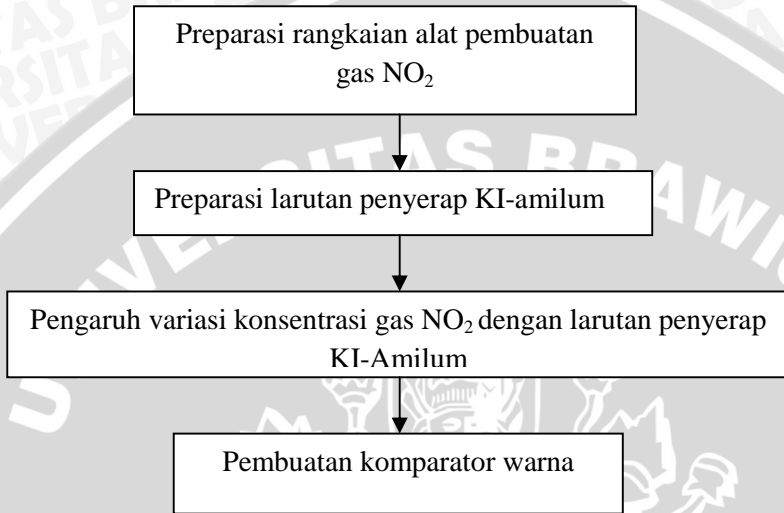
## LAMPIRAN

### Lampiran A. Diagram Alir Penelitian

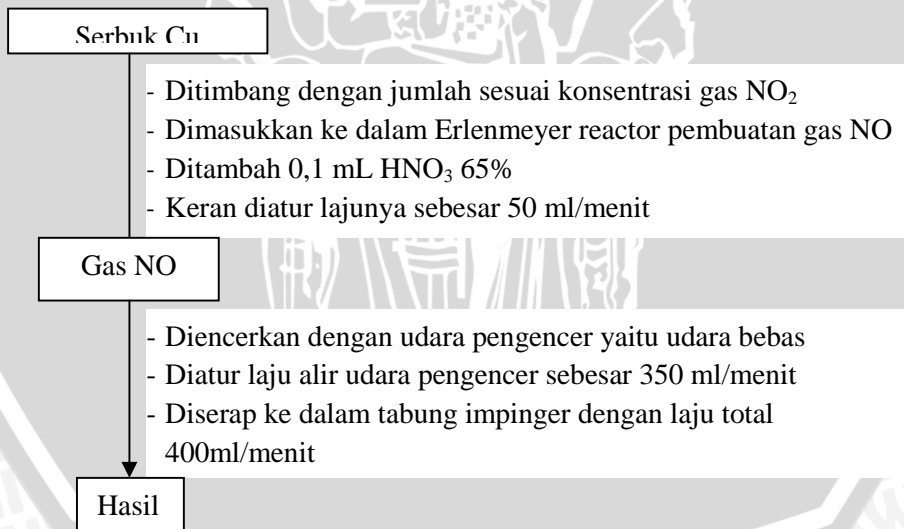
#### A.1 Rancangan Percobaan



## A.2 Tahapan Penelitian



## A.3 Preparasi Rangkaian Alat Pembuatan Gas NO<sub>2</sub>



#### A.4 Preparasi Larutan Penyerap KI-Amilum

Serbuk KI

- Ditimbang sebanyak 6,64 gram
- Dilarutkan dengan akuades secukupnya dalam beaker glass
- Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml
- Ditambahkan akuades hingga tepat tanda batas

LarutanStok KI 0,16M

- Dipipet sebanyak 25 ml
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml
- Ditambahkan akuades hingga tanda batas

Larutan KI  $16 \times 10^{-3}$  M

- Dipipet sebanyak 8 ml
- Ditambahkan larutan amilum 1 % sebanyak 2 ml

Larutan penyerap KI-Amilum

#### A.5 Pembuatan Larutan Amilum 1%

Amilum

- Ditimbang 1,0 gram
- Dimasukkakan dalam gelas kimia 250 ml
- Ditambah asam salisilat 0,2 gram
- Ditambahkan 100 ml akuades
- Diaduk dan dipanaskan hingga homogen

Larutan Amilum  
1%



## A.6 Variasi konsentrasi NO<sub>2</sub>

Serbuk Cu

- Ditimbang dengan jumlah sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan
- Dimasukkan ke dalam Erlenmeyer reactor pembuatan gas NO
- Ditambah 0,1 mL HNO<sub>3</sub> 65%
- Keran diatur lajunya sesuai dengan rangkaian alat

Gas NOx

- Diencerkan dengan udara pengencer yaitu udara bebas
- Diatur laju alir total gas udara pengencer sesuai konsentrasi yang diinginkan
- Diserap ke dalam tabung impinger dengan laju total 400ml/menit
- Larutan penyerap di dalam tabung impinger berubah warna

Hasil

## Lampiran B Data Hasil Penelitian

**Tabel B.1:** Data Pengukuran Panjang gelombang Maksimum

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
400	0,041
420	0,036
440	0,051
460	0,058
480	0,065
500	0,086
520	0,089
530	0,102
540	0,114
550	0,122
560	0,131
570	0,143
580	0,149
590	0,155
600	0,155
610	0,161
620	0,158
630	0,155

**Tabel B.2:** Data Kurva Baku Nitrit

Data berikut berdasarkan penelitian Islamiyah [29]

Konsentrasi NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg/mL)	Absorbansi
0	0
2	0,12
4	0,31
6	0,55
8	0,76
10	0,98
12	1,35

**Tabel B.3:** Data Pengukuran Absorbansi Larutan Penyerap

Kategori	Rentang ISPU	Konsentrasi Gas NO <sub>2</sub>	Absorbansi pada pengenceran	
			10 kali	tanpa
Baik	0-50	200 µg/l	0,115	2,737
Sedang	51-100	565 µg/l	0,135	2,709
Tidak Sehat	101-199	938 µg/l	0,232	3,612
Sangat tidak sehat	200-299	1130 µg/l	0,297	3,913
	200-299	1875 µg/l	0,384	3,913
Berbahaya	300-500	2260 µg/l	0,494	3,913
	300-500	3000 µg/l	0,328	3,612
	300-500	3750 µg/l	0,496	4,000



## Lampiran C. Perhitungan

### C.1 Pembuatan Larutan Induk KI 0,16 M

$$\begin{aligned}\text{Mol KI} &= [\text{KI}] \times \text{Volume} \\ &= 0,16 \text{ M} \times 0,25 \text{ L} \\ &= 0,04 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa KI} &= \text{mol KI} \times \text{Mr KI} \\ &= 0,04 \text{ mol} \times 165,998 \text{ g/mol} \\ &= 6,64 \text{ gram}\end{aligned}$$

Jadi, Massa KI yang dibutuhkan dalam pembuatan larutan induk KI 0,16 M sebesar 6,64 gram

### C.2 Pembuatan Larutan KI $16 \times 10^{-3}$ M

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 0,16 \text{ M} \times V_1 &= 0,016 \text{ M} \times 250 \text{ ml} \\ V_1 &= 0,016 \text{ M} \times 250 \text{ ml} / 0,16 \text{ M} \\ V_1 &= 25 \text{ ml}\end{aligned}$$

Jadi, larutan KI  $16 \times 10^{-3}$  M dapat dibuat melalui pengenceran larutan KI 0,16M dengan mengambil sebanyak 25 ml yang dilarutkan dalam 250 ml.

### C.3 Penentuan Konsentrasi Yang Di Analisa Pada Masing-Masing Rentang ISPU

Rentang ISPU 0-50, dimana perhitungan berdasarkan persamaan 2.16.

Rentang ISPU	I
0-50	25
51-100	75

101-199	125
200-299	250
300-500	400

$$I = 250$$

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

$$250 = \frac{500 - 0}{3750 - 0} (X_x - 0) + 0$$

$$X_x = 1875 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Jadi, pada rentang 200-299 dapat diambil konsentrasi sebesar 1875  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Begitu pula untuk rentang ISPU yang lain dihitung dengan cara yang sama.

#### C.4 Pembuatan gas $\text{NO}_2$

Konsentrasi  $\text{NO}_x$  awal dapat dihitung dengan rumus:

$$[\text{NO}_x]_{\text{awal}} \times Q_1 + [\text{NO}_x]_{\text{pengencer}} \times Q_2 = [\text{NO}_x]_{\text{impinger}} \times Q_3$$

Dimana  $[\text{NO}_x]_{\text{pengencer}} = 0$

Contoh perhitungan untuk  $\text{NO}_2$  200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  setara 200  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

$$\begin{aligned} [\text{NO}_x]_{\text{awal}} &= \frac{200 \mu\text{g}_\text{L}}{50 \text{ ml/menit}} \times 400 \text{ ml/menit} \\ &= 1600 \mu\text{g}/\text{L} \times 1\text{L}/10^{-3} \text{ m}^3 \\ &= 16 \times 10^5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{ppm} = \frac{16 \times 10^5 \mu\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,082 \times 300}{30 \times 1 \times 1000}$$

$$\text{ppm} = 1312 \text{ ppm}$$

$$\text{mol NO} = 1312 \mu\text{L}/\text{L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{mol NO} &= 13,12 \mu\text{L} \\ &= 13,12 \times 10^{-6} \times 1 \text{ mol NO} / 22,4 \text{ L} \\ &= 5,857 \times 10^{-7} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Cu} &= 3/2 \times \text{mol NO} \\ &= 3/2 \times 5,857 \times 10^{-7} \text{ mol} \\ &= 8,786 \times 10^{-7} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Cu} &= 8,786 \times 10^{-7} \text{ mol} \times 63,546 \text{ g/mol} \\ &= 5,583 \times 10^{-5} \text{ gram} \end{aligned}$$

Prosedur yang sama dilakukan untuk perhitungan konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang lain.

### C.5 Perhitungan Kurva Baku Nitrit

Tabel L.3.5: Data Kurva Baku Nitrit

No.	Konsentrasi NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μg/mL) [X]	Absorbansi [Y]	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1.	0	0	0	0	0
2.	2	0,12	4	0,014	0,24
3.	4	0,31	16	0,096	1,24
4.	6	0,55	36	0,302	3,3
5.	8	0,76	64	0,578	6,08
6.	10	0,98	100	0,96	9,8
7.	12	1,35	144	1,822	16,2
Σ	42	4,07	364	3,772	36,86

$$\sum xy = \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{N}$$

$$\sum xy = 36,86 - \frac{(42)(4,07)}{7}$$

$$\sum xy = 12,44$$

$$\sum x^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$$

$$\sum x^2 = 364 - \frac{(42)^2}{7}$$

$$\sum x^2 = 112$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N}$$

$$\sum y^2 = 3,772 - \frac{(4,07)^2}{7}$$

$$\sum y^2 = 1,406$$

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

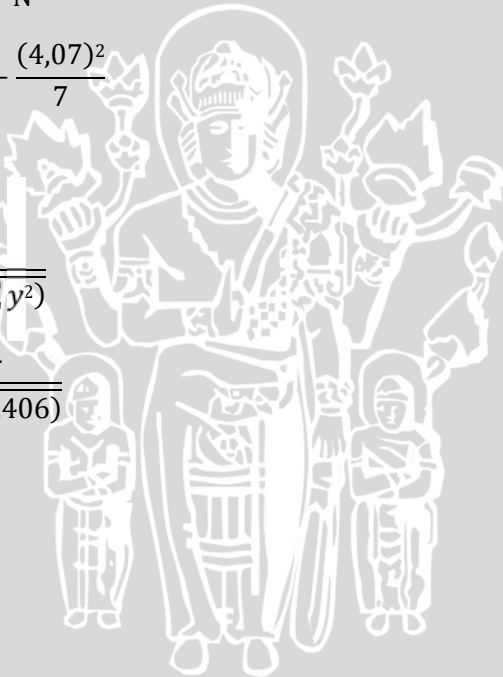
$$r_{xy} = \frac{12,44}{\sqrt{(112)(1,406)}}$$

$$r_{xy} = 0,99$$

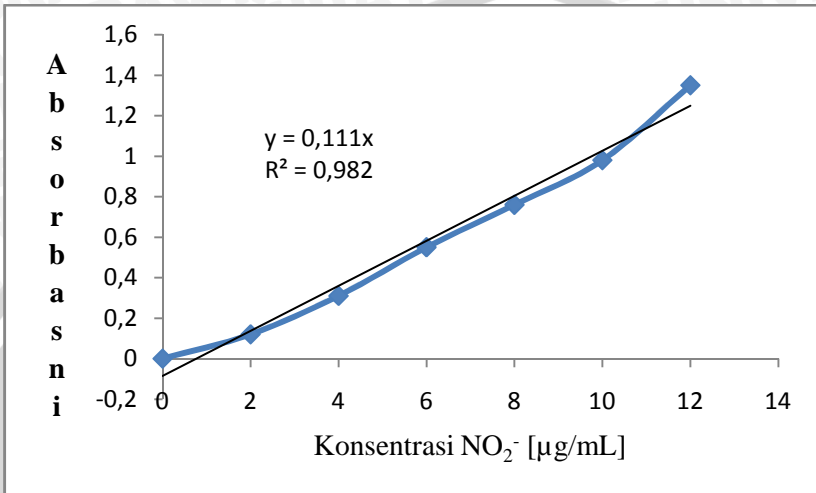
$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

$$a = \frac{12,44}{112}$$

$$a = 0,111$$



Jadi, Persamaan regresi linier :  $y = 0,111x$



Gambar L.3.1: Kurva Baku Nitrit

### C.6 Perhitungan Konsentrasi gas NO<sub>2</sub> yang terkonversi menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

Contoh Perhitungan konsentrasi gas NO<sub>2</sub> 200 µg/L yang terkonversi menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

Diketahui:

$$y = 0,111x$$

$$f_p = \frac{\text{volume pengenceran}}{\text{volume sampel}} = \frac{10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} = 10$$

Absorbansi pada gas NO<sub>2</sub> 200 µg/L = 0,115

$$y = 0,111x$$

$$x = \frac{0,115}{0,111}$$



$x = 1,036 \mu\text{g/mL}$       dimana  $x$  = konsentrasi pengukuran

$C \text{ akhir NO}_2^- = C \text{ pengukuran} \times fp$

$$= 1,036 \mu\text{g/mL} \times 10$$

$$= 10,36 \mu\text{g/mL}$$

Jadi, konsentrasi  $\text{NO}_2$  200  $\mu\text{g/L}$  yang terkonversi menjadi  $\text{NO}_2^-$  sebesar 10,36  $\mu\text{g/mL}$ .

Perhitungan yang sama dilakukan untuk konsentrasi  $\text{NO}_2$  lainnya.



## Lampiran D. Pelengkap Tinjauan Pustaka

**Tabel D.1:** Baku mutu udara ambien nasional

N o.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1.	SO <sub>2</sub> (Sulfur Dioksida)	1 jam	900µg/Nm <sup>3</sup>	Pararosanilin	Spektrofotometer
		24 jam	365µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun	60 µg/Nm <sup>3</sup>		
2.	CO (Karbon Monoksida)	1 jam	30.000 µg/Nm <sup>3</sup>	NDIR	NDIR Analyzer
		24 jam	10.000 µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun	-		
3.	NO <sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida)	1 jam	400µg/Nm <sup>3</sup>	Saltzman	spektrofotometer
		24 jam	150µg/Nm <sup>3</sup>		
		1 Tahun	100µg/Nm <sup>3</sup>		
4.	O <sub>3</sub> (Oksidan)	1 jam	235µg/Nm <sup>3</sup>	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 Tahun	50 µg/Nm <sup>3</sup>		
5.	HC (Hidrokarbon)	3 jam	160µg/Nm <sup>3</sup>	Flame Ionization	Gas Chromatografi

**Tabel D.2:** Turunan Nitrogen Oksida

Rumus Kimia	Nama	Valensi Nitrogen	Karakteristik
N <sub>2</sub> O	Nitrous Oxide	1	Gas tak berwarna, larut dalam air.
NO N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Nitric Oxide Dinitrogen Dioxide	2	Gas tak berwarna, sedikit larut dalam air.

$N_2O_3$	Dinitrogen Trioxide	3	Berupa padatan hitam, larut dalam air, terdekomposisi dalam air.
$NO_2$ $N_2O_4$	Nitrogen Dioxide Dinitrogen Tetroxide	4	Gas berwarna merah kecoklatan, sangat larut dalam air dan terdekomposisi dalam air.
$N_2O_5$	Dinitrogen Pentoxide	5	Berupa padatan putih, sangat larut dalam air dan terdekomposisi dalam air.

**Tabel D.3:** Respon manusia terhadap pemaparan  $NO_2$  jangka pendek

Efek	Konsentrasi $NO_2$		Waktu terjadi efek
	Mg/m <sup>3</sup>	ppm	
Batas timbul bau	0,23	0,12	Segera
Batas pada adaptasi dala gelap	0,14	0,075	Tidak dilaporkan
Peningkatan resisten pada udara bebas	0,50	0,26	Tidak dilaporkan
	1,3-3,8	0,7-2,0	20 menit
	3,0-3,8	1,6-2,0	15 menit
	2,8	1,5	45 menit
	3,8	2,0	45 menit
	5,6	3,0	45 menit
	7,5-9,4	4,0-5,0	40 menit
	9,4	5,0	15 menit
	11,3-75,2	6,0-40,0	5 menit

Penurunan kapasitas difusi paru-paru	7,5-9,4	4,0-5,0	15 menit
--------------------------------------	---------	---------	----------

**Tabel D.4:** Pengaruh ISPU untuk Polutan NO<sub>2</sub> [23]

<b>Kategori</b>	<b>Rentang</b>	<b>Pengaruh</b>
Baik	0-50	Sedikit berbau
Sedang	51-100	Berbau
Tidak Sehat	101-199	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma
Sangat Tidak Sehat	200-299	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronchitis
Berbahaya	300-lebih	Berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

**Tabel D.5:** Batas ISPU Gas NO<sub>2</sub> [23]

<b>Indeks Standar Pencemar Udara</b>	<b>1 jam NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
50	-
100	-
200	1130
300	2260
400	3000
500	3750