

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP  
N-(1-NAPTIL)-ETILEN DIAMIN DIHIDROKLORIDA (NED)  
DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP PENENTUAN  
GAS NO<sub>x</sub> DI UDARA**

**SKRIPSI**

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

oleh :

**NI LUH PUTU MERAWATI**

**0510920043-92**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2010**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP  
N-(1-NAPTIL)-ETILEN DIAMIN DIHIDROKLORIDA (NED)  
DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP PENENTUAN  
GAS NO<sub>x</sub> DI UDARA**

oleh :

**NI LUH PUTU MERAWATI**

**0510920043-92**

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

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

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

**NIP. 19770705 200312 2 001**

**DR. Barlah Rumphayati, M.Si**

**NIP. 19740429 200003 2 001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Sasangka Prasetyawan, MS**

**NIP. 19630404 198701 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NI LUH PUTU MERAWATI  
NIM : 0510920043-92  
Jurusan : Kimia  
Penulis Tugas Akhir berjudul :

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP  
N-(1-NAPTIL)-ETILEN DIAMIN DIHIDROKLORIDA (NED)  
DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP PENENTUAN  
GAS NO<sub>x</sub> DI UDARA**

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 2010  
Yang menyatakan,

(NI LUH PUTU MERAWATI)  
NIM. 0510920043-92

# PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP N-(1-NAPTIL)-ETILEN DIAMIN DIHIDROKLORIDA (NED) DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP PENENTUAN GAS NO<sub>x</sub> DI UDARA

## ABSTRAK

Telah dipelajari pengaruh konsentrasi larutan penyerap N-(1-naptil)-etilen diamin dihidroklorida (NED), waktu pemaparan dan usia penyimpanan larutan penyerap NED terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara. Dalam penelitian ini gas NO<sub>x</sub> dibuat dengan cara mereaksikan logam Cu dengan HNO<sub>3</sub> pekat. Gas NO<sub>x</sub> terserap ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penyerap NED. Pengukuran absorbansi senyawa azo yang terbentuk menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 550 nm. Pengaruh konsentrasi larutan penyerap NED dan waktu pemaparan diperoleh dengan cara memvariasikan konsentrasi NED dan waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> yaitu 0,2 ; 0,15 ; 0,1 ; 0,05 ; dan 0,025 % (b/v) serta variasi waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> adalah 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Sedangkan untuk usia pemakaian larutan penyerap NED diamati pengukurannya selama 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NED, waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> dan usia penyimpanan larutan penyerap berpengaruh pada kondisi optimum 0,1 % (b/v), 45 menit dan 22 hari.

Kata kunci: *Gas NO*, *Konsentrasi NED*, *waktu pemaparan*

# THE EFFECT OF N-(1-NAPHTHYL)-ETHYLENE DIAMINE DIHYDROCHLORIDE (NED) CONCENTRATION AS ABSORBER AND EXPOSURE TIME FOR NO<sub>x</sub> GAS IN THE AIR

## ABSTRACT

The effect of N (1- naphthyl)- ethylene diamine dihydrochloride (NED) concentration as an absorber, exposure time and NED life time as absorber for NO<sub>x</sub> gas in the air have been investigated. In this research NO<sub>x</sub> gas was produced by reacting Cu and concentrated HNO<sub>3</sub>. The produced NO<sub>x</sub> gas was passed into an impinger tube filled with NED. The NO<sub>x</sub> gas formed an azo complex which could be determined by visible spectrophotometer at 550 nm wavelength. The effect of NED concentration and exposure time were investigated by using various concentrations of 0,2 ; 0,15 ; 0,1 ; 0,05 and 0,025 % (w/v) and various exposure times of 15, 30, 45, 60 and 75 minutes. In additions the effect of NED life time was determined up to 30 days. The results showed that the optimum conditions of NED concentration, exposure time of NO<sub>x</sub> gas and life time of NED were 0,1 % (w/v), 45 minutes and 22 days respectively.

Keywords : *NO<sub>x</sub> gas, NED concentration, exposure time*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran TUHAN YME yang telah melimpahkan berkahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap N-(1-naptil)-etilen diamin dihidroklorida (NED) dan Waktu Pemaparan Terhadap Penentuan Gas NO<sub>x</sub> di Udara ”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Qonitah Fardiyah, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Barlah Rumhayati, M.Si selaku Dosen Pembimbing II, atas ilmu, bimbingan, nasehat dan kesabaran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Dra. Anna Roosdiana, M.APP.Sc selaku penasehat akademik yang telah memberikan arahan kepada penulis selama menempuh studi di Jurusan Kimia Universitas Brawijaya.
3. Dr. Diah Mardiana, MS, Drs. Danar P, MSi, Anna Safitri, S.Si., M.Sc., Dr. Soebiantoro, Apt.MSc, selaku dosen penguji atas bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya atas segala ilmu dan bantuan yang diberikan.
6. Kedua orang tua, adik atas semua dukungan, doa dan perhatian hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Teman-teman di Jurusan kimia angkatan 2005 dan semua pihak yang turut membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan dan penyempurnaan. Semoga tulisan ini memberi manfaat bagi semua pihak.

Malang, 2010  
Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan 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 Oksida Nitrogen.....	4
2.2.1 Nitrogen Monooksida.....	4
2.2.2 Nitrogen Dioksida .....	5
2.3 Metode Analisa Gas NO <sub>x</sub> Secara Spektrofotometri.....	5
2.3.1 Metode <i>Griess Saltzman</i> .....	5
2.3.2 Metode FTIR .....	7
2.4 Nitrit .....	7
2.5 Absorpsi Gas .....	8
2.6 Satuan Konsentrasi .....	9
2.7 Spektrofotometri Sinar Tampak.....	10
2.8 Parameter Pengukuran Gas NO <sub>x</sub> .....	10
2.8.1 Konsentrasi Larutan Penyerap NED .....	10
2.8.2 Waktu Pemaparan.....	11

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2	Bahan dan Alat Penelitian .....	12
3.2.1	Bahan penelitian .....	12
3.2.2	Alat penelitian.....	12
3.3	Tahapan Penelitian .....	12
3.4	Cara Kerja Penelitian.....	13
3.4.1	Preparasi Pembuatan Gas NOx.....	13
3.4.2	Preparasi Larutan Penyerap NED.....	13
3.4.2.1	Pembuatan Larutan Stok NED.....	13
3.4.2.2	Variasi Konsentrasi NED .....	14
3.4.2.3	Pembuatan Larutan Penyerap <i>Griess Saltzman</i> .....	14
3.4.3	Penentuan Kestabilan Senyawa Azo .....	14
3.4.4	Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED.....	14
3.4.5	Pengaruh Waktu Pemaparan.....	15
3.4.6	Penentuan Usia Penyimpanan Larutan Penyerap. ....	15
3.4.7	Pembuatan Kurva Baku Nitrit .....	16

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Preparasi Pembuatan Gas NOx.....	17
4.2	Penentuan Kestabilan Senyawa Azo .....	18
4.3	Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED.....	20
4.4	Pengaruh waktu Pemaparan.....	23
4.5	Penentuan Usia Penyimpanan Larutan Penyerap.....	25

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	28
5.2	Saran .....	28

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	29
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	33
-----------------------	----



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b>	Reaksi antara nitrit dengan larutan penyerap.....6
<b>Gambar 3.1</b>	Rangkaian alat pembuat gas NOx.....13
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik hubungan absorbansi dengan waktu pengukuran.....19
<b>Gambar 4.2</b>	Reaksi antara nitrit dengan asam sulfanilat .....20
<b>Gambar 4.3</b>	Reaksi antara garam diazonium dengan NED .....21
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik hubungan absorbansi dengan konsentrasi NED (%).....22
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik hubungan absorbansi dengan waktu pemaparan (menit).....24
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik hubungan absorbansi dengan usia penyimpanan (hari) .....26
<b>Gambar L.5.1</b>	Kurva baku nitrit .....45



## DAFTAR PERSAMAAN

<b>Persamaan 2.1</b>	Persamaan reaksi logam Cu dengan $\text{HNO}_3$ .....	5
<b>Persamaan 2.2</b>	Persamaan reaksi gas NO dengan $\text{O}_2$ .....	5
<b>Persamaan 2.3</b>	Persamaan reaksi gas $\text{NO}_2$ dengan $\text{I}^-$ .....	7
<b>Persamaan 2.4</b>	Persamaan reaksi asam nitrat dengan Pb.....	8
<b>Persamaan 2.5</b>	Persamaan konversi satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ke ppm .....	9
<b>Persamaan 2.6</b>	Persamaan konversi satuan ppm ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	9

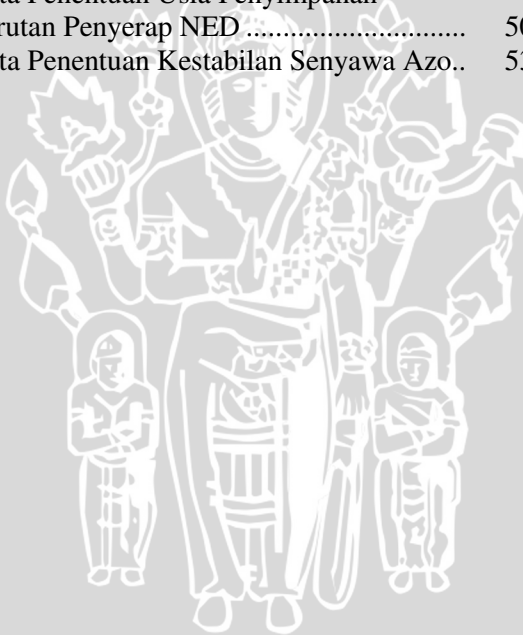


## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel L.2.1</b> Data Perhitungan pembuatan Larutan Penyerap NED 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025% (b/v).....	39
<b>Tabel L.5.1</b> Data Penentuan Kurva Baku Nitrit .....	45
<b>Tabel L.6.1</b> Data Absorbansi Senyawa Azo pada Berbagai Konsentrasi NED .....	46
<b>Tabel L.6.2</b> Data Penentuan Konsentrasi Gas NO <sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit pada Berbagai Konsentrasi NED .....	47
<b>Tabel L.7.1</b> Data Absorbansi Senyawa Azo pada Berbagai Waktu Pemaparan.....	48
<b>Tabel L.7.2</b> Data Penentuan Konsentrasi Gas NO <sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit pada Berbagai Waktu Pemaparan.....	49
<b>Tabel L.8.1</b> Data Absorbansi Senyawa Azo pada Berbagai Usia Penyimpanan Larutan Penyerap NED.....	50
<b>Tabel L.8.2</b> Data Penentuan Konsentrasi Gas NO <sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit pada Berbagai Usia Penyimpanan Larutan Penyerap.....	51
<b>Tabel L.9.1</b> Data Absorbansi Senyawa Azo pada Berbagai Waktu Pengukuran .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1</b>	Diagram Alir Penelitian ..... 33
<b>Lampiran 2</b>	Perhitungan dan Preparasi Larutan..... 39
<b>Lampiran 3</b>	Perhitungan Pembuatan Gas NO <sub>x</sub> Buatan 41
<b>Lampiran 4</b>	Perhitungan Konsentrasi NO <sub>x</sub> dalam Larutan Standar NaNO <sub>2</sub> ..... 44
<b>Lampiran 5</b>	Data Pembuatan Kurva Baku Nitrit..... 45
<b>Lampiran 6</b>	Data Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED..... 46
<b>Lampiran 7</b>	Data Pengaruh Waktu Pemaparan..... 48
<b>Lampiran 8</b>	Data Penentuan Usia Penyimpanan Larutan Penyerap NED ..... 50
<b>Lampiran 9</b>	Data Penentuan Kestabilan Senyawa Azo.. 53



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara dewasa ini semakin memprihatinkan. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 1999, di beberapa propinsi terutama di kota-kota besar di Indonesia menunjukkan emisi kendaraan bermotor merupakan kontribusi terbesar terhadap pencemaran udara (Kastiyowati, 2001). Sebagai salah satu komponen pencemar udara, oksida nitrogen memberikan kontribusi yang cukup tinggi di udara sebesar 73,40 % (Sutardi, 2008). Udara yang telah tercemar gas nitrogen monoksida tidak hanya berbahaya bagi kehidupan manusia dan hewan tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman apabila berada di atas standar baku mutu udara untuk gas NO<sub>x</sub> yaitu sebesar 400 µg/m<sup>3</sup> dengan waktu pengukuran selama 1 jam (Anonim<sup>a</sup>, 2008).

Metode yang selama ini dikembangkan untuk menentukan keberadaan gas NO<sub>x</sub> di udara umumnya menggunakan metode spektrofotometri, *phenol disulphonic acid* (PDS), kromatografi ion, chemiluminescen dan lain-lain. Namun di antara sekian banyak metode untuk mendeteksi keberadaan gas NO<sub>x</sub>, metode spektrofotometri menggunakan larutan penyerap *Griess Saltzman* yang paling sering digunakan karena tahapan analisisnya relatif cepat dan cukup sederhana jika dibandingkan dengan metode lainnya.

Penentuan gas NO<sub>x</sub> dengan metode *Griess Saltzman* didasarkan pada teknik absorpsi gas yaitu gas NO<sub>x</sub> akan diserap dengan menggunakan larutan penyerap *Griess Saltzman*. Gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap akan terkonversi menjadi ion nitrit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pandurangappa and Balasubramanian (1996) gas oksida nitrogen di udara akan terukur sebagai nitrit pada larutan penyerap yang sesuai. Hal ini didukung oleh Chen *et al.* (2004), bahwa gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap akan bereaksi dengan molekul air menghasilkan asam nitrit dan asam nitrat dimana persentase gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi asam nitrit tidak lebih dari 50 %. Menurut Vogel (1985) ion nitrit mengalami reaksi diazotisasi dengan asam sulfanilat



membentuk garam diazonium. Garam ini selanjutnya bereaksi dengan NED membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan dan nilai absorbansinya di ukur pada panjang gelombang 550 nm. Besarnya konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit dapat diketahui melalui perhitungan menggunakan kurva baku nitrit.

Pengukuran gas NO<sub>x</sub> di udara dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain konsentrasi larutan penyerap, waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> dan usia penyimpanan larutan penyerap. Hasil penelitian Gustafsson *et al.* (1999), menunjukkan bahwa konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi sedangkan untuk waktu pemaparan dan usia penyimpanan larutan penyerap akan mengalami penurunan jika telah mencapai keadaan setimbang. Pernyataan tersebut didukung oleh Lee (2000), bahwa proses absorpsi terus berjalan hingga tercapai kesetimbangan antara konsentrasi gas pada larutan penyerap dengan konsentrasi gas pada polutan.

Dari uraian di atas, maka pada penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi larutan penyerap NED, waktu pemaparan serta usia penyimpanan larutan penyerap NED terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang diajukan adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi larutan penyerap N-(1-naptil)-etilen diamin dihidroklorida (NED) terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara?
2. Bagaimanakah pengaruh waktu pemaparan terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara dengan larutan penyerap NED?
3. Berapakah usia penyimpanan larutan penyerap NED untuk mendeteksi gas NO<sub>x</sub> di udara?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Gas NO<sub>x</sub> buatan dibuat dengan cara mereaksikan logam Cu dengan HNO<sub>3</sub> pekat.
2. Konsentrasi gas NO buatan sebesar 1200 µg/mL.

### 3. Variabel penelitian:

- Konsentrasi larutan penyerap NED yang digunakan adalah: 0,2 ; 0,15 ; 0,1 ; 0,05 ; dan 0,025 % (b/v).
  - Waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> yang digunakan adalah: 15, 30, 45, 60 dan 75 menit.
  - Usia penyimpanan larutan penyerap NED diamati dalam kurun waktu 30 hari.
4. Laju alir gas 400 mL / menit.
  5. Suhu penyimpanan larutan penyerap 25-28<sup>o</sup>C.
  6. Pengukuran menggunakan metode spektrofotometri.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan penyerap NED terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara.
2. Mempelajari pengaruh waktu pemaparan terhadap penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara dengan larutan penyerap NED.
3. Menentukan usia penyimpanan larutan penyerap NED untuk mendeteksi gas NO<sub>x</sub> di udara.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diperoleh nilai optimum dari parameter konsentrasi larutan penyerap NED, waktu pemaparan dan usia penyimpanan larutan penyerap NED sehingga dapat digunakan sebagai data acuan untuk penelitian lebih lanjut.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah berubahnya salah satu komposisi udara dari keadaan normalnya, dalam jumlah tertentu untuk jangka waktu yang cukup lama sehingga akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tanaman. Sejalan dengan perkembangan industri pada daerah perkotaan, kesetimbangan komposisi udara menjadi terganggu bahkan berubah yaitu dengan masuknya zat-zat pencemar seperti polutan (Achmad, 2004).

Polutan dibagi menjadi dua kategori yaitu polutan primer dan polutan sekunder. Polutan primer adalah senyawa-senyawa yang secara langsung diemisikan dari sumbernya. Beberapa contoh dari polutan primer antara lain SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> dan hidrokarbon. Sedangkan polutan sekunder merupakan hasil reaksi antara pencemar primer dengan polutan lain yang terkandung didalam udara (Riyadi, 1992).

### 2.2 Oksida Nitrogen (NO<sub>x</sub>)

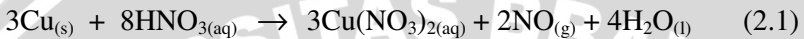
Oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer dalam bentuk NO dan NO<sub>2</sub>. Namun NO dan NO<sub>2</sub> merupakan bentuk yang penting dalam pencemaran udara dan mempunyai sifat dapat larut di dalam air membentuk asam-asam nitrit dan oksida nitrogen. Nitrogen dioksida bisa menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia apabila konsentrasinya berkisar antara 118-156 µg/m<sup>3</sup> (0,063-0,083 ppm). Oksida nitrogen terjadi secara alami karena adanya aktivitas manusia yaitu dengan membuang gas NO<sub>x</sub> ke udara dari transportasi, industri, pembakaran bahan bakar minyak dan pembakaran sampah (Sawyer *et al.*, 1994).

#### 2.2.1 Nitrogen Monoksida (NO)

Nitrogen monooksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak

berbahaya, kecuali jika gas NO berada dalam konsentrasi tinggi yang dapat menimbulkan gangguan pada sistem saraf (Saputra, 2008).

Menurut Cotton dan Wilkinson (1989) gas nitrogen monooksida (NO) dibentuk dalam banyak reaksi yang menyangkut reduksi asam nitrat. Salah satu contohnya adalah mereaksikan logam Cu dengan asam nitrat. Reaksi antara logam Cu dengan asam nitrat dapat dituliskan pada persamaan reaksi 2.1:



### 2.2.2 Nitrogen Dioksida

Nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) merupakan senyawa nitrogen yang berwarna coklat kemerahan dan juga merupakan senyawa hasil disosiasi dari dinitrogen tetroksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) dalam fase gas. Sehingga jika dalam bentuk cairan merupakan dinitrogen tetroksida, jika dalam bentuk gas berupa nitrogen dioksida. Nitrogen dioksida memiliki pasangan elektron bebas sehingga bersifat paramagnetik (Fandeli, 1995).

Nitrogen dioksida dibentuk melalui reaksi yang terjadi antara gas NO dengan oksigen. Reaksi antara gas NO dengan oksigen dapat dituliskan pada persamaan 2.2 (Cotton dan Wilkinson, 1989):



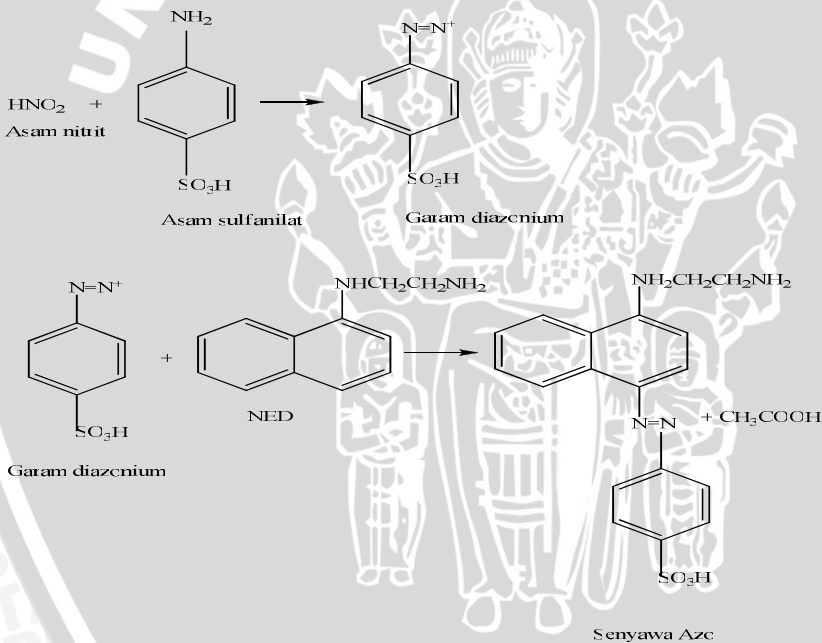
Di udara ambien yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi  $\text{NO}_2$  yang bersifat racun terutama pada paru-paru. Apabila kadar  $\text{NO}_2$  di udara melebihi 100 ppm dapat mengakibatkan kematian yang disebabkan oleh gejala pembengkakan paru-paru (Dias and Cardoso, 2007).

## 2.3 Metode Analisa Gas NOx Secara Spektrofotometri

### 2.3.1 Metode Griess Saltzman

Metode yang di pakai untuk analisa gas NOx antara lain dengan menggunakan metode spektrofotometri. Salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan gas NOx dengan menggunakan metode spektrofotometri adalah teknik absorpsi. Pada teknik absorpsi yaitu gas NOx dapat diabsorpsi dan ditentukan dengan variasi metode

kolorimetri atau titrimetri. Gas NO<sub>x</sub> yang bercampur dengan udara dapat diabsorpsi ke dalam larutan alkali dan diubah menjadi bentuk ion nitrit. Larutan ion nitrit dapat dianalisis dengan menggunakan metode *Griess Saltzman* (Donki,1955). Metode ini berdasarkan reaksi antara nitrit dengan asam sulfanilat membentuk suatu garam diazonium yang selanjutnya akan bereaksikan dengan larutan NED membentuk warna merah keunguan. Intensitas warna yang terbentuk diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm (Quirit *et al.*, 2007). Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas oksida nitrogen di udara ambien apabila range konsentrasi NO<sub>x</sub> antara 4 g/m<sup>3</sup>- 10.000 g/m<sup>3</sup> (0,002 ppm -5 ppm (v)) (Anonymous, 2000). Reaksi antara asam nitrit dengan NED dan asam sulfanilat diperlihatkan pada gambar (2.1) (Sawyer *et al.*, 1994):



Gambar 2.1 Reaksi antara asam nitrit dengan larutan penyerap

Larutan penyerap lainnya yang dapat digunakan untuk mengubah gas NO<sub>2</sub> menjadi ion nitrit adalah natrium iodida (NaI) dan natrium



hidroksida (NaOH). Gas NO<sub>2</sub> dialirkan ke dalam tabung kaca yang berisi larutan NaOH dan NaI, selanjutnya gas NO<sub>2</sub> dioksidasi oleh iodida menjadi ion nitrit sedangkan hidroksida bereaksi dengan gas karbon dioksida membentuk ion karbonat. Konsentrasi ion nitrit yang terbentuk dapat ditentukan dengan menggunakan metode *Griess Saltzman*. Metode ini dapat digunakan untuk pengukuran gas NO<sub>2</sub> di udara ambien dengan waktu sampling selama 24 jam dan range konsentrasi nitrit yang terukur 0,1-10 µgN/m<sup>3</sup> (Ferm and Sjodin, 1993). Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Ileperuma and Abeyratne (2001), gas NO<sub>2</sub> di udara ambien dapat ditentukan dengan menggunakan larutan penyerap NaI, NaOH dan metanol. Gas NO<sub>2</sub> akan direduksi menjadi ion nitrit dengan reaksi sebagai berikut:



Gas NO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan iodida membentuk ion nitrit. Ion nitrit yang terbentuk di analisis menggunakan metode kolorimetri melalui reaksi diazotasi dengan asam sulfanilat dan reaksi kopling dengan NED.

### 2.3.2 Metode FTIR

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Verma *et al.* (2007), gas NO<sub>2</sub> di udara ambien dapat ditentukan dengan menggunakan metode FTIR. Gas NO<sub>2</sub> di udara ambien akan diserap menggunakan larutan natrium hidroksida dan natrium arsenat. Larutan penyerap ini mengkonversi gas NO<sub>2</sub> menjadi ion nitrit. Selanjutnya ion nitrit yang terbentuk di analisa secara kuantitatif menggunakan metode FTIR. Ion nitrit ditentukan keberadaannya dari peak-peak yang terbentuk.

### 2.4 Nitrit

Nitrit adalah ion negatif yang terbentuk dari asam nitrit (HNO<sub>2</sub>) dan bersifat tidak stabil. Nitrit merupakan intermediet dalam siklus nitrogen, dapat bertindak sebagai oksidator maupun reduktor. Nitrit dapat diperoleh dari reduksi nitrat menggunakan C, Fe atau Pb pada suhu yang tidak terlalu tinggi, reaksinya dapat dilihat pada persamaan 2.4 (Greenberg *et al.*, 1989) :



Nitrit biasanya dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Pada bidang medis nitrit dimanfaatkan sebagai obat sakit jantung, tetapi sifatnya berbahaya karena nitrit dapat bereaksi dengan haemoglobin dalam darah akibatnya darah tidak bisa mengikat oksigen (Alaerts dan Santika, 1987). Fungsi lain dari nitrit adalah untuk membebaskan asam nitrit bagi sintesis senyawaan diazonium organik dari amina aromatik primer (Cotton dan Wilkinson, 1989).

## 2.5 Absorpsi Gas

Absorpsi gas merupakan proses kontak antara gas dengan larutan penyerap yang sesuai, sehingga satu atau lebih komponen dalam campuran gas akan larut dalam larutan penyerap. Proses absorpsi ini melibatkan difusi partikel-partikel gas ke dalam cairan sehingga terjadi perpindahan fasa dari fasa gas ke fasa cair (Kartohardjono *dkk*, 2007). Cairan yang mampu melarutkan gas disebut absorben, sedangkan gas yang akan dilarutkan disebut absorbat. Proses absorpsi yang maksimal dapat dicapai dengan jalan (Lee, 2000):

1. Memperbesar area kontak antara gas dengan absorben.
2. Menambah waktu kontak antara gas dengan absorben sehingga proses perpindahan dari fase gas menuju fase cair dapat berjalan lebih sempurna.

Proses absorpsi ini melibatkan difusi partikel-partikel gas ke dalam cairan. Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi absorpsi adalah kelarutan (*solubility*) gas dalam pelarut dalam kesetimbangan, tekanan operasi, serta temperatur. Pada umumnya, naiknya temperatur menyebabkan kelarutan gas menurun (Kartohardjono *dkk*, 2007).

Laju absorpsi dapat terjadi secara fisik dan kimiawi. Absorpsi fisik meliputi pelarutan polutan dalam zat cair dimana kelarutan polutan tergantung pada absorben yang digunakan. Sedangkan absorpsi kimiawi merupakan zat cair yang bereaksi dengan polutan membentuk fase cair yang stabil dan mudah dideteksi (Boedisantoso, 2002).

## 2.6 Satuan Konsentrasi

Hasil pengukuran emisi, termasuk didalamnya hasil pengukuran karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen dioksida dan hidrogen klorida dinyatakan dalam konsentrasi dengan satuan ppm atau  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Lee, 2000).

Maka konversi dari satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ke ppm atau sebaliknya dengan menggunakan persamaan 2.5 (Hendrawan, 2004):

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{Mr} \times 1000}{\text{R} \times \text{t}} \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk konversi dari satuan ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan menggunakan persamaan 2.6 (Scotte, 2006):

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{R} \times \text{t}}{\text{Mr} \times 1000} \quad (2.6)$$

dimana: R= tetapan gas universal= 0,082 L.atm/mol kelvin  
t= suhu (kelvin)

dengan menggunakan kedua rumus diatas maka diperoleh faktor konversi dari ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk  $\text{NO}_2$  dengan tekanan 1 atmosfer dan suhu  $25^\circ\text{C}$  adalah sebesar 1880 dengan detail perhitungan sebagai berikut (Scotte, 2006):

$$\begin{aligned} \mu\text{g}/\text{m}^3 &= \frac{\text{ppm} \times \text{Mr} \times 1000}{\text{R} \times \text{t}} \\ &= \frac{1 \times 46 \times 1000}{0,082 (25+273)} \end{aligned}$$

$$1 \text{ ppm} = 1880 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Sehingga nilai konversi untuk gas NO dari satuan ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$  dan tekanan 760 mm Hg atau 1 atm adalah sebagai berikut (Sawyer *et al.*, 1994):

$$\begin{aligned} \mu\text{g}/\text{m}^3 &= \frac{\text{ppm} \times \text{Mr} \times 1000}{\text{R} \times \text{t}} \\ &= \frac{1 \times 30 \times 1000}{0,082 (25+273)} \end{aligned}$$

$$1 \text{ ppm} = 1230 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

## 2.7 Spektrofotometri Sinar Tampak

Metode spektrofotometri sinar tampak selalu melibatkan senyawa berwarna. Semua reaksi kimia dapat terlibat diantaranya melalui reaksi redoks, reaksi pembentukan kompleks dan reaksi yang menggunakan senyawa organik (Day dan Underwood, 1990). Pengukuran absorbansi atau transmitansi dalam spektrofotometri ultraviolet dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif senyawa-senyawa kimia. Menurut Sastrohamidjojo (1991), serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan tampak tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektrum ultraviolet dan tampak dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi diantara tingkatan energi elektronik. Maka dari itu serapan radiasi ultraviolet atau tampak sering dikenal sebagai spektroskopi elektronik. Spektrum cahaya tampak berkisar pada panjang gelombang 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum ultraviolet berkisar pada daerah panjang gelombang 200 nm sampai 400 nm.

Beberapa macam transisi elektron yang terjadi pada spektrofotometri ultraviolet adalah transisi  $n \rightarrow \pi^*$ , transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$ ,  $n \rightarrow \sigma^*$  dan transisi  $\sigma \rightarrow \sigma^*$ . Kebanyakan penerapan spektrofotometri ultraviolet pada senyawa-senyawa organik didasarkan pada transisi  $n \rightarrow \pi^*$  ataupun  $\pi \rightarrow \pi^*$ , oleh karena itu memerlukan hadirnya gugus kromofor dalam molekul itu (Silvestein and Morrill, 1981).

## 2.8 Parameter Pengukuran Gas NOx

Pada penentuan gas NOx di udara menggunakan metode *Griess Saltzman*, ada beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu waktu pemaparan dan konsentrasi NED sebagai salah satu komponen dalam larutan penyerap.

### 2.8.1 Konsentrasi larutan penyerap NED

Larutan penyerap atau absorbent adalah suatu jenis larutan yang dapat digunakan untuk menyerap polutan berupa gas di udara ambien

(Gustafsson *et al.*, 1999). Menurut Suparni dan Purnavita (2008) persyaratan suatu larutan bisa dijadikan sebagai larutan penyerap adalah memiliki daya melarutkan bahan yang akan diabsorpsi sebesar mungkin, selektif, memiliki tekanan uap yang rendah, tidak korosif, mempunyai viskositas yang rendah, stabil secara termis dan murah. Larutan penyerap yang biasanya digunakan untuk menentukan gas NO<sub>x</sub> di udara adalah larutan N-(1-Naptil) etilen diamin dihidroklorida (NED) dengan rumus kimia C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub>. Kelarutan NED dalam air adalah 30 g/L pada suhu 20<sup>0</sup>C dengan massa molar sebesar 259 g/mol. Selain itu NED dapat mengakibatkan iritasi pada mata dan kulit (Anonim<sup>b</sup>, 2008). Konsentrasi larutan penyerap NED yang digunakan setara dengan jumlah senyawa azo yang terbentuk di lihat dari nilai absorbansi senyawa azo yang terukur.

### **2.8.2 Waktu pemaparan**

Waktu pemaparan atau istilah lain dari waktu sampling adalah waktu yang dibutuhkan untuk memaparkan gas NO<sub>x</sub> pada larutan penyerap. Waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> yang digunakan pada Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) selama 60 menit, dengan bertambahnya waktu pemaparan menyebabkan semakin banyak gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap sehingga akan meningkatkan jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit (Kanda and Taira, 2003).



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga bulan Juli 2009 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.

#### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

##### **3.2.1 Bahan penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah N-(1-naptil)-etilen diamin dihidroklorida (NED) (p.a.), asam sulfanilat (p.a.),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  glasial,  $\text{HNO}_3$  65 % (v/v),  $\text{NaNO}_2$  (p.a.), serbuk Cu (p.a.) dan akuades.

##### **3.2.3 Alat penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik Adventurer Model AR 2130, pipet mikro-assipette digital no.115, impinger 20 mL, flowmeter, spektrofotometer spectronik-20 Education dan kuvet, pompa akuarium (ACO-001), selang, botol semprot, kran kaca, statif, stopwach, pengaduk magnetik (IKAMAG<sup>®</sup>RH), stirrer, spektrofotometer UV-Vis dan kuvet, bola hisap, desikator, oven (Memmert-Germany), reaktor pembuat gas  $\text{NO}_x$  dan seperangkat alat gelas.

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

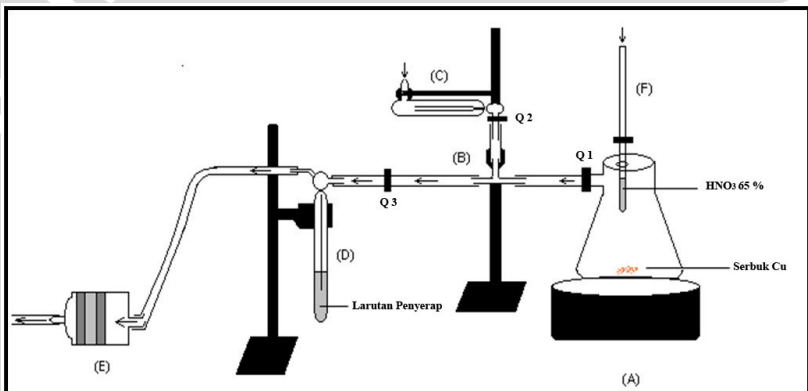
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

1. Preparasi pembuatan gas  $\text{NO}_x$ .
2. Preparasi larutan penyerap NED.
3. Penentuan kestabilan senyawa azo.
4. Pengaruh konsentrasi larutan penyerap NED.
5. Pengaruh waktu pemaparan.
6. Penentuan waktu penyimpanan larutan penyerap NED.
7. Pembuatan kurva baku nitrit.

### 3.4 Cara Kerja Penelitian

#### 3.4.1 Preparasi pembuatan gas NOx

Sampel gas NO<sub>x</sub> dibuat dengan cara mereaksikan 0,04 g Cu dan 0,07 mL HNO<sub>3</sub> pekat dalam reaktor gas untuk mendapatkan gas NO sebesar 1200 µg/mL atau 895.440 ppm udara. Gas NO<sub>x</sub> yang terbentuk diencerkan menggunakan udara bebas. Selanjutnya gas NO<sub>x</sub> akan mengalir ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penyerap. Larutan penyerap mengandung campuran NED, asam asetat dan asam sulfanat sebanyak 10 mL dengan laju alir gas sebesar 400 mL/menit. Skema rangkaian alat yang digunakan pada percobaan ini ditunjukkan oleh gambar 3.1:



Gambar 3.1 Rangkaian alat pembuat gas NO<sub>x</sub>

Keterangan gambar: (A) tabung pembuat gas NO<sub>x</sub>, (B) kaca kaki tiga, (C) tabung udara pengencer, (D) tabung impinger, (E) pompa akuarium, (F) tabung yang berisi HNO<sub>3</sub> pekat. Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> dan Q<sub>3</sub> merupakan laju alir gas.

#### 3.4.2 Preparasi larutan penyerap NED

##### 3.4.2.1 Pembuatan larutan stok NED

Larutan stok NED 0,2 % (b/v) dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,2 g NED. Kemudian dilarutkan dalam gelas kimia 100 mL lalu diencerkan dalam labu ukur 100 mL serta ditambahkan akuades sampai tanda batas (SNI, 2005).

### 3.4.2.2 Variasi konsentrasi NED

Variasi konsentrasi NED yang digunakan adalah 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025 % (b/v). Untuk membuat NED dengan konsentrasi 0,15 % dilakukan dengan cara memipet larutan stok NED 0,2 % sebanyak 75 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Prosedur diatas dilakukan kembali untuk pembuatan larutan NED 0,1 %; 0,05 % dan 0,025 %.

### 3.4.2.3 Pembuatan larutan penyerap *Griess-Saltzman*

Ditimbang 0,5 g asam sulfanilat kemudian dilarutkan dalam 14 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  glasial. Proses pelarutan dilakukan di atas magnetik stirer sambil ditambahkan akuades sedikit demi sedikit hingga semua asam sulfanilat larut kurang lebih sampai volume 75 mL. Larutan di atas dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL lalu ditambahkan larutan NED 0,20 % sebanyak 2 mL kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Prosedur diatas dilakukan kembali untuk penambahan NED 0,15; 0,1; 0,05 dan 0,025 % (SNI, 2005).

### 3.4.3 Penentuan kestabilan senyawa azo

Dipipet 10 mL larutan penyerap *Griess Saltzman* yang terdiri dari campuran NED 0,10 %, asam sulfanilat 0,029 M dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  17,49 M, dimasukkan ke dalam tabung impinger. Setelah itu ditambahkan 7,5 mL larutan natrium nitrit  $4 \times 10^{-4}$  M dan dipaparkan menggunakan udara bebas dengan laju alir 400 mL/menit. Variasi waktu pengukuran yang digunakan adalah 30, 45, 60, 90 dan 120 menit. Absorbansinya diukur pada panjang gelombang 550 nm. Dibuat grafik hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu pemaparan (menit) pada sumbu x.

### 3.4.4 Pengaruh konsentrasi larutan penyerap

Sebanyak 0,04 g Cu dan 0,07 mL  $\text{HNO}_3$  65 % (v/v) dimasukkan ke dalam reaktor pembuat gas yang akan menghasilkan gas  $\text{NO}_x$  dengan konsentrasi 1200  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Selanjutnya gas  $\text{NO}_x$  yang terbentuk diencerkan terlebih dahulu menggunakan udara bebas. Gas  $\text{NO}_x$  yang terbentuk terserap ke dalam tabung impinger yang berisi 10 mL

larutan penyerap yang mengandung 17,49 M asam asetat, 0,029 M asam sulfanilat dan 0,10 % NED dengan laju alir gas ( $Q_3$ ) 400 mL/menit. Waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> terhadap larutan penyerap dilakukan selama 15 menit. Larutan penyerap yang semula bening berubah menjadi berwarna merah keunguaan dan absorbansinya diukur pada panjang gelombang 550 nm. Prosedur ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan (SNI, 2005).

Prosedur di atas dilakukan kembali dengan variasi konsentrasi larutan penyerap NED sebesar 0,2; 0,15; 0,05 dan 0,025 % (b/v). Selanjutnya dibuat grafik hubungan absorbansi pada sumbu y dengan konsentrasi NED pada sumbu x, kemudian dari grafik tersebut ditentukan konsentrasi optimum NED.

### **3.4.5 Pengaruh waktu pemaparan**

Larutan penyerap yang mengandung campuran asam asetat 17,49 M, asam sulfanilat 0,029 M dan NED konsentrasi 0,1 % dipaparkan dengan gas NO<sub>x</sub>. Waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> dibuat bervariasi yaitu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit dengan laju alir gas sebesar 400 mL/menit. Absorbansi larutan penyerap pada masing-masing waktu pemaparan ditentukan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 550 nm. Selanjutnya dibuat grafik hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu pemaparan (menit) pada sumbu x sehingga dari grafik tersebut dapat ditentukan waktu pemaparan optimum gas NO<sub>x</sub>. Prosedur ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

### **3.4.6 Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap NED**

Larutan penyerap yang mengandung campuran asam asetat 17,49 M, asam sulfanilat 0,029 M dan NED konsentrasi 0,10 % dipaparkan gas NO<sub>x</sub> selama 45 menit dengan laju alir gas sebesar 400 mL/menit dan waktu pengukuran dilakukan selama 30 hari. Absorbansi larutan penyerap diukur menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 550 nm. Selanjutnya dibuat grafik hubungan absorbansi pada sumbu y dengan usia penyimpanan (hari) pada sumbu x, sehingga dapat diketahui usia pemakaian larutan penyerap dari grafik yang ada. Prosedur ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

### 3.4.7 Pembuatan kurva baku nitrit

Dikeringkan padatan  $\text{NaNO}_2$  dalam oven selama 2 jam pada suhu  $105^\circ\text{C}$  untuk menghilangkan kadar airnya setelah itu didinginkan dalam desikator. Padatan  $\text{NaNO}_2$  yang telah kering ditimbang sebanyak 0,246 g dan dilarutkan dalam gelas kimia 250 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan induk natrium nitrit di atas dipipet sebanyak 1 mL lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan akuades hingga tanda batas (SNI, 2005).

Dipipet masing-masing 0 mL; 1 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL dan 5 mL larutan standar nitrit, dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan larutan penyerap sampai tanda batas. Didiamkan selama 15 menit agar pembentukan warna sempurna. Serapan masing-masing larutan standar diukur menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 550 nm. Dibuat kurva baku hubungan absorbansi dengan konsentrasi  $\text{NO}_2^-$  ( $\mu\text{g/mL}$ ) (SNI, 2005).





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara dengan menggunakan metode *Griess Saltzman*, parameter yang berpengaruh antara lain konsentrasi NED yang merupakan salah satu komponen dalam larutan penyerap griess-saltzman. Konsentrasi NED yang digunakan sebanding dengan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit ditinjau dari jumlah senyawa azo yang terbentuk. Parameter lain yang berpengaruh adalah waktu pemaparan.

Tahapan pada penelitian ini meliputi preparasi pembuatan gas NO<sub>x</sub>, preparasi larutan penyerap NED, penentuan kestabilan senyawa azo, pengaruh konsentrasi larutan penyerap NED, pengaruh waktu pemaparan, penentuan usia penyimpanan larutan penyerap NED dan pembuatan kurva baku nitrit.

### 4.1 Preparasi Pembuatan Gas NO<sub>x</sub>

Preparasi rangkaian alat pembuatan gas NO<sub>x</sub> menggunakan teknik absorpsi gas yaitu teknik pengumpulan gas berdasarkan kemampuan gas pencemar terabsorpsi atau bereaksi dengan larutan spesifik, dalam hal ini larutan penyerap meliputi campuran NED, asam sulfanilat dan asam asetat.

Gas NO buatan, dibuat dengan cara mereaksikan serbuk Cu dan HNO<sub>3</sub> pekat dalam tabung pembuat gas yang menghasilkan gas NO<sub>x</sub> konsentrasi 1200 µg/mL (perhitungannya pada lampiran 3) setelah itu gas NO<sub>x</sub> diencerkan menggunakan udara bebas bertujuan untuk menurunkan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap yaitu sebesar 150 µg/mL.

Menurut Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) konsentrasi 150 µg/mL masuk ke dalam rentang 101-199 dengan kategori tidak sehat bersifat merugikan makhluk hidup. Pada proses pengenceran, gas NO bereaksi O<sub>2</sub> berlebih sebesar 21 % yang berasal dari udara bebas membentuk gas NO<sub>2</sub>. Gas NO<sub>2</sub> akan terserap ke dalam larutan penyerap terdiri dari campuran NED, asam sulfanilat dan asam asetat dengan laju alir gas (Q<sub>3</sub>) sebesar 400 mL/menit, diharapkan pada laju alir 400 mL/menit gas NO<sub>x</sub> yang terbentuk dapat terserap secara maksimal oleh larutan penyerap. Laju alir gas sebesar 400 mL/ menit merupakan laju alir standar gas yang telah ditetapkan pada proses

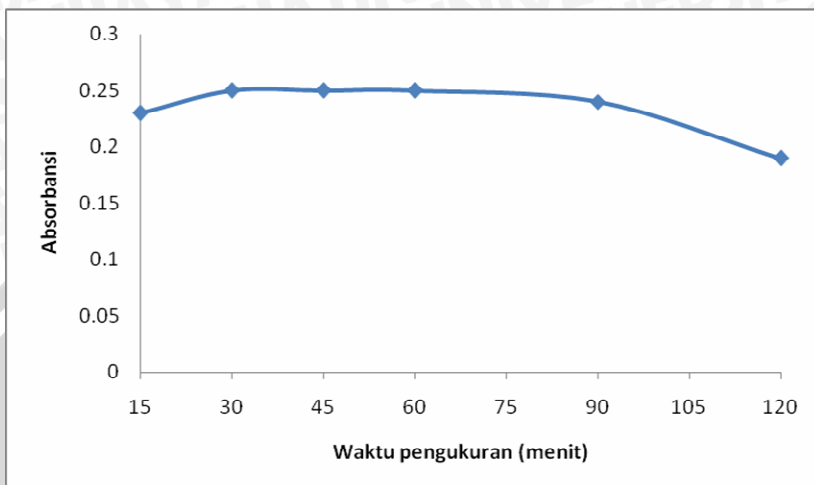
pengambilan sampling gas menurut ISPU.

Udara bebas yang digunakan pada proses pengenceran diasumsikan memiliki distribusi gas  $\text{NO}_x$  dan  $\text{N}_2$  sebesar 0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Gas  $\text{N}_2$  mempunyai kadar paling tinggi di udara sebesar 72 %, namun dalam hal ini gas  $\text{N}_2$  tidak akan memberikan kontribusi pada proses pengenceran di atas karena gas  $\text{N}_2$  bersifat inert sehingga tidak terjadi reaksi antara gas  $\text{N}_2$  dengan gas  $\text{NO}_x$  saat proses pengenceran menggunakan udara bebas berlangsung. Hal yang sama juga berlaku untuk gas  $\text{NO}_x$  yang berasal dari udara bebas, diasumsikan tidak akan memberikan kontribusi pada saat pengenceran ditinjau dari waktu tinggal gas  $\text{NO}_x$  di udara selama 3 hari dan jumlah gas  $\text{NO}_x$  tersebar secara merata di udara sehingga konsentrasinya menjadi kecil (Fardiaz, 1992).

## 4.2 Penentuan Kestabilan Senyawa Azo

Tahapan awal pada penelitian ini adalah menentukan kestabilan senyawa azo yang terbentuk. Waktu stabil dari senyawa azo ditentukan agar pengukuran menggunakan spektrofotometer dapat dilakukan. Waktu stabil yaitu waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan, dimana nilai absorbansi yang terukur setara dengan batas kesetimbangan reaksi yang terjadi. Hal ini dapat diamati dari waktu stabil yang diperoleh saat nilai absorbansinya mencapai nilai konstan.

Pada penentuan kestabilan senyawa azo digunakan sampel nitrit karena besarnya nitrit yang direaksikan dengan larutan penyerap lebih kuantitatif jika dibandingkan dengan sampel gas. Sampel nitrit yang digunakan sebanyak 7,5 mL dengan konsentrasi 150  $\mu\text{g}/\text{mL}$  diteteskan ke dalam 10 mL larutan penyerap yang mengandung campuran asam asetat, asam sulfanilat dan NED 0,10% (b/v). Setelah itu campuran antara larutan penyerap dengan nitrit dipaparkan menggunakan udara bebas dengan laju alir 400 mL/menit. Waktu pengukurannya dibuat bervariasi yaitu 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit dengan tujuan untuk mengetahui waktu stabil dari senyawa azo tersebut dilihat dari nilai absorbansi yang terukur pada masing-masing waktu pengukuran. Data hasil penentuan kestabilan senyawa azo ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik hubungan absorbansi dengan waktu pengukuran (menit)

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa waktu stabil dari senyawa azo berkisar antara menit ke 30 sampai 90. Hal ini menunjukkan bahwa asam nitrit yang terdapat dalam larutan telah bereaksi dengan asam sulfanilat membentuk garam diazonium. Garam diazonium yang terbentuk diasumsikan seluruhnya bereaksi dengan NED membentuk senyawa azo. Pada kondisi ini senyawa azo yang terbentuk telah mencapai kondisi setimbang sehingga nilai absorbansi senyawa azo yang terukur cenderung konstan. Kondisi berbeda terjadi pada waktu pengukuran 120 menit, nilai absorbansi senyawa azo mengalami penurunan karena kesetimbangan akan bergeser ke kiri yaitu ke arah reaktan akibatnya jumlah senyawa azo berkurang dan menurunkan nilai absorbansinya. Maka dari data kestabilan senyawa azo di atas dapat digunakan sebagai acuan pengukuran waktu pemaparan dan usia penyimpanan larutan penyerap.

### 4.3 Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED

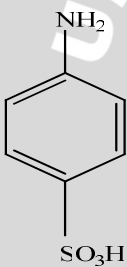
Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NED terhadap proses pembentukan kompleks warna

yang terjadi pada larutan penyerap setelah bereaksi dengan gas NOx. Variasi konsentrasi NED yang digunakan yaitu 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025% (b/v).

Gas NOx yang terserap oleh larutan penyerap akan bereaksi dengan molekul air (H<sub>2</sub>O) yang merupakan pelarut dari larutan penyerap membentuk ion nitrit dengan reaksi sebagai berikut (Chen *et al.*, 2004):



Ion nitrit menjadi sumber ion nitrosonium yang akan bereaksi dengan gugus amina aromatik primer dari asam sulfanilat dalam suasana asam membentuk garam diazonium. Reaksinya sebagai berikut:



Asam sulfanilat

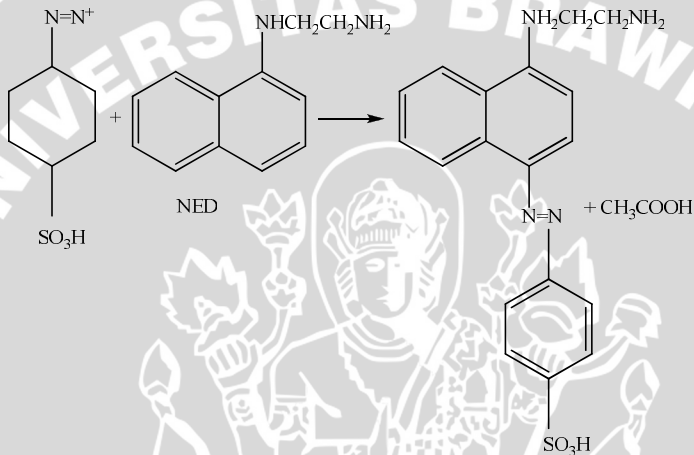
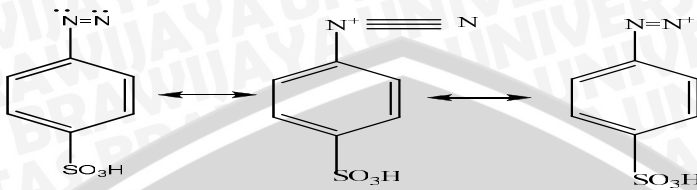
+



Garam diazonium

Gambar 4.2 Reaksi antara nitrit dengan asam sulfanilat

Garam diazonium mengalami reaksi kopling dengan NED. Pada reaksi tersebut ion diazonium bersifat elektrofilik akibat dari adanya struktur resonansi yang menunjukkan bahwa kedua nitrogen bermuatan parsial positif. Cincin benzena yang mempunyai ikatan C-H teraktifkan akan menyerang gugus nitrogen bermuatan positif kemudian membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan.

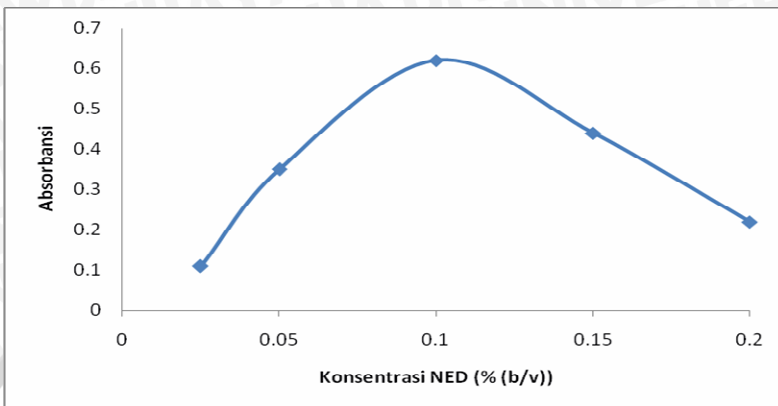


Gambar 4.3 Reaksi antara garam diazonium dengan NED

Senyawa azo umumnya mempunyai warna kuat dengan adanya kromofor berupa gugus azo ( $-N=N-$ ) yang mempunyai dua cincin aromatik, ke dua cincin aromatik tersebut dapat terkonjugasi sehingga mempermudah terjadinya delokalisasi elektron  $\pi$  akibatnya mampu menyerap radiasi pada daerah tampak (Solomons, 1980).

Data penentuan konsentrasi optimum NED sebagai larutan penyerap dapat dilihat pada gambar 4.4





Gambar 4.4 Grafik hubungan absorbansi dengan konsentrasi NED

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa konsentrasi NED yang digunakan sebanding dengan jumlah senyawa azo yang terbentuk. Nilai absorbansi akan terus meningkat dengan bertambahnya konsentrasi NED yang digunakan serta jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap. Pada konsentrasi NED 0,025% sampai 0,05% nilai absorbansi senyawa azo terus meningkat karena pada tahapan ini ion nitrit yang terbentuk masih terus bereaksi dengan ion H<sup>+</sup> dari asam asetat membentuk asam nitrit. Jumlah mol asam nitrit yang terbentuk belum cukup untuk bereaksi dengan asam sulfanilat membentuk garam diazonium secara optimal akibatnya hanya sebagian NED yang bereaksi dengan garam diazonium membentuk senyawa azo sehingga nilai absorbansi senyawa azo mengalami kenaikan hingga jumlah senyawa azo yang terbentuk mencapai kondisi optimum pada konsentrasi NED 0,10%. Pada konsentrasi optimum nilai absorbansi yang terukur adalah 0,62 setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 30,10 µg/mL serta setara dengan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> sebesar 36,72 µg/mL.

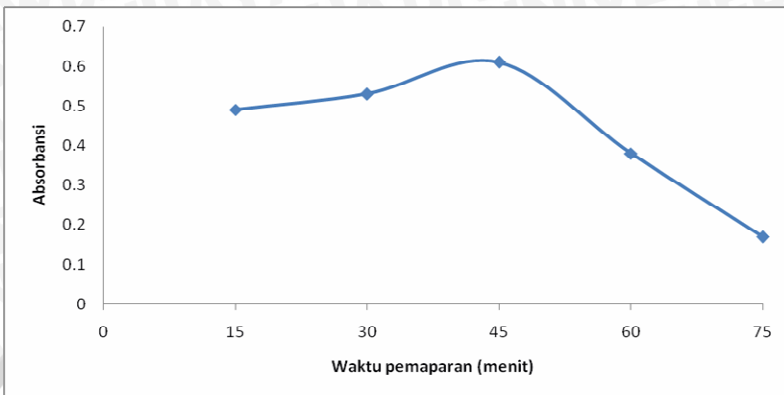
Kondisi yang berbeda terjadi setelah kondisi optimum tercapai yaitu pada konsentrasi NED 0,15% dan 0,20%. Semakin besar konsentrasi NED yang digunakan, akan menurunkan nilai absorbansi senyawa azo. Hal ini karena konsentrasi NED dalam larutan penyerap menjadi berlebih dibandingkan dengan konsentrasi asam asetat, asam sulfanilat dan ion nitrit yang diasumsikan tetap dalam

larutan penyerap sehingga terjadi persaingan pembentukan garam diazonium dan senyawa azo akibatnya menurunkan nilai absorbansi senyawa azo yang terukur.

Dari hasil perhitungan menggunakan kurva baku nitrit diperoleh bahwa jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit untuk masing-masing konsentrasi NED 0,025; 0,05; 0,10; 0,15 dan 0,20% adalah 5,35; 16,99; 30,10; 21,36; 10,68 µg/mL serta setara dengan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> sebesar 6,52; 20,73; 36,72; 26,06; 13,03 µg/mL, hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak semua gas NO<sub>x</sub> buatan terkonversi menjadi ion nitrit. Menurut Chen *et al.* (2004) gas NO<sub>x</sub> yang bereaksi dengan molekul air hanya mampu terkonversi 50 % menjadi ion nitrit dan sisanya akan terkonversi menjadi ion nitrat. Ion nitrit sangat bersifat tidak stabil sehingga mudah berubah menjadi ion nitrat akibatnya jumlah ion nitrit yang mampu terukur dengan menggunakan metode *Griess Saltzman* kurang dari 50 % dari besarnya gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit dalam larutan yang mengandung air dengan kata lain metoda *Griess Saltzman* selektif untuk pengukuran nitrit.

#### **4.4 Pengaruh Waktu Pemaparan**

Waktu pemaparan adalah waktu yang diperlukan untuk memaparkan gas NO<sub>x</sub> pada larutan penyerap. Diharapkan dengan semakin lamanya waktu pemaparan maka jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap semakin optimal, sehingga semakin banyak jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit. Variasi waktu pemaparan yang digunakan yaitu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit karena waktu stabil senyawa azo terletak pada range tersebut. Dari lima variasi waktu yang digunakan akan diperoleh waktu pemaparan optimum gas NO<sub>x</sub> dilihat dari absorbansi yang terukur yaitu nilai absorbansi yang paling besar. Data hasil waktu pemaparan dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik hubungan waktu pemaparan (menit) dengan absorbansi

Dari gambar grafik 4.5 dapat dilihat bahwa pada waktu pemaparan 15 menit sampai 45 menit nilai absorbansinya terus meningkat yang menandakan reaksi pembentukan senyawa azo masih berlangsung antara rentang waktu pemaparan 15 menit sampai 45 menit. Semakin lama waktu pemaparan menyebabkan kontak antara fasa gas dan fasa cairan semakin baik sehingga makin besar gas  $\text{NO}_x$  yang terkonversi menjadi ion nitrit. Ion nitrit yang terbentuk bereaksi dengan ion  $\text{H}^+$  membentuk asam nitrit yang merupakan sumber ion nitrosonium, jadi seiring bertambahnya waktu pemaparan akan menambah jumlah asam nitrit yang terbentuk akibatnya jumlah ion nitrosonium dalam larutan meningkat. Ion nitrosonium bereaksi dengan asam sulfanilat membentuk garam diazonium, dimana jumlah garam diazonium yang terbentuk semakin banyak dengan bertambahnya waktu pemaparan disertai dengan kenaikan nilai absorbansi senyawa azo hingga kondisi optimum tercapai. Kondisi optimum tercapai pada waktu pemaparan 45 menit. Nilai absorbansi yang terukur sebesar 0,61 setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 29,61  $\mu\text{g}/\text{mL}$  atau konsentrasi gas  $\text{NO}_x$  sebesar 36,12  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Pada kondisi optimum jumlah ion nitrosonium yang terbentuk sudah mencukupi untuk bereaksi dengan asam sulfanilat membentuk garam diazonium secara optimal sehingga meningkatkan nilai absorbansi senyawa azo.

Pada waktu pemaparan setelah 45 menit mengalami penurunan, hal ini terlihat dari nilai absorbansi yang terukur yaitu sebesar 0,38 dan 0,17 setara dengan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> sebesar 22,51 dan 10,07 µg/mL atau setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 18,45 dan 8,25 µg/mL diakibatkan oleh waktu pemaparan yang terlalu lama, sehingga meningkatkan jumlah ion nitrit yang terbentuk akibatnya jumlah nitrit yang bereaksi dengan asam sulfanilat untuk membentuk garam diazonium menjadi berlebih dan senyawa azo yang terbentuk menjadi kurang optimal sehingga menurun nilai serapan senyawa azo. Diduga kelebihan nitrit yang ada akan bereaksi dengan lingkaran benzen diazonium dari senyawa azo pada posisi para membentuk senyawa azo yang tersubstitusi oleh nitrit. Senyawa azo yang tersubstitusi oleh nitrit mempunyai serapan maksimum pada panjang gelombang berbeda dengan senyawa azo tak tersubstitusi oleh nitrit sehingga menurunkan serapan senyawa azo tak tersubstitusi oleh ion nitrit (Pine, 1988).

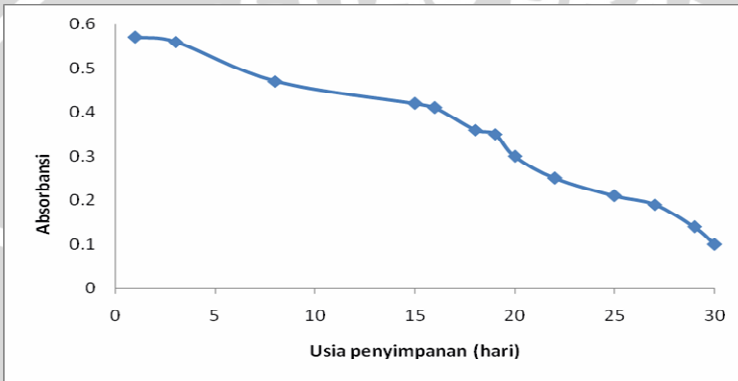
Apabila waktu pemaparan berdasarkan penelitian dan ISPU dibandingkan, maka didapatkan hasil yang berbeda. Menurut ISPU waktu pemaparan optimum berlangsung selama 60 menit namun menurut penelitian ini waktu pemaparan optimum tercapai pada 45 menit. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan kondisi pengambilan sampel gas NO<sub>x</sub>. Pada metode ISPU pengambilan sampelnya dilakukan secara langsung pada udara tercemar sehingga membutuhkan waktu pemaparan lebih lama karena di dalam udara tercemar terkandung berbagai jenis polutan lainnya yang dapat mempengaruhi proses pengambilan sampel gas NO<sub>x</sub> sedangkan pada penelitian ini sampel gas NO<sub>x</sub> berasal dari gas buatan dan sudah dapat dipastikan bahwa hanya menghasilkan gas NO<sub>x</sub> saja sehingga lebih cepat mencapai kondisi optimum. Oleh karena itu pada penelitian ini waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu pemaparan gas NO<sub>x</sub> pada metode ISPU.

#### **4.5 Penentuan Usia Penyimpanan Larutan Penyerap**

Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap dilakukan untuk mengetahui berapa lama larutan penyerap tersebut dapat dipakai dalam penentuan gas NO<sub>x</sub> di udara ditinjau dari pembentukan

senyawa azo yang akan mempengaruhi intensitas warna pada larutan penyerap, maka pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap waktu penyimpanan dari larutan penyerap selama 30 hari.

Gas NO<sub>x</sub> buatan dipaparkan selama 45 menit pada larutan penyerap yang mengandung campuran NED dengan konsentrasi 0,10 %, asam sulfanilat dan asam asetat glasial dengan laju alir gas 400 mL/menit. Data hasil penentuan usia pemakaian larutan penyerap dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik hubungan absorbansi dengan usia penyimpanan (hari)

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada hari pertama penyimpanan hingga hari ke 30 nilai absorbansinya mengalami penurunan sebanding dengan usia penyimpanan larutan penyerap tersebut. Pada hari pertama penyimpanan nilai absorbansi senyawa azo cukup tinggi yaitu sebesar 0,57 setara dengan 27,67  $\mu\text{g/mL}$  nitrit dan 33,76  $\mu\text{g/mL}$  gas NO<sub>x</sub>. Besarnya nilai absorbansi senyawa azo yang terukur dikarenakan jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terserap oleh larutan penyerap cukup tinggi sehingga jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit meningkat. Ion nitrit bereaksi dengan ion H<sup>+</sup> dari asam asetat membentuk asam nitrit. Asam nitrit merupakan sumber ion nitrosonium yang akan bereaksi dengan asam sulfanilat membentuk garam diazonium. Semakin besar jumlah gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit akan berdampak pada peningkatan jumlah asam nitrit yang terbentuk akibatnya jumlah garam



diazonium meningkat sehingga nilai absorbansi senyawa azo cenderung tinggi. Seiring dengan bertambahnya usia penyimpanan larutan penyerap tersebut maka nilai absorbansi senyawa azo yang terukur menurun. Hal ini akibat dari menurunnya kemampuan larutan penyerap untuk mengkonversi gas NO<sub>x</sub> menjadi ion nitrit, sehingga berdampak langsung terhadap jumlah senyawa azo yang dihasilkan terlihat dari nilai absorbansi senyawa azo mengalami penurunan. Penyebab lainnya adalah larutan penyerap akan teroksidasi oleh oksigen sehingga menyebabkan perubahan warna pada larutan penyerap setelah dipaparkan gas NO<sub>x</sub>. Pada mulanya larutan penyerap tersebut berwarna merah keunguan namun warna tersebut semakin memudar dengan bertambahnya usia penyimpanan larutan penyerap. Ketika usia penyimpanan larutan penyerap memasuki hari ke 27 warna larutan penyerap tersebut berubah menjadi berwarna kuning setelah terpapar gas NO<sub>x</sub>, akibatnya nilai absorbansi senyawa azo mengalami penurunan. Perubahan warna larutan penyerap menjadi berwarna kuning berlangsung hingga hari ke 30.

Pada penelitian ini usia penyimpanan larutan penyerap berlangsung selama 22 hari dengan nilai absorbansi sebesar 0,25 setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 12,14 µg/mL atau konsentrasi gas NO<sub>x</sub> sebesar 14,81 µg/mL. Hal ini didasarkan pada penentuan kestabilan pembentukan senyawa azo yaitu senyawa azo yang terbentuk stabil pada nilai absorbansi 0,25 sehingga dari nilai absorbansi tersebut dijadikan acuan untuk penentuan usia penyimpanan larutan penyerap. Diharapkan dari diketahuinya usia penyimpanan larutan penyerap, maka nantinya dapat diperkirakan berapa lama larutan penyerap tersebut dapat digunakan untuk aplikasi secara langsung di lapangan sehingga berpengaruh terhadap efisiensi bahan yang digunakan.

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Konsentrasi larutan penyerap NED mempengaruhi jumlah senyawa azo yang terbentuk. Konsentrasi optimum dicapai pada 0,10% dengan nilai absorbansi sebesar 0,62 setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 30,10  $\mu\text{g/mL}$  atau 36,72  $\mu\text{g/mL}$  gas  $\text{NO}_x$ .
2. Waktu pemaparan mempengaruhi jumlah gas  $\text{NO}_x$  yang terserap oleh larutan penyerap. Kondisi optimum untuk waktu pemaparan dicapai selama 45 menit dengan nilai absorbansi 0,61 setara dengan 29,61  $\mu\text{g/mL}$  nitrit atau 36,12  $\mu\text{g/mL}$  gas  $\text{NO}_x$ .
3. Usia penyimpanan larutan penyerap mempengaruhi nilai absorbansi senyawa azo yang terukur. Usia penyimpanan berlangsung selama 22 hari dengan nilai absorbansi 0,25 setara dengan konsentrasi nitrit sebesar 12,14  $\mu\text{g/mL}$  atau 14,81  $\mu\text{g/mL}$  gas  $\text{NO}_x$ .

### 5.2 Saran

1. Perlu ditambahkan reduktor ke dalam larutan penyerap untuk mengubah ion nitrat menjadi ion nitrit, misalnya  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan aseton.
2. Perlu dilakukan variasi konsentrasi asam sulfanilat pada penelitian selanjutnya untuk penentuan gas  $\text{NO}_x$  di udara.

## DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G. dan S.S. Santika, 1987, **Metode Penelitian Air**, Usaha Surabaya Nasional, Surabaya

Achmad, R., 2004, **Kimia Lingkungan**, Andi, Yogyakarta

Anonim<sup>a</sup>, 2008, **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara**,  
<http://udarakota.bappenas.go.id/view.php?page=pajanan> ,  
tanggal akses: 4 Oktober 2008

Anonim<sup>b</sup>, 2008, **N-(1-Naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride**, [http://www. Merck. Com](http://www.Merck.Com), diakses 12 Agustus 2008

Anonymous, 2000, **Standard Test Method for Nitrogen Oxides (Combined) Content in the Atmosphere by the Griess-Saltzman Reaction**,  
[http://amaec.kicet.re.kr/cd\\_astm/PAGES/D3608.htm](http://amaec.kicet.re.kr/cd_astm/PAGES/D3608.htm),  
tanggal akses 11 Nopember 2008

Boedisantoso, R., 2002, **Pengelolaan Kualitas Udara**, ITS, Surabaya

Chen X., Y. Oro, K. Tanaka, N. Takenaka dan H. Bandow, 2004, **A New Method for Atmospheric Nitrogen Dioxide Measurements Using the Combination of a Stripping Coil and Fluorescence Detection**, *Analytical Sciences*:20, 1019-1022

Cotton, F. A. dan G. Wilkinson, 1989, **Kimia Anorganik Dasar**, UI Press, Jakarta

Day, R.A. dan A. L. Underwood, 1990, **Analisa Kimia Kuantitatif**, Alih Bahasa: Soendoro. R., Erlangga, Jakarta

Dias, C.D. dan A.A. Cardoso, 2007, **Seasonal and Diurnal Variation of NO<sub>x</sub>-O<sub>3</sub> in the Troposphere of Salo Paulo State (Brazil)**, American Geophysical Union, Abstract A43B-02

Donki K. K., 1995, **Mobile Laboratory for Air Pollution**, DKK Co

Fandeli, 1995, **Analisis Mengenai Dampak Lingkungan**, Liberty, Yogyakarta

Fardiaz, S., 1992, **Polusi Air Dan Udara**, Kanisikus, Yogyakarta

Ferm, M. dan A. Sjodin, 1993, **Proposal of an Impregnated Filter Technique for Monitoring of NO<sub>2</sub> at EMEP Stations**, Chemical Co-ordinating Centre, Norwegian Institute for Air Research (EMEP/CCC-Report 1/93)

Greenberg,A.E.C., Lesceri,C.S. dan R.R. Trussel, 1989, **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**, American Public Health Association, Washington D.C

Gustafsson, A.H., R. Lindahl, J.O. Levin dan D. Karlsson, 1999, **Validation of A Diffusive Sampler for NO<sub>2</sub>**, J.EnvIRON.MONIT.:1, 349-352

Hendrawan, K., 2004, **Hukum-hukum Dasar Ilmu Kimia**, <http://www.clearinghouse.dikmenum.go.id>

Ileperuma, O.A dan V.D.K. Abeyratne, 2001, **Development of Passive Gas Sampling Techniques to Monitor Air Pollution Level in Cities of the Third World: A Case Study from Sri Lanka**, Analytical Sciences: 17 supplement, a291-a293

Kanda Y., dan M. Taira, 2003, **Flow Injection Analysis Method for The Determination of Nitrate and Nitrite in Water Samples Using a Chemiluminescence NOx Monitor**, Analytical Sciences: 20

Kartohardjono S., E.F. Karamah, Z. Ahmad dan Distria R, 2007, **Absorpsi CO<sub>2</sub> Melalui Kontraktor Membran Serat Berongga**, Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

Kastiyowati, I., 2001, **Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara**, [http://www.menlh.go.id/ekolabelsml/ekolabel/index.php?option=com\\_docman&Itemid=29&task=docclick&bid=34&limitstart=0&limit=10](http://www.menlh.go.id/ekolabelsml/ekolabel/index.php?option=com_docman&Itemid=29&task=docclick&bid=34&limitstart=0&limit=10), tanggal akses : 20 Agustus 2008

Lee, C.C., dan S.D. Lin, 2000. **Handbook Of environmental Engineering Calculations**, McGraw-Hill, New york

Pandurangappa, M. dan N. Balasubramanian, 1996, **Extractive Spectrophotometric Determination of Trace Amounts of Nitrogen Dioxide, Nitrite, and Nitrate**, Mikrochim. Acta: 124, 137-146

Pine, S.H., 1988, **Kimia Organik**, penterjemah Joedodibroto, R., Edisi ke 4, ITB, Bandung

Quirit, L.L., K.N. Hernandez, dan B.J. Lee, 2007, **Comparison of Several Methods for Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide in Metro Manila Air**, Science Diliman., 19:2, 1-11

Riyadi, S., 1992, **Pencemaran Udara**, Usaha Nasional, Surabaya

Saputra, Y.E., 2008, **Waspada! Bahan-bahan Kimia Berbahaya di Sekitar Kita**, <http://www.chem-is-try.org/?sect=fokus&ext=49>, tanggal akses 15 Nopenber 2008



Sastrohamidjojo, 1991, **Spektroskopi**, Liberty, Yogyakarta

Sawyer, C.N., L.M. Perry dan T. Genef, 1994, **Chemistry for Environmental Engineering**, Mc Graw Hill co., Singapore

Scotte, 2006, **Conversion of Parts per Million (ppm) to gram/Liter**, <http://www.scotecatalog.com/ScottTec.nsf/Al1?readForm>

Silverstein, B. dan Morrill, 1981, **Spectrometric Identification of Organic Compounds**, John Wiley & Son, New York

SNI, 2005, **Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan Metoda Griess Saltzman Menggunakan Spektrofotometer**, <http://www.bsn.or.id/files/sni/SNI%2019-7119.2-2005.pdf>, tanggal akses: 24 Nopember 2008

Solomons, T.W. Graham, 1980, **Organic Chemistry**, 2<sup>nd</sup> edition, John Willey and Sons, Inc., New York

Suparni S. R. dan S. Purnavita, 2008, **Kimia Industri**, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta

Sutardi, T., 2008, **Teknik Pengukuran Udara Ambien**, [http://www.freewebs.com/kimiadb2/topik\\_minggu.htm](http://www.freewebs.com/kimiadb2/topik_minggu.htm), tanggal akses: 20 Agustus 2008

Verma S.K., M.K. Deb dan D. Verma, 2008, **Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air Employing Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy**, Atmospheric Research 90:33-40

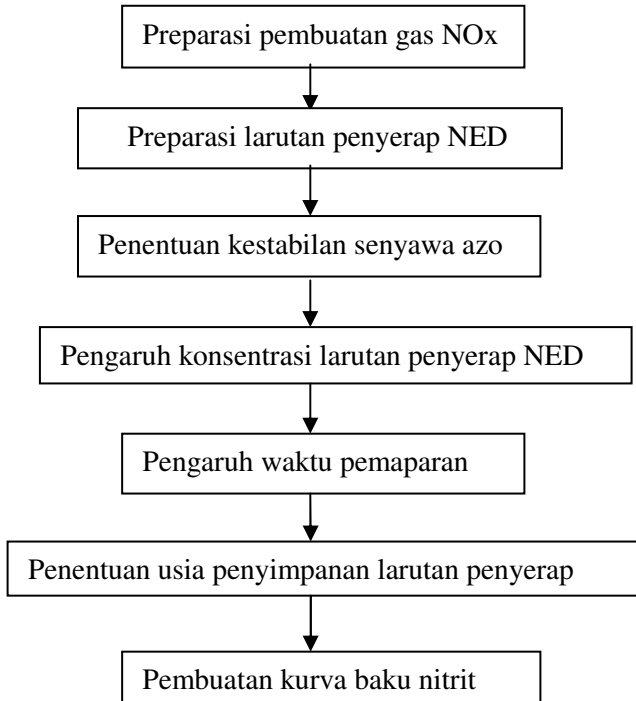
Vogel, A.I., 1985, **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro**, Edisi ke-5, Alih bahasa Pudjaatmaka, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Diagram Alir Penelitian

##### L.1.1 Tahapan Penelitian



## L.1.2 Preparasi Pembuatan Gas NOx

Serbuk Cu

- ditimbang 0,04 g
- dimasukkan ke dalam reaktor pembuat gas NO
- ditambahkan 0,07 mL HNO<sub>3</sub> 65%

Gas NO 1200 µg/mL

- diencerkan dengan udara pengencer (udara bebas)
- diserap ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penyerap.

Hasil

## L.1.3 Preparasi Larutan Penyerap

### L.1.3.1 Pembuatan larutan stok NED

0,2 g NED

- dilarutkan dalam gelas kimia 250 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas
- dihomogenkan

Larutan stok NED 0,20 %

### L.1.3.2 Variasi konsentrasi NED

Larutan stok NED 0,20 % (b/v)

- dipipet sebanyak 75 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas
- dihomogenkan

Larutan NED 0,15 %

- diulangi prosedur di atas untuk pembuatan larutan NED 0,10%; 0,05% ; 0,025 %

Hasil

### L.1.3.3 Pembuatan larutan penyerap *Griess Saltzman*

0,5 g serbuk asam sulfanilat

- dimasukkan dalam gelas kimia 250 mL
- ditambahkan 14 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  glasial
- diaduk secara perlahan menggunakan stirrer
- ditambahkan akuades sedikit demi sedikit hingga volume  $\pm 75$  mL
- dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan 2 mL NED 0,20%
- ditambahkan akuades sampai tanda batas
- dihomogenkan
- dipindahkan ke dalam botol cokelat
- dilakukan kembali prosedur di atas untuk penambahan NED 0,15%; 0,10%; 0,05% dan 0,025%

Larutan penyerap  
*Griess-Saltzman*

### L.1.4 Penentuan Kestabilan Senyawa Azo

Larutan penyerap

- dipipet 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- ditambahkan 7,5 mL larutan  $\text{NaNO}_2$   $4 \times 10^{-4}$  M
- dipaparkan udara bebas selama 30 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm
- diulangi prosedur di atas untuk waktu pemaparan 45, 60, 90 dan 120 menit
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu pengukuran (menit) pada sumbu x

Data kestabilan senyawa azo

### L.1.5 Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED

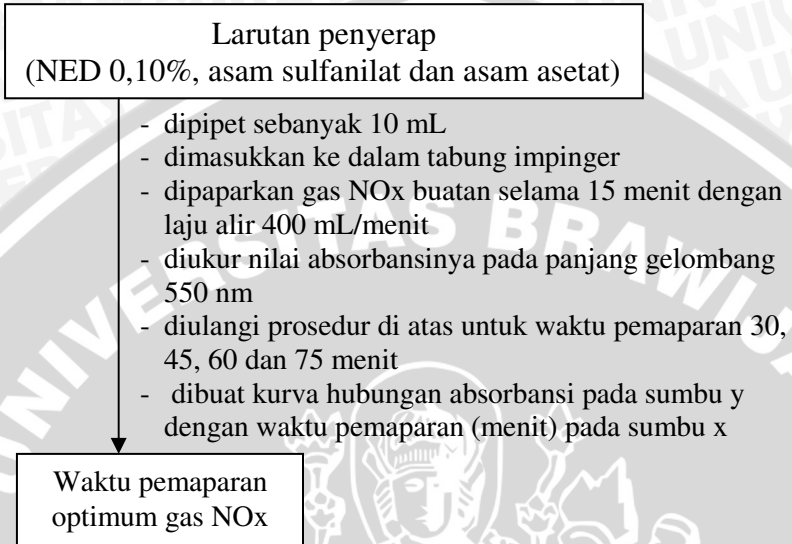
Larutan penyerap  
(NED 0,20%, asam sulfanilat dan asam asetat)

- dipipet 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- dipaparkan gas  $\text{NO}_x$  buatan selama 15 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm
- diulangi prosedur diatas untuk NED 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025% (b/v)
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan konsentrasi NED pada sumbu x

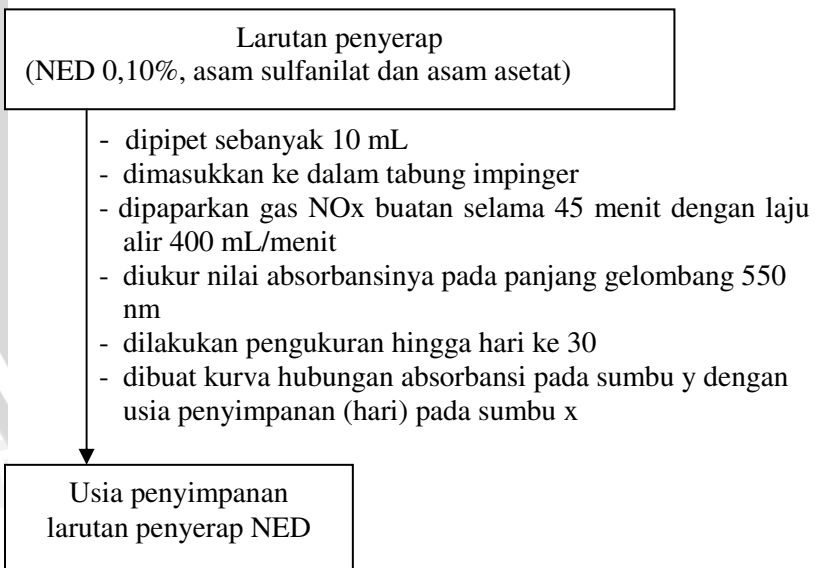
Konsentrasi optimum NED



### L.1.6 Pengaruh Waktu Pemaparan



### L.1.7 Pengaruh Usia Penyimpanan Larutan Penyerap NED



### L.1.8 Pembuatan Kurva Baku Nitrit

Padatan  $\text{NaNO}_2$

- dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu  $105^\circ\text{C}$
- didinginkan dalam desikator

Padatan  $\text{NaNO}_2$  bebas air

- ditimbang sebanyak 0,246 g
- dilarutkan dalam gelas kimia 250 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL

Larutan baku nitrit

- dipipet sebanyak 1 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas
- dipindahkan ke dalam gelas kimia 250 mL
- dipipet masing-masing 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 mL
- dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL
- ditambahkan larutan penyerap *Griess Saltzman* hingga tanda batas
- didiamkan selama 15 menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm dengan spektrofotometer sinar tampak
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan konsentrasi  $\text{NO}_2^-$  pada sumbu x

Persamaan regresi

## Lampiran 2

### Perhitungan dan Peparasi Larutan

#### L.2.1 Perhitungan Pembuatan Larutan NED 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025% (b/v).

Untuk membuat larutan NED 0,15% dari larutan induk NED 0,20% digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

Dimana :

$V_1$  = volume larutan induk NED 0,20% (mL)

$V_2$  = volume total hasil pengenceran (mL)

$M_1$  = konsentrasi larutan induk NED (%<sub>awal</sub>)

$M_2$  = konsentrasi larutan NED yang diinginkan (%<sub>akhir</sub>)

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$V_1 = \frac{V_2 M_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 0,15 \%}{0,20 \%}$$

$$V_1 = 75 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan NED untuk konsentrasi 0,10; 0,05 dan 0,025% dilakukan menggunakan perhitungan yang sama seperti diatas dan diperoleh data pada tabel berikut :

**Tabel L.2.1** Data perhitungan pembuatan larutan penyerap NED 0,15; 0,10; 0,05 dan 0,025% (b/v)

[NED] <sub>awal</sub> (%)	V <sub>awal</sub> (mL)	V <sub>akhir</sub> (mL)	[NED] <sub>akhir</sub> (%)
0,20	75	100	0,15
0,15	66,7	100	0,10
0,10	50	100	0,05
0,05	50	100	0,025

## L.2.2 Perhitungan Molaritas Larutan CH<sub>3</sub>COOH glasial

Berat jenis larutan CH<sub>3</sub>COOH glasial = 1,05 g/mL

Kadar larutan CH<sub>3</sub>COOH glasial = 100 % (v/v)

BM CH<sub>3</sub>COOH = 60,05 g/mol

Maka konsentrasi larutan CH<sub>3</sub>COOH glasial adalah :

$$M \text{ CH}_3\text{COOH} = \frac{1,05 \text{ g/mL}}{60,05 \text{ g/mol}} \times 1 \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 17,49 \text{ M}$$

## L.2.3 Perhitungan Molaritas Larutan HNO<sub>3</sub> Pekat 65 %

Berat jenis larutan HNO<sub>3</sub> Pekat 65 % = 1,41 g/mL

Kadar larutan HNO<sub>3</sub> Pekat = 65 % (v/v)

BM HNO<sub>3</sub> = 63 g/mol

Maka konsentrasi larutan HNO<sub>3</sub> Pekat 65 % adalah :

$$M \text{ HNO}_3 = \frac{1,41 \text{ g/mL}}{63 \text{ g/mol}} \times 0,65 \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 14,55 \text{ M}$$

## L.2.4 Perhitungan Molaritas Larutan Asam sulfanilat (NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>H)

Berat NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>H yang ditimbang = 0,5 g

BM NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>H = 173 g/mol

Volume Pengenceran = 100 mL

Maka konsentrasi larutan NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>H adalah :

$$\text{mol NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H} = \frac{0,5 \text{ g}}{173 \text{ g/mol}} = 0,0029 \text{ mol}$$

$$M \text{ NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H} = \frac{0,0029 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,029 \text{ M}$$

## Lampiran 3

### Perhitungan Pembuatan Gas NOx Buatan

#### L.3.1 Perhitungan Konsentrasi Gas NOx Awal

Untuk menghitung  $[\text{NOx}]_{\text{awal}}$  dapat menggunakan rumus:

$$[\text{NOx}]_{\text{awal}} \times Q_1 + [\text{NOx}]_{\text{pengencer}} \times Q_2 = [\text{NOx}]_{\text{impinger}} \times Q_3$$

Dimana:

$Q_1$  = Laju alir gas NOx dari tabung pembuat gas ke udara pengenceran = 50 mL/menit

$Q_2$  = Laju alir pada udara bebas (udara pengencer) atau  $O_2$  = 350 mL/menit

$Q_3$  = Laju total / debit pompa = 400 mL/menit

$[\text{NOx}]_{\text{pengencer}} = \text{not}$

$[\text{NOx}]_{\text{impinger}} = 150 \mu\text{g/mL}$

Perhitungan  $[\text{NOx}]_{\text{awal}}$  adalah :

$$[\text{NOx}]_{\text{awal}} \times Q_1 = [\text{NOx}]_{\text{impinger}} \times Q_3$$

$$[\text{NOx}]_{\text{awal}} \times 50 \text{ mL/menit} = 150 \mu\text{g/mL} \times 400 \text{ mL/menit}$$

$$[\text{NOx}]_{\text{awal}} = 1200 \mu\text{g/mL}$$

Jadi konsentrasi gas NOx awal : 1200  $\mu\text{g/mL}$  (udara) =  $12 \times 10^8 \mu\text{g/m}^3$

#### L.3.2 Konversi Satuan Volumetrik Gas NO awal

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g/m}^3 \times R \times t}{M_r \times 1000}$$

dimana: R= tetapan gas universal= 0,082 L.atm/mol kelvin  
t= suhu (kelvin)



$$\text{ppm} = \frac{12 \times 10^8 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times 0,082 \frac{\text{Latm}}{\text{mol kelvin}} \times 273^\circ \text{K}}{30 \times 1000}$$

$$= 895.440 \text{ ppm udara}$$

### L.3.3 Perhitungan Massa Cu dan Volume HNO<sub>3</sub> yang Dibutuhkan Untuk Membuat Gas NO Sebesar 895.440 ppm Udara

Konsentrasi gas NO awal : 895.440 ppm

mol gas NO:

$$\begin{aligned} 895.440 \mu\text{L/L} \times 0,01 \text{ L} &= 8954,4 \mu\text{L} \\ &= 8954,4 \mu\text{L} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{22,4 \text{ L}} \\ &= 8954,4 \times 10^{-6} \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{22,4 \text{ L}} \\ &= 0,0004 \text{ mol NO} \end{aligned}$$

Reaksi pembuatan gas :



$$\begin{aligned} \text{mol Cu} &= \frac{3}{2} \times \text{mol NO} \\ &= \frac{3}{2} \times 0,0004 \text{ mol} \\ &= 6 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Cu} &= \text{mol Cu} \times \text{BM Cu} \\ &= 6 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 65,37 \text{ g/mol} \\ &= 0,04 \text{ g} \end{aligned}$$

Jadi massa Cu yang diperlukan untuk membuat gas NO sebesar 895.440 ppm adalah 0,04 g.

$$\begin{aligned}\text{mol HNO}_3 &= \frac{8}{2} \times \text{mol NO} \\ &= \frac{8}{2} \times 0,0004 \text{ mol} \\ &= 0,0016 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa HNO}_3 &= \text{mol HNO}_3 \times \text{BM HNO}_3 \\ &= 0,0016 \text{ mol} \times 63 \text{ g/mol} \\ &= 0,1008 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\text{BJ HNO}_3 = 1,41 \text{ g/mL}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume HNO}_3 &= \frac{\text{massa HNO}_3}{\text{massajenis HNO}_3} \\ &= \frac{0,1008 \text{ g}}{1,41 \text{ g/mL}} \\ &= 0,07 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi volume  $\text{HNO}_3$  yang diperlukan untuk membuat gas NO sebesar 895.440 ppm adalah 0,07 mL

## Lampiran 4

### Perhitungan Konsentrasi NO<sub>x</sub> dalam Larutan Standar NaNO<sub>2</sub>

#### L.4.1 Perhitungan

Jumlah NO<sub>2</sub> (μg) tiap 1 mL larutan standar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{NO}_2 = \frac{W}{V} \times \frac{\text{BM NO}_2}{\text{BM NaNO}_2} \times \frac{1}{f} \times \frac{1}{100} \times 10^6 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Keterangan:

NO<sub>2</sub> adalah jumlah NO<sub>2</sub> dalam larutan standar NaNO<sub>2</sub> (μg/mL)

W adalah berat NaNO<sub>2</sub> yang ditimbang (g)

V adalah volume pengenceran dari natrium nitrit (mL)

BM adalah berat molekul dari NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dan NaNO<sub>2</sub> (g/mol)

1/100 adalah faktor pengenceran dari larutan induk nitrit

10<sup>6</sup> adalah konversi dari gram ke μg

f adalah faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO<sub>2</sub> yang menghasilkan warna setara dengan mol NO<sub>2</sub> (f = 0.82)

Maka jumlah NO<sub>2</sub> (μg) tiap 1 mL larutan standar adalah

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 &= \frac{W}{V} \times \frac{\text{BM NO}_2}{\text{BM NaNO}_2} \times \frac{1}{f} \times \frac{1}{100} \times 10^6 \text{ } \mu\text{g/g} \\ &= \frac{0.246\text{g}}{100\text{ mL}} \times \frac{46\text{ g/mol}}{69\text{ g/mol}} \times \frac{1}{0.82} \times \frac{1\text{ mL}}{100\text{ mL}} \times 10^6 \text{ } \mu\text{g/g} \\ &= 20 \text{ } \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

Jadi dalam 1 mL larutan standar NaNO<sub>2</sub> akan menghasilkan 20 μg/mL gas NO<sub>2</sub>

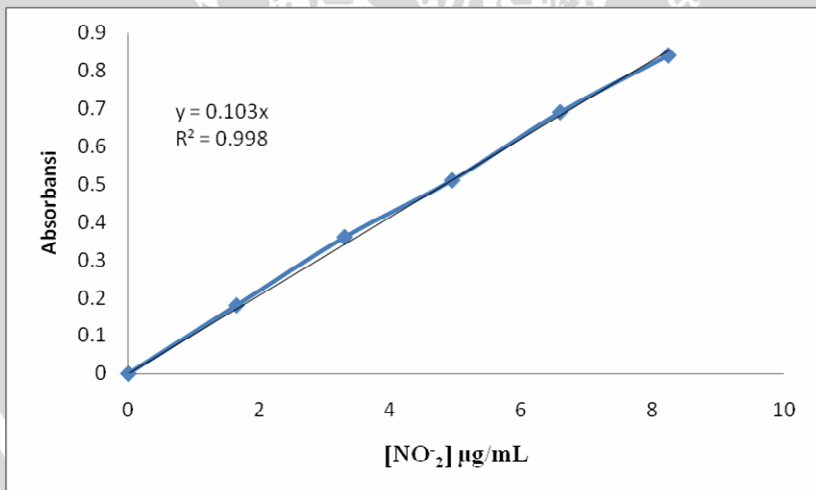
## Lampiran 5

### Data Pembuatan Kurva Baku Nitrit

**Tabel L.5.1** Data penentuan kurva baku nitrit

Konsentrasi $\text{NO}_2^-$ ( $\mu\text{g/mL}$ )	Absorbansi			
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_{\text{rata-rata}}$
0	0	0	0	0
1,65	0,18	0,17	0,19	0,18
3,3	0,36	0,36	0,37	0,36
4,94	0,52	0,51	0,51	0,51
6,59	0,69	0,68	0,69	0,69
8,24	0,85	0,85	0,84	0,84

Dari data kurva baku gas  $\text{NO}_x$  menggunakan larutan standar natrium nitrit diatas diperoleh persamaan  $y = 0,103x$



**Gambar L.5.1** Kurva baku nitrit

## Lampiran 6

### Data Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap NED

**Tabel L.6.1** Data absorbansi senyawa azo pada berbagai konsentrasi NED

Konsentrasi NED (%)	Absorbansi			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>rata-rata</sub>
0,025	0,10	0,12	0,11	0,11
0,05	0,35	0,36	0,34	0,35
0,10	0,60	0,63	0,62	0,62
0,15	0,42	0,46	0,43	0,44
0,20	0,21	0,22	0,23	0,22

#### L.6.2 Perhitungan Konsentrasi Gas NO<sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit Menggunakan Kurva Baku Nitrit

Contoh perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada larutan penyerap NED 0,025% sebagai berikut :

Diketahui:

$$\text{Absorbansi} = 0,11$$

$$\text{Slope} = 0,103$$

$$fp = \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{25\text{ml}}{5\text{ml}} = 5$$

Sehingga :

$$C_{\text{pengukuran}} = \frac{\text{Absorbansi}}{\text{Slope}} = \frac{0,11}{0,103} = 1,07 \mu\text{g/mL}$$

$$C_{\text{akhir}} = C_{\text{pengukuran}} \times fp = 1,07 \mu\text{g/mL} \times 5 = 5,35 \mu\text{g/mL}$$

Jadi konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit sebesar 5,35 μg/mL.



Contoh konversi dari nitrit menjadi gas NO<sub>x</sub> sebagai berikut:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}_2^-] \times \frac{1}{f}$$

Dimana:

f adalah faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO<sub>2</sub> yang menghasilkan warna setara dengan mol NO<sub>2</sub> (f = 0,82)

$$\begin{aligned} [\text{NO}_x] &= 5,35 \mu\text{g/mL} \times \frac{1}{0,82} \\ &= 6,52 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada konsentrasi NED sebesar 0,05; 0,10; 0,15 dan 0,20% (b/v) dilakukan dengan perhitungan yang sama seperti diatas.

**Tabel L.6.2** Data penentuan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada berbagai konsentrasi NED

[NED] (%)	Absorbansi	[NO <sub>2</sub> ] (μg/mL)	[NO <sub>x</sub> ] (μg/mL)
0,025	0,11	5,35	6,52
0,05	0,35	16,99	20,73
0,10	0,60	30,10	36,72
0,15	0,44	21,36	26,06
0,20	0,22	10,68	13,03

## Lampiran 7

### Data Pengaruh Waktu Pemaparan

**Tabel L.7.1** Data absorbansi senyawa azo pada berbagai waktu pemaparan

Waktu pemaparan (menit)	Absorbansi			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>rata-rata</sub>
15	0,49	0,47	0,50	0,49
30	0,53	0,52	0,55	0,53
45	0,61	0,59	0,63	0,61
60	0,37	0,38	0,39	0,38
75	0,19	0,17	0,15	0,17

### L.7.2. Perhitungan Konsentrasi Gas NO<sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit Menggunakan Kurva Baku Nitrit

Contoh perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada waktu pemaparan selama 15 menit sebagai berikut:

$$\text{Absorbansi} = 0,49$$

$$\text{Slope} = 0,103$$

$$fp = \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{25\text{ml}}{5\text{ml}} = 5$$

Sehingga :

$$C_{\text{pengukuran}} = \frac{\text{Absorbansi}}{\text{Slope}} = \frac{0,49}{0,103} = 4,76 \mu\text{g/mL}$$

$$C_{\text{akhir}} = C_{\text{pengukuran}} \times fp = 4,76 \mu\text{g/mL} \times 5 = 23,79 \mu\text{g/mL}$$

Jadi konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit sebesar 23,79 μg/mL.

Contoh konversi dari nitrit menjadi gas NO<sub>x</sub> sebagai berikut:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}_2^-] \times \frac{1}{f}$$

Dimana:

f adalah faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO<sub>2</sub> yang menghasilkan warna setara dengan mol NO<sub>2</sub> (f = 0,82)

$$\begin{aligned} [\text{NO}_x] &= 23,79 \mu\text{g/mL} \times \frac{1}{0,82} \\ &= 29,02 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada waktu paparan 30,45,60 dan 75 menit dilakukan dengan perhitungan yang sama seperti diatas.

**Tabel L.7.2** Data penentuan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada berbagai waktu paparan

Waktu paparan (menit)	Absorbansi	[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (μg/mL)	[NO <sub>x</sub> ] (μg/mL)
15	0,49	23,79	29,02
30	0,53	25,73	31,39
45	0,61	29,61	36,12
60	0,38	18,45	22,51
75	0,17	8,25	10,07

## Lampiran 8

### Data Penentuan Usia Penyimpanan Larutan Penyerap NED

**Tabel L.8.1** Data absorbansi senyawa azo pada berbagai usia penyimpanan larutan penyerap NED

Waktu penyimpanan (hari)	Absorbansi			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>rata-rata</sub>
1	0,58	0,56	0,57	0,57
3	0,56	0,57	0,55	0,56
8	0,48	0,47	0,45	0,47
15	0,43	0,42	0,41	0,42
16	0,42	0,40	0,41	0,41
18	0,37	0,36	0,35	0,36
19	0,35	0,36	0,33	0,35
20	0,32	0,31	0,30	0,30
22	0,27	0,26	0,25	0,25
25	0,20	0,21	0,23	0,21
27	0,19	0,18	0,20	0,19
29	0,15	0,14	0,13	0,14
30	0,10	0,09	0,11	0,10

### L.8.2 Perhitungan Konsentrasi Gas NO<sub>x</sub> yang Terkonversi Menjadi Ion Nitrit Menggunakan Kurva Baku Nitrit

Contoh perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada larutan penyerap NED 0,10% dengan waktu pemaparan 45 menit sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Absorbansi} &= 0,57 \\ \text{Slope} &= 0,103 \\ \text{fp} &= \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{25\text{ml}}{5\text{ml}} = 5 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$C_{\text{pengukuran}} = \frac{\text{Absorbansi}}{\text{Slope}} = \frac{0,57}{0,103} = 5,53 \mu\text{g/mL}$$

$$C_{\text{akhir}} = C_{\text{pengukuran}} \times \text{fp} = 5,53 \mu\text{g/mL} \times 5 = 27,67 \mu\text{g/mL}$$

Jadi konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit adalah 27,67 μg/mL.

Contoh konversi nitrit menjadi gas NO<sub>x</sub> sebagai berikut:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}_2^-] \times \frac{1}{f}$$

Dimana:

f adalah faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO<sub>2</sub> yang menghasilkan warna setara dengan mol NO<sub>2</sub> (f = 0,82)

$$\begin{aligned} [\text{NO}_x] &= 27,67 \mu\text{g/mL} \times \frac{1}{0,82} \\ &= 33,76 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada larutan penyerap NED 0,10% serta waktu paparan 45 untuk rentang hari yang berbeda dilakukan dengan perhitungan yang sama seperti diatas.

**Tabel L.8.2** Data penentuan konsentrasi gas NO<sub>x</sub> yang terkonversi menjadi ion nitrit pada berbagai usia penyimpanan larutan penyerap

Usia penyimpanan (hari)	Absorbansi	[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (μg/mL)	[NO <sub>x</sub> ] (μg/mL)
1	0,57	27,67	33,76
3	0,56	27,18	33,16
8	0,47	22,82	27,84



15	0,42	20,39	24,88
16	0,41	19,90	24,28
18	0,36	17,48	21,33
19	0,35	16,99	20,73
20	0,30	14,56	17,76
22	0,25	12,14	14,81
25	0,21	10,19	12,43
27	0,19	9,22	11,25
29	0,14	6,80	8,30
30	0,10	4,85	5,92



## Lampiran 9

### Data Penentuan Kestabilan Senyawa Azo

**Tabel L.9.1** Data absorbansi senyawa azo pada berbagai waktu pengukuran

Waktu Pengukuran (menit)	Absorbansi			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>rata-rata</sub>
15	0,23	0,23	0,22	0,23
30	0,24	0,25	0,25	0,25
45	0,25	0,24	0,25	0,25
60	0,25	0,25	0,25	0,25
90	0,24	0,24	0,23	0,24
120	0,20	0,19	0,18	0,19