

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP
KALIUM IODIDA DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP
PENENTUAN GAS NO_x**

SKRIPSI

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

oleh :

**EVAN WAHYU RAKHWANTO
0510920024-92**



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

MALANG

2010

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP
KALIUM IODIDA DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP
PENENTUAN GAS NO_x**

oleh :

**EVAN WAHYU RAKHWANTO
0510920024-92**

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

Pembimbing I

Pembimbing II

**Qonitah F., S.Si., M.Si
NIP. 132 090 384**

**Dr Hermin Sulistyarti
NIP. 131 759 832**

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

**Dr. Sasangka Prasetyawan, MS
NIP. 131 653 134**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Evan Wahyu Rakhwanto
NIM : 0510920024-92
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul :

” Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap Kalium Iodida dan Waktu Pemaparan Terhadap Penentuan Gas NO_x”

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 di kemudian 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,

(Evan Wahyu Rakhwanto)
NIM. 0510920024-92

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PENYERAP KALIUM IODIDA DAN WAKTU PEMAPARAN TERHADAP PENENTUAN GAS NO_x

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida, waktu pemaparan dan usia penyimpanan larutan penyerap terhadap penentuan gas NO_x. Dalam penelitian ini gas NO_x dibuat dengan mereaksikan logam Cu dengan asam nitrat pekat. Gas NO_x buatan diserap ke dalam tabung impinger yang berisi KI-amilum membentuk kompleks I₂-amilum. Absorbansi kompleks yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 440 nm. Parameter-parameter yang dipelajari pada penelitian ini, meliputi konsentrasi KI yang digunakan, waktu pemaparan gas NO_x, dan usia penyimpanan larutan penyerap. Variasi konsentrasi KI yang digunakan 4×10^{-3} , 8×10^{-3} , 16×10^{-3} , 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M. Variasi waktu pemaparan gas NO_x adalah 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Usia penyimpanan diamati dalam kurun waktu 30 hari dengan melihat kestabilan absorbansi larutan penyerap. Hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi KI berpengaruh sangat nyata ($F_{hitung} > F_{tabel5\%}$) terhadap absorbansi kompleks I₂-amilum pada kondisi optimum 16×10^{-3} M atau setara dua kali stoikiometri. Hal ini diartikan pada konsentrasi tersebut gas NO_x dapat terserap secara optimum. Demikian halnya dengan waktu pemaparan, semakin lama waktu pemaparan gas NO_x menyebabkan absorpsi gas oleh larutan penyerap semakin meningkat, dengan kondisi optimum pada 45 menit. Pada penentuan usia penyimpanan larutan penyerap, diperoleh kestabilan absorbansi hingga 15 hari.

Kata kunci : *gas NO_x, KI-amilum, Konsentrasi KI, waktu pemaparan*

THE EFFECT OF POTASSIUM IODIDE ABSORPTION SOLUTION CONCENTRATION AND EXPOSURE PERIOD ON MEASUREMENT OF NO_x GAS

ABSTRACT

Have been done a research on the effect of potassium iodide absorption solution concentration, exposure period, absorption solution storage period on measurement of NO_x gas. In this research, NO_x gas is formed by reacting Cu metal on concentrated nitrate acid. NO_x gas formed is permeated into an impinger tube contain of KI amylum creating I₂-amylum complex. The created complex absorbance is measured by a visible ray spectrophotometer with 440 nm wavelength. Parameters studied within this research include utilized KI concentration, NO_x gas exposure period, and absorption solution storage period. The utilized KI concentration are 4×10^{-3} , 8×10^{-3} , 16×10^{-3} , 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M. The NO_x gas exposure period are 15, 30, 45, 60, and 75 minutes. The storage time was also observed within 30 days by monitoring the stability of I₂-starch absorbance. The research results showed that increasing both concentration of KI and time of exposure having an effect on very real ($F_{\text{count}} > F_{\text{table5\%}}$) to complex absorbance of I₂-amilum with optimum conditions at 16×10^{-3} M or almost equal to two times of stoichiometric calculation and 45 minutes, respectively. The absorption solution gave stable absorbency up to 15 days.

Key word: NO_x gas, KI-amilum, KI concentration, exposure period

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul **Pengaruh Konsentrasi Larutan Penyerap Kalium Iodida dan Waktu Pemaparan Terhadap Penentuan Gas NO_x**. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian. Ungkapan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada:

1. Qonitah Fardiyah, S.Si., MSi selaku Dosen Pembimbing I atas segala pengarahan, perhatian, dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr Hermin Sulistyarti selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Dosen Penasehat Akademik atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang diberikan untuk perbaikan naskah tugas akhir.
4. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu mengiringi penulis dengan doa, perhatian, kasih sayang, dan nasehat, serta dukungan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Semua teman-teman di Jurusan Kimia Angkatan 2005 atas doa dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati, penulis mengharap kritik dan saran guna perbaikan dan penyempurnaannya sehingga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran Udara	4
2.2 Nitrogen Oksida.....	4
2.3.1 Nitrogen Monoksida.....	4
2.3.2 Nitrogen Oksida	5
2.3.3 Metode analisis NO _x	6
2.3.4 Satuan Konsentrasi	7
2.3.5 Kurva Baku Nitrit.....	8
2.3 Absorpsi gas.....	8
2.4 Parameter penentuan gas NO _x	9
2.4.1 Konsentrasi Larutan penyerap.....	9
2.4.2 Waktu pemaparan gas NO _x	9
2.5 Spektrofotometri sinar tampak.....	9
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Bahan Penelitian.....	12

3.3	Alat Penelitian	12
3.4	Tahapan Penelitian	12
3.5	Cara Kerja Penelitian.....	13
3.5.1	Preparasi rangkaian pembuatan gas	13
3.5.2	Preparasi larutan penyerap KI-Amilum	14
3.5.3	Penentuan kestabilan kompleks iod-amilum.....	14
3.5.4	Pengaruh konsentrasi larutan penyerap KI.....	15
3.5.5	Pengaruh waktu pemaparan gas NO _x	15
3.5.6	Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap.....	16
3.5.7	Pembuatan kurva baku nitrit	16
3.6	Analisis Data	17
3.6.1	Perhitungan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi.....	17
3.6.2	Perhitungan nilai rata-rata	17
3.6.3	Perhitungan standar deviasi	18
3.6.4	Perhitungan rancangan acak lengkap.....	18

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Preparasi pembuatan gas NO _x	21
4.2	Penentuan kestabilan kompleks iod-amilum	22
4.3	Pengaruh konsentrasi larutan penyerap KI.....	24
4.4	Pengaruh waktu pemaparan gas NO _x	26
4.5	Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap.....	28

BAB V. PENUTUP

5.1.	Kesimpulan.....	31
5.2.	Saran.....	31

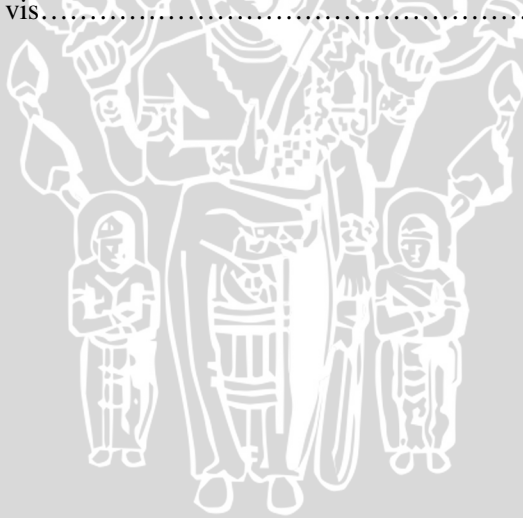
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Transisi elektron yang terlihat spektrofotometer sinar tampak.....	11
Gambar 3.1	Skema rangkaian alat pembuatan gas.....	13
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara waktu kestabilan dengan absorbansi	23
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara konsentrasi KI dengan absorbansi	24
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara waktu pemaparan gas dengan absorbansi	27
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara usia penyimpanan larutan penyerap dengan absorbansi.....	29
Gambar L.5.1	Kurva Hubungan Konsentrasi NO_2^- Terhadap absorbansi Hasil Pengukuran Spektrofotometer UV-vis.....	56



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel L.2.1 Pembuatan Larutan KI dengan variasi konsentrasi.....	44
Tabel L.3.1 Tabel Data Absorbsi pemaparan O ₂ terhadap Larutan KI	45
Tabel L.3.2 Tabel Data Absorbsi pemaparan NO terhadap Larutan KI	45
Tabel L.3.3 Tabel Data Pengaruh Variasi Konsentrasi KI terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum	45
Tabel L.3.4 Tabel Data Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO ₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum.....	46
Tabel L.3.5 Tabel Data Penentuan Kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum	46
Tabel L.4.1 Kurva standar nitrit.....	48
Tabel L.5.3.1 Perhitungan konsentrasi gas NO ₂ yang terjerap pada larutan penyerap berdasarka kurva baku nitrit.....	53
Tabel L.5.4.1 Perhitungan konsentrasi gas NO ₂ yang terjerap berdasarka kurva baku nitrit dengan variasi waktu pemaparan.....	54
Tabel L.5.5.1 Perhitungan penentuan usia penyimpanan larutan penyerap dengan menggunakan konsentrasi dan waktu pemaparan optimum	56
Tabel L.6.1.1 Hasil uji pengaruh variasi konsentrasi Kalium Iodida terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	57
Tabel L.6.1.2 Hasil uji pengaruh variasi konsentrasi Kalium Iodida terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	57
Tabel L.6.1.3 Hasil uji pengaruh variasi konsentrasi Kalium Iodida terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	58
Tabel L.6.1.4 Analisis ragam satu arah.....	59
Tabel L.6.1.5 Tabel uji beda nyata.....	60

Tabel L.6.2.1 Hasil uji pengaruh waktu pemaparan gas NO ₂ terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	60
Tabel L.6.2.2 Hasil uji pengaruh waktu pemaparan gas NO ₂ terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	61
Tabel L.6.2.3 Hasil uji pengaruh waktu pemaparan gas NO ₂ terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	61
Tabel L.6.2.4 Analisis ragam satu arah.....	63
Tabel L.6.2.5 Tabel uji beda nyata.....	63
Tabel L.6.3.1 Hasil uji penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	64
Tabel L.6.3.2 Hasil uji penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	65
Tabel L.6.3.3 Hasil uji penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap nilai absorbansi kompleks iod-amilum.....	66
Tabel L.6.3.4 Analisis ragam satu arah.....	67
Tabel L.6.3.5 Tabel uji beda nyata.....	68



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Diagram Alir Penelitian	37
Lampiran 2	Preparasi Larutan.....	43
Lampiran 3	Data Hasil Penelitian.....	45
Lampiran 4	Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi Kurva Standar Nitrit.....	47
Lampiran 5	Perhitungan	49
Lampiran 6	Analisis data	57



Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

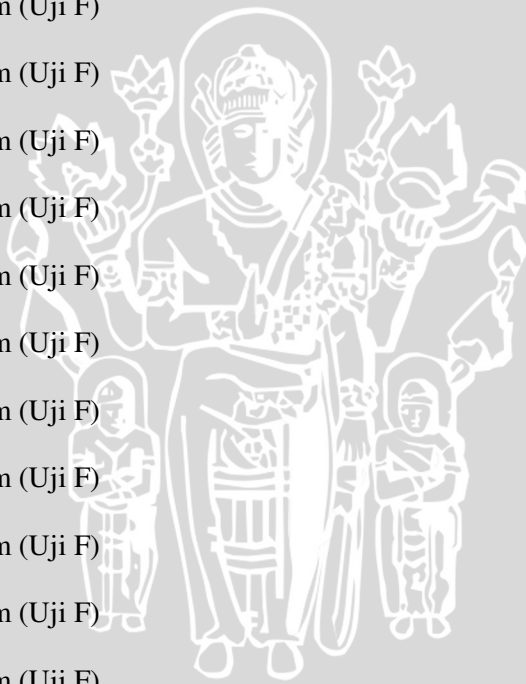
Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)

Analisis Ragam (Uji F)



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara yang baik merupakan komponen utama yang dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lain untuk menjaga eksistensinya. Namun perkembangan peradaban manusia saat ini utamanya kemajuan industrialisasi diyakini merupakan penyuplai terhadap terjadinya polusi udara. Sebagai salah satu komponen pencemar udara, oksida nitrogen (NO_x) utamanya NO dan NO_2 memberikan kontribusi yang cukup tinggi yakni 73,40 % di udara (Sutardi, 2008). Sifat NO yang mudah teroksidasi oleh ozon membentuk NO_2 maka praktis umumnya NO_2 merupakan polutan tunggal yang berasal dari nitrogen oksida (WHO, 1989).

Metode analisa yang sudah dikembangkan dalam penentuan kadar NO_x di udara adalah metode spektrometri massa, spektroskopi infra red atau kromatografi gas (Townshend, 1995). Pada penelitian sebelumnya digunakan NaI, NaOH dan methanol sebagai larutan penyerap untuk mendeteksi gas oksida nitrogen di dalam udara ambien dengan menggunakan teknik kromatografi ion dan analisa potensiometri, di mana pada penelitian ini dilakukan pengamatan besarnya konsentrasi polutan NO_x (Salem, *et al*, 2009). Pada metode tersebut, teknik pengumpulan gas yang umum dan efisien digunakan untuk mengukur gas pencemar di udara adalah dengan teknik absorpsi yang didasarkan pada kemampuan gas pencemar untuk bereaksi dengan larutan penyerap spesifik (Anonymous, 2008).

Salah satu syarat pemilihan larutan penyerap adalah memiliki daya melarutkan gas yang akan diabsorpsi yang sebesar mungkin serta murah. Larutan penyerap yang telah banyak digunakan pada saat ini untuk analisa gas NO_x berdasarkan teknik absorpsi adalah N-(1-naphthyl) etilendiamin dihidroklorida (NED) atau reagen Griess (Leni, 2007). Namun penggunaan reagen Griess ini relatif mahal dan komponen penyusun larutan penyerap seperti N-(1-naphthyl) etilendiamin dihidroklorida (NED) dapat mengakibatkan iritasi pada mata dan kulit sehingga dibutuhkan alternatif baru sebagai larutan penyerap gas NO_x (Anonymous, 2000).

Teknik absorpsi gas didasarkan pada proses pembentukan warna yang dihasilkan ketika larutan penyerap mengabsorpsi gas NO_x sampel yang kemudian diukur absorbansinya sesuai panjang

gelombang maksimumnya. Gas NO_x yang terabsorpsi dalam larutan penyerap akan terukur sebagai nitrit hasil reduksi dari NO_2 menjadi NO_2^- oleh adanya I^- (Salem, *et al.*, 2009). NO_2 yang dihasilkan merupakan hasil reaksi antara NO dengan O_2 berlebih di udara (Petrucci dan Ralph, 1987).

Kemudian nitrit yang telah terbentuk dapat dianalisis secara kualitatif menggunakan kertas kanji kalium iodida yang diidentifikasi dari warna biru kehitam-hitaman dari kompleks iod-amilum yang dihasilkannya dengan KI-amilum (Vogel, 1985). Mengacu dasar analisis kualitatif ini, maka pada penelitian ini digunakan KI-amilum sebagai larutan penyerap alternatif dari reagen Griess dalam penentuan gas NO_x .

Untuk mendapatkan pembentukan kompleks warna yang efisien menggunakan larutan penyerap kalium iodida maka perlu dilakukan penelitian melalui parameter pengukuran meliputi konsentrasi larutan penyerap, waktu pemaparan, serta usia penyimpanan larutan penyerap. Dalam hal ini, waktu pemaparan adalah waktu total yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas NO_x ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penyerap pada saat sistem mulai dijalankan. Menurut Nagaraja, *et al.*, (2002), absorbansi akan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi larutan penyerap namun absorbansi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi absorbat yang diserap dengan konsentrasi absorbat yang tersisa dalam larutan. Sedangkan untuk waktu pemaparan gas NO_x serta usia pemakaian akan semakin menurun setelah mencapai kesetimbangan. Hal ini didukung oleh Lee and Lin (2000), bahwa proses absorpsi akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi gas pada cairan yang melarutkan gas dengan gas pada polutan. Proses maksimal dapat dicapai dengan jalan menambah waktu kontak antara gas dengan larutan penyerap sehingga proses perpindahan dari fase gas menuju fase cair dapat tercapai lebih sempurna.

Berdasarkan latar belakang di atas maka dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida, waktu pemaparan gas NO_x serta waktu penyimpanan larutan penyerap terhadap penentuan gas NO_x .

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida terhadap penentuan gas NO_x ?
2. Bagaimana pengaruh waktu pemaparan terhadap penentuan gas NO_x dengan larutan penyerap kalium iodida ?
3. Berapakah usia penyimpanan optimum dari larutan penyerap kalium iodida yang digunakan untuk menentukan NO_x ?

1.3 Batasan Masalah

1. Gas NO buatan dibuat dari mereaksikan Cu(s) dengan HNO_3 65% (v/v)
2. Konsentrasi gas NO buatan = 1200 $\mu\text{g/mL}$
3. Variabel penelitian
 - Variasi konsentrasi larutan penyerap kalium iodida yaitu: 4×10^{-3} ; 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} serta 33×10^{-3} M.
 - Variasi waktu pemaparan antara larutan penyerap kalium iodida dengan gas NO_x yaitu: 15; 30; 45; 60; 75 menit.
 - Pengamatan usia pemakaian larutan penyerap kalium iodida dilakukan selama 30 hari.
4. Suhu penyimpanan larutan penyerap berkisar antara 26-28°C.
5. Laju alir gas sebesar 400 mL/menit.

1.4 Tujuan

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida terhadap penentuan gas NO_x .
2. Mempelajari pengaruh waktu pemaparan terhadap penentuan gas NO_x dengan larutan penyerap kalium iodida.
3. Menentukan usia penyimpanan yang optimum larutan penyerap kalium iodida untuk mendeteksi gas NO_x .

1.5 Manfaat

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi yang diperlukan dan mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup serta unsur lingkungan lainnya. Pencemaran udara adalah masuknya satu atau lebih zat pencemar atau gabungan daripada zat pencemar di atmosfer bebas dengan jumlah tertentu dalam suatu kurun waktu, yang cenderung membahayakan bagi kehidupan manusia, tumbuhan atau binatang dan benda-benda lain atau kehadirannya yang tidak layak dapat mengganggu kehidupan atau benda-benda lain. Masuknya zat pencemar dapat terjadi secara alamiah maupun dari aktivitas manusia (Moestikahadi, 2001).

Jenis polutan pencemar udara menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, meliputi: oksida sulfur (SO_x), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), oksidan (O_3), hidrokarbon (HC), timah hitam (Pb), dan partikel debu. Namun di antara sekian banyak polutan pencemar udara yang memberikan kontribusi, polutan pencemar terbesar adalah gas CO sebesar 98,80 %, oksida nitrogen (NO_x) sebesar 73,40 %, dan hidrokarbon (HC) sebesar 88,90 % (Sutardi, 2008).

Salah satu polutan yang dihasilkan dari kegiatan manusia adalah oksida nitrogen. Keberadaan oksida nitrogen di dalam atmosfer paling tinggi diantara polutan-polutan yang lainnya yang mana berbanding lurus dengan jumlah sumber pencemaran yang menghasilkan nitrogen oksida. Sifat NO yang mudah teroksidasi oleh ozon membentuk NO_2 maka praktis umumnya NO_2 merupakan polutan tunggal yang berasal dari nitrogen oksida. Disamping jumlah distribusinya di udara yang sangat tinggi, NO_2 juga merupakan gas yang bersifat toksik bagi makhluk hidup khususnya manusia (WHO, 1989).

2.2 Nitrogen Oksida (NO_x)

2.2.1 Nitrogen Monooksida

Nitrogen monooksida adalah gas tak berwarna dengan titik didih -152°C , mempunyai kelarutan yang rendah dalam air dan tidak mudah terbakar (Lewis, 1999). Gas NO dihasilkan dari pembakaran pada suhu dan tekanan yang tinggi sebagai hasil dan reaksi antara

nitrogen dan oksigen. Gas ini berada di udara hanya dalam waktu yang sangat singkat dikarenakan begitu lepas ke udara langsung bereaksi dengan ozon membentuk NO₂ (Anonymous, 2001). Waktu tinggal gas NO di udara hanya selama 3 hari (Fardiaz, 1992)

Gas nitrogen monooksida (NO) dibentuk dalam banyak reaksi yang menyangkut reduksi asam nitrat. Salah satu contohnya adalah mereaksikan logam Cu dengan asam nitrat, seperti pada reaksi 2.1. (Cotton dan Wilkinson, 1989).



Nitrogen monoksida bereaksi sempurna dengan O₂ membentuk gas NO₂, seperti pada persamaan 2.2. (Petrucci dan Ralph, 1987).



2.2.2 Nitrogen dioksida (NO₂)

Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan senyawa nitrogen yang berwarna coklat kemerahan dan juga merupakan senyawa hasil disosiasi dari dinitrogen tetraoksida (N₂O₄) dalam fase gas. Nitrogen dioksida memiliki pasangan elektron bebas sehingga bersifat paramagnetik (Fandeli, 1995).

Nitrogen dioksida dibentuk melalui reaksi yang terjadi antara gas NO dengan oksigen. Reaksinya dapat ditunjukkan pada persamaan 2.3. (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Sumber pencemaran oleh NO₂ berasal dari hasil proses pembakaran yang terjadi pada sarana transportasi 63,8 %, pembakaran stasioner 1,9 %, proses industri 9,6 %, pembuangan limbah padat 7,8 %, dan lain-lain 16,9 % seperti kebakaran hutan, pembakaran batubara sisa, pembakaran limbah pertanian (Wardana, 1995).

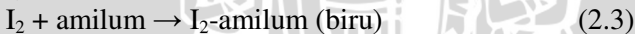
Baku mutu udara ambien khususnya NO₂ di Indonesia adalah 0,05 ppm (Anonymous, 2006). Di udara ambien yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang bersifat racun terutama pada paru-paru. Apabila kadar NO₂ di udara melebihi 100 ppm dapat mengakibatkan kematian yang disebabkan oleh gejala pembengkakan paru-paru (Dias and Cardoso, 2007)

2.2.3 Metode Analisa NO_x

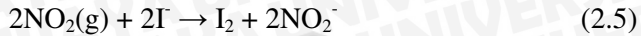
Metode yang biasanya digunakan untuk analisa oksida nitrogen (NO_x) di udara ambien antara lain metode Griess-Saltzamn. Metode ini berdasarkan reaksi antara gas NO dengan asam sulfanilat membentuk suatu garam diazonium yang selanjutnya akan direaksikan dengan larutan N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride membentuk warna merah muda. Kemudian intensitas warna yang terbentuk diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm (Leni, *et al*, 2007).

Proses penentuan NO_x dalam udara dapat dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri yang sensitivitasnya rendah. Hal ini didasarkan pada perubahan yang terjadi pada NO_x di udara membentuk ion nitrit yang selanjutnya membentuk ikatan dengan *azodye* (Pandurangappa and Balasubranian, 1996).

Oksida nitrogen juga dapat dianalisis menggunakan kertas kanji kalium iodida pada analisa kualitatif. Gas nitroso yang dilepaskan dari reaksi yang dikenali dari warna coklat kemerahan akan diabsorpsi dan iod akan dibebaskan Iod yang dilepaskan akan membentuk kompleks dengan amilum yang dapat diidentifikasi dari warna biru dari kompleks iod-amilum yang dihasilkannya pada kertas KI-amilum (Vogel, 1985). Adapun reaksi pembentukan kompleks iod-amilum seperti pada reaksi 2.3 dan reaksi ini bersifat reversibel seperti pada reaksi 2.4. (Wiryawan, dkk., 2008). Hasil yang serupa diperoleh dengan mencelupkan kertas kalium iodida-kanji yang dibasahi dengan sedikit asam encer, ke dalam larutan. (Vogel, 1985).



Pada penentuan NO_x di udara saat ini, telah dilakukan pengembangan teknik absorpsi menggunakan kolom impinger dengan komponen pelarut natrium iodida, dimana besarnya NO_x yang terserap sebanding dengan nilai absorbansi kompleks I₂ yang terbentuk. Hal ini dapat dikatakan sebanding dikarenakan banyaknya I₂ yang terbentuk setara dengan I⁻ yang tereduksi oleh adanya NO_x. Reaksi ini digolongkan sebagai redoks karena pada saat bersamaan NO_x juga teroksidasi menjadi NO₂⁻ yang digunakan sebagai dasar pengukuran NO_x di udara. Adapun reaksinya seperti pada persamaan 2.5 (Salem, *et al.*, 2009)



2.2.4 Satuan konsentrasi

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

Dimana untuk merubah ppm ke dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau sebaliknya digunakan persamaan 2.6, (Hendrawan, 2004) :

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

atau dengan menggunakan persamaan 2.7, (Scotte, 2006) :

$$\text{ppm} = \frac{\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{Mr} \times 1000}{\text{R} \times \text{T}} \quad (2.7)$$

dimana :

R = Tetapan gas universal = 0,082 lt.qtm/mol K

T = Suhu (Kelvin)

dengan menggunakan kedua rumus diatas maka diperoleh faktor konversi dari ppm ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NO_2 dengan tekanan 1 atmosfer dan suhu 25°C adalah sebesar 1880 dengan perhitungan sebagai berikut (Scotte, 2006):

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

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{1 \times 46 \times 1000}{0,082 (25 + 273)}$$

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

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

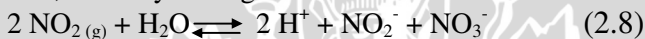
$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{Mr} \times 1000}{\text{R} \times \text{T}}$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{1 \times 30 \times 1000}{0,082 (25 + 273)}$$

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

2.2.5 Kurva Baku Nitrit

Kurva baku nitrit digunakan untuk menentukan konsentrasi gas NO_x yang terserap dan bereaksi dengan larutan penyerap. Gas NO_x yang terdapat di udara ambient akan terkonversi menjadi ion nitrit jika diserap dengan menggunakan larutan penyerap yang bersifat spesifik, reaksinya sebagai berikut:



Gas NO_2 akan bereaksi dengan molekul air yang terkandung dalam larutan penyerap membentuk nitrit dan asam nitrat seperti pada persamaan 2.8. Pada reaksi gas NO_2 dengan molekul air hanya 50 % gas NO_2 yang dapat terkonversi menjadi nitrit dan sisanya akan terkonversi menjadi ion nitrat (Chen, *et al.*, 2004). Konsentrasi gas NO_x yang terserap oleh larutan penyerap dapat ditentukan menggunakan kurva baku nitrit melalui persamaan $y = ax$.

2.3 Absorpsi gas

Absorpsi gas adalah transfer massa komponen-komponen gas dari fase gas ke dalam fase cairan (Lee and Lin, 2000). Dalam hal ini yang sangat penting adalah permukaan cairan yang menjadi media perpindahan massa dan waktu yang cukup untuk proses difusi dalam menentukan kinerja absorpsi. Dalam penyisihan polutan gas dengan absorpsi aliran emisi harus dialirkan atau dilewatkan melalui cairan absorber. Proses yang terjadi terbagi dalam tiga tahapan yaitu :

- polutan gas terdifusi dari area bulki fasa gas menuju antar muka gas-cair
- polutan gas ditransfer melewati lapisan antar muka menuju fasa cair bulki

- gas terdifusi didalam fasa cair kemudian mengambil tempat kestabilan untuk molekul-molekul gas yang terabsorpsi berikutnya.

Proses absorpsi yang maksimal dapat dicapai dengan hal-hal berikut (Lee and Lin, 2000):

- memperbesar area kontak antara gas dengan absorben
- menambah waktu kontak antara gas dengan absorben sehingga proses perpindahan 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 dengan pelarut dalam kesetimbangan, tekanan operasi, serta temperature. Pada umumnya naiknya temperatur menyebabkan kelarutan gas menurun (Karto, dkk, 2007).

2.4 Parameter Penentuan Gas NO_x

Pada penentuan gas NO_x di udara menggunakan teknik absorpsi, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi besarnya gas NO_x yang akan terserap, yaitu konsentrasi larutan penyerap dan waktu pemaparan gas NO_x (Nagaraja, *et al.*, 2002).

2.4.1 Konsentrasi larutan penyerap

Kenaikan konsentrasi larutan penyerap akan menyebabkan pembentukan warna kompleks akan semakin besar sehingga nilai absorbansinya meningkat (Hirata, *et al.*, 2003). Namun pada konsentrasi larutan penyerap yang lebih tinggi maka intensitas warna kompleksnya akan menurun (Nagaraja, *et al.*, 2002).

2.4.2 Waktu pemaparan gas NO_x

Waktu pemaparan gas NO_x diperlukan untuk mencapai kesetimbangan absorpsi. Absorpsi gas akan meningkat dengan kenaikan waktu pemaparan gas NO_x ke dalam larutan penyerap spesifik (Nagaraja, *et al.*, 2002).

2.5 Spektrofotometri sinar tampak

Spektrofotometri adalah metode penentuan komponen berdasarkan cahaya yang diabsorpsi oleh komponen tersebut. Cahaya

yang diserap bisa dari warna asalnya ataupun dari reaksi dengan zat lain (Basset, dkk., 1994). Metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi antara energi radiasi elektromagnetik dengan molekul. Interaksi tersebut menimbulkan peristiwa penyerapan energi radiasi elektromagnetik dimana serapan ini bersifat karakteristik atau spesifik pada panjang gelombang tertentu untuk setiap molekul karena tergantung pada struktur elektronik molekul tersebut (aspek kualitatif). Disamping itu banyaknya serapan berbanding lurus dengan banyaknya zat kimia (aspek kuantitatif). (Pecsok, *et al.*, 1976). Metode spektrofotometri sinar tampak mempunyai beberapa keunggulan dimana metode spektrofotometri merupakan metode sederhana, analisisnya lebih cepat dan sampel yang digunakan dapat dalam jumlah yang kecil (Kolthoff and Sandell, 1969). Metode spektrofotometri sinar tampak selalu melibatkan senyawa berwarna dan hampir semua reaksi kimia dapat digunakan, diantaranya reaksi redoks, reaksi pembentukan kompleks dan reaksi dengan menggunakan senyawa organik (Khopkar, 1990).

Hukum dasar spektrofotometri sinar tampak adalah (Khopkar, 1990):

1. Jika suatu berkas radiasi monokromatik yang sejajar jatuh pada medium pengabsorpsi pada sudut tegak lurus setiap lapisan yang sangat kecil akan menurunkan intensitas berkas.
2. Jika suatu cahaya monokromatis mengenai suatu medium yang transparan, laju pengurangan intensitas dengan ketebalan medium sebanding dengan intensitas cahaya.
3. Intensitas berkas sinar monokromatis berkurang secara eksponensial bila konsentrasi zat pengabsorpsi bertambah.

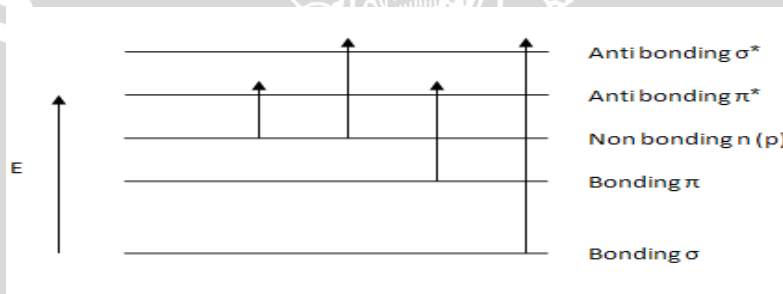
Absorpsi cahaya ultra violet atau cahaya tampak dapat mengakibatkan transisi elektronik yaitu promosi elektron–elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah tampak (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan dari pada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang ultraviolet yang lebih pendek, maka akan mengabsorpsi gelombang yang lebih panjang (Fessenden dan Fessenden, 1999).

Cahaya di daerah ultraviolet mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek daripada spektrum di daerah sinar tampak, yaitu 200-400 nm. Transisi yang terjadi didaerah ultraviolet adalah transisi

elektron. Hal ini dikaitkan dengan lompatan elektron dari orbital molekuler yang terisi penuh ke tingkat orbital molekuler kosong yang lebih tinggi energinya. Karena energi cahaya ultraviolet lebih besar dari energi cahaya tampak, maka energi ultraviolet dapat menyebabkan transisi elektron σ/π (Hendayana, 1994).

Penyerapan sinar ultraviolet atau sinar tampak oleh suatu molekuler umumnya menghasilkan eksitasi elektron ikatan. Elektron-elektron yang menyerap cahaya dalam molekuler adalah elektron yang terlibat langsung dalam ikatan dan elektron yang tidak berpasangan, seperti pada atom oksigen, halogen, belerang dan nitrogen. Jenis transisi elektron yang mungkin terjadi pada spektrofotometri UV-Vis adalah transisi $n \rightarrow \pi^*$, transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dan $n \rightarrow \tau^*$ serta transisi $\tau \rightarrow \tau^*$ (Hendayana, dkk., 1994).

Secara ringkas transisi elektron yang terlibat dalam serapan ultraviolet dan tampak diperlihatkan dalam gambar (2.1.).



Gambar 2.1 Transisi elektron yang terlihat spektrofotometer sinar tampak

Letak dari serapan berhubungan dengan panjang gelombang dari radiasi yang mempunyai energi yang sama dengan yang dibutuhkan untuk transisi elektronik, secara kekhasan yang prinsip dari suatu pita serapan adalah letak dan intensitas tampak dari suatu senyawa. Hal ini dipakai sebagai dasar analisa kualitatif berdasarkan pada spektra absorpsi yang dihasilkan dan kuantitatif berdasarkan hukum Lambert-Beer dimana absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi (Silverstain, *et al.*, 1986).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian tentang studi pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida dan waktu pemaparan terhadap penentuan gas NO_x di udara dilaksanakan pada bulan Mei - Juli 2009 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan kimia pro analisis (p.a) yaitu asam nitrat 65 % (v/v) (Merck, Jerman), asam sulfat 95-97 % (v/v) (Merck, Jerman), kalium iodida, natrium nitrit, serbuk tembaga, amilum, kecuali akuades yang bukan merupakan bahan kimia pro analisis.

3.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Pipet mikro-assipette digital no.115, Hot plate atau stirrer 502 series, Neraca analitik (Ohaus-USA), pengaduk magnetik (IKAMAG[®]RH) dan stirer, Oven (Memmert-Germany), Spektrofotometer UV-Vis dan kuvet, desikator, bola hisap, botol semprot, pH meter (InoLab), impinger 20 mL, stopwatch, flowmeter, dan pompa akuarium (ACO-001), Reaktor pembuat gas, dan peralatan gelas.

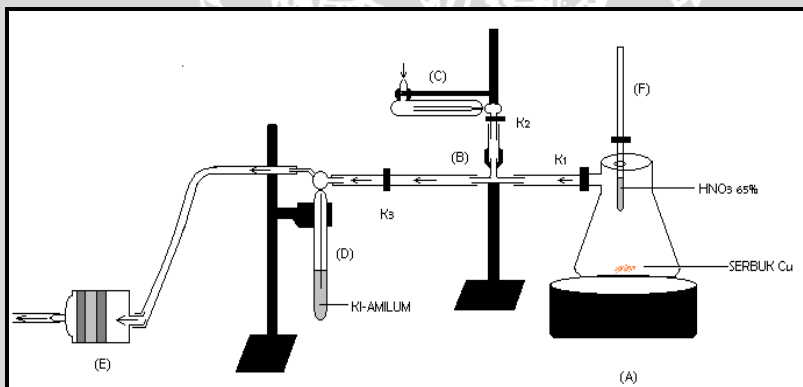
3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi rangkaian alat pembuatan gas NO_x
2. Preparasi larutan penyerap KI-amilum
3. Penentuan kestabilan kompleks iod-amilum
4. Pengaruh konsentrasi larutan penyerap KI
5. Pengaruh waktu pemaparan gas NO_x
6. Pengaruh usia penyimpanan larutan penyerap
7. Pembuatan kurva baku nitrit

3.5 Cara Kerja Penelitian

3.5.1 Preparasi rangkaian pembuatan gas

Preparasi rangkaian pembuatan gas dilakukan dengan cara memasukkan 0,04 gram serbuk Cu ke dalam tabung kaca pembuatan gas (A) yang kemudian diteteskan sebanyak 0,1 mL HNO_3 pekat yang telah dimasukkan pada pipa silinder (F). Reaksi ini berlangsung pada sistem vakum untuk menghasilkan gas NO dengan konsentrasi 1200 $\mu\text{g/mL}$. Setelah gas terbentuk, kran (K_1) yang terhubung pada tabung (A) diatur dengan laju alir 50 mL/menit. Selanjutnya tabung (A) dihubungkan dengan tabung udara pengencer (C) melalui pipa cabang tiga (B). Pada kran (K_2) yang terhubung pada tabung (C) diatur dengan laju 350 mL/menit menggunakan flowmeter. Pada proses pengenceran dihasilkan gas NO_x dengan konsentrasi yang lebih rendah yang kemudian dialirkan kembali melalui kran (K_3) dengan laju alir 400 mL/menit sebelum gas NO_x dialirkan menuju tabung impinger (D). Pada kolom ini, dimasukkan larutan KI-amilum dengan volume campuran 10 mL. Proses pengaliran gas menuju tabung impinger (D) dilakukan dengan menggunakan sistem hisap suatu pompa (E) dengan waktu pemaparan gas yang telah ditentukan.



Gambar 3.1 Skema rangkaian alat pembuatan gas

Keterangan gambar :

A : tabung pembuat gas

B : pipa kaca cabang tiga

C : tabung udara pengencer

D : impinger 20 mL

E : pompa udara

F : pipa silinder

$K_{1,2,3}$: kran aliran gas

Pada akhir pemaparan gas NO_x dengan larutan KI-amilum, kompleks iod-amilum yang terbentuk kemudian akan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang pengukuran adalah 440 nm.

3.5.2 Preparasi larutan penyerap kalium iodida

Prosedur preparasi larutan absorber KI-amilum dilakukan dalam dua tahapan, yaitu preparasi pembuatan larutan KI dan larutan amilum.

Sebanyak 0,033 g KI ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 10 mL akuades ke dalam gelas kimia dan diaduk. Setelah dilakukan pengadukan, larutan KI dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Kemudian dilakukan prosedur yang sama untuk masing-masing variasi massa padatan KI sebanyak 0,066; 0,133; 0,199; 0,266 g, sehingga didapatkan variasi konsentrasi larutan KI yang akan digunakan dalam penelitian sebesar 4×10^{-3} ; 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M.

Kemudian untuk pembuatan larutan amilum 1% dilakukan prosedur penimbangan padatan amilum sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. Selanjutnya ditambahkan akuades hingga volume 100 mL, kemudian dipanaskan di atas *hot plate* dan diaduk hingga membentuk larutan amilum jernih.

Larutan penyerap KI-amilum selanjutnya dibuat dengan cara sebanyak 8 mL larutan KI dimasukkan ke dalam tabung impinger dan ditambahkan 2 mL larutan amilum 1% ke dalam tabung impinger. Kemudian tabung impinger ditutup dan disambungkan ke dalam rangkaian alat pembuatan gas yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

3.5.3 Penentuan kestabilan kompleks iod-amilum

Sebanyak 8 mL larutan KI amilum dengan konsentrasi 0,016 M dimasukkan ke dalam tabung impinger, selanjutnya ditambahkan 2 mL amilum 1% dan ditambahkan 1 mL H_2SO_4 1 M. Kemudian tabung impinger ditutup dan disambungkan ke dalam rangkaian alat pembuatan gas yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Sampel NO_2^- dengan konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$ diteteskan ke dalam tabung impinger. Dihidupkan stopwatch pada penetesan

sampel nitrit awal hingga interval waktu yang ditentukan sesuai dengan variasi waktu kestabilan 15; 30; 60; 90; 120 menit. Kompleks iod-amilum yang terbentuk diencerkan sebanyak 5 mL dalam 25 mL, kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer 301-A dengan panjang gelombang pengukuran adalah 440 nm.

3.5.4 Pengaruh konsentrasi larutan penyerap KI

Pengaruh konsentrasi larutan penyerap KI dilakukan dengan memvariasi konsentrasi larutan KI berdasarkan perhitungan stoikiometri melalui variasi mol. Dalam hal ini KI merupakan salah satu komponen dari larutan penyerap KI-amilum sehingga pengaruh variasi konsentrasi pada KI akan sebanding dengan memvariasi konsentrasi pada larutan penyerap. Berdasarkan kesetaraan mol dengan gas NO pada stoikiometri dibuat variasi konsentrasi KI 4×10^{-2} ; 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M.

Sebanyak 0,033 g KI ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 10 mL akuades ke dalam gelas kimia dan diaduk. Setelah dilakukan pengadukan, larutan KI dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Kemudian dilakukan prosedur yang sama untuk masing-masing variasi massa padatan KI sebanyak 0,066; 0,133; 0,199; 0,266 g, sehingga didapatkan variasi konsentrasi larutan KI yang akan digunakan dalam penelitian sebesar 4×10^{-3} ; 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M.

Larutan KI 4×10^{-3} M sebanyak 8 mL dimasukkan pada tabung impinger, dan ditambahkan 2 ml larutan amilum 1%, selanjutnya tabung impinger ditutup dan disambungkan ke dalam rangkaian alat pembuatan gas yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Kemudian gas NO_x dengan konsentrasi 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ dipaparkan ke dalam larutan penyerap dengan laju alir gas 400 mL/menit selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan perulangan untuk variasi konsentrasi larutan penyerap 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} dan 33×10^{-3} M untuk mengetahui nilai optimumnya.

3.5.5 Pengaruh waktu pemaparan gas NO_x

Pada penentuan waktu pemaparan optimum, larutan penyerap dengan konsentrasi optimum dimasukkan ke dalam tabung impinger, selanjutnya tabung impinger ditutup dan disambungkan ke

dalam rangkaian alat pembuatan gas yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Kemudian gas NO_x dengan konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$ dipaparkan ke dalam larutan penyerap dengan laju alir gas 400 mL/menit selama 15 menit dan dilakukan perulangan untuk waktu pemaparan gas 30; 45; 60 dan 75 menit, sehingga didapatkan waktu pemaparan optimum.

3.5.6 Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap

Pada penentuan usia pemakaian larutan penyerap, larutan KI amilum dengan konsentrasi optimum dimasukkan kedalam impinger, selanjutnya dipaparkan gas NO_x konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$ ke dalam larutan penyerap dengan laju alir gas 400 mL/menit dengan waktu pemaparan optimum. Kompleks iod-amilum yang terbentuk kemudian akan diukur nilai absorbansinya menggunakan UV-Vis dengan panjang gelombang pengukuran adalah 440 nm. Penentuan kestabilan larutan ini dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap kemungkinan penurunan absorbansi dari kompleks iod-amilum yang terbentuk tiap hari sampai jangka waktu penurunan absorbansi yang signifikan.

3.5.7 Pembuatan kurva baku nitrit

Dalam penelitian ini digunakan kurva baku nitrit untuk menentukan kadar nitrit yang terserap pada pembentukan kompleks iod-amilum.

Prosedur pembuatan kurva baku nitrit mengacu pada prosedur *Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7119.2-2005)*. Prosedur diawali dengan pembuatan larutan induk nitrit (NO_2^-) 1640 $\mu\text{g/mL}$ dimana natrium nitrit (NaNO_2) dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebanyak 0,246 gram lalu larutkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan dipindahkan dalam botol coklat dan disimpan dalam lemari pendingin. Kemudian dimasukkan sebanyak 1 mL larutan induk nitrit ke dalam labu ukur 100 mL, dan ditandabatas dengan akuades.

Untuk pembuatan kurva baku, dipipet masing-masing sebanyak 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6 ; 7 mL larutan standart nitrit dengan konsentrasi masing-masing 0,0 $\mu\text{g/mL}$; 1,67 $\mu\text{g/mL}$; 3,30 $\mu\text{g/mL}$; 4,95 $\mu\text{g/mL}$; 6,60 $\mu\text{g/mL}$; 8,25 $\mu\text{g/mL}$; 9,90 $\mu\text{g/mL}$; 11,55 $\mu\text{g/mL}$

menggunakan pipet mikro ke dalam tabung uji yang telah dimasukkan larutan KI-amilum dalam suasana asam melalui penambahan asam sulfat. Larutan campuran dikocok dan dibiarkan selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 440 nm.

3.6 Analisis Data

3.6.1. Perhitungan persamaan regresi linier dan koefisien korelasi

Persamaan regresi linier digunakan untuk membuat kurva baku nitrit. Secara umum bentuk persamaan regresi linier adalah $y = ax$, dimana y adalah absorbansi, dan x adalah konsentrasi nitrit yang terukur. Nilai koefisien a dihitung dengan persamaan 3.1.

$$a = \frac{\sum x \cdot y}{\sum x^2} \quad (3.1)$$

sedangkan koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan 3.2.

$$R^2 = \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}} \quad (3.2)$$

Persamaan regresi linier larutan baku nitrit yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar nitrit setelah terikat.

3.6.2. Perhitungan rata-rata nilai

Dari beberapa pengulangan yang telah dilakukan, dapat ditentukan nilai rata-rata dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.3.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots}{n} \quad (3.3)$$

dimana:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \text{rata-rata nilai} \\ X_1, X_2, X_3, \dots &= \text{nilai hasil yang diperoleh} \\ n &= \text{pengulangan yang dilakukan} \end{aligned}$$

3.6.3. Perhitungan standar deviasi

Untuk mengetahui ketelitian dari data-data yang telah diperoleh dapat dihitung menggunakan standar deviasi dan relative standar deviasi dengan persamaan 3.4. dan 3.5.

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.4)$$

$$RSD = \frac{Sd}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3.5)$$

dimana:

- Sd = standar deviasi
- N = pengulangan yang dilakukan
- x_i = nilai hasil yang diperoleh
- \bar{x} = rata-rata nilai
- RSD = relative standar deviasi

3.6.4. Perhitungan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Data absorbansi NO_2 oleh KI-amilum, selanjutnya dilakukan analisis menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh dari tiap perlakuan dengan uji F pada taraf nyata 1%. Apabila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) 5 % untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan nilai optimum. Pola analisis yang digunakan, dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1. (Yitnosumarto, 1990):

Tabel.3.1 Analisis Data

Perlakuan	Pengulangan		Total
X_0	$X_{0,1}$	$X_{0,2}$	$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = Y_0$
X_1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = Y_1$
X_2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = Y_2$
X_3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = Y_3$
X_4	$X_{4,1}$	$X_{4,2}$	$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = Y_4$

Untuk menguji ada tidaknya pengaruh variasi konsentrasi absorben dan pengaruh pemaparan gas NO terhadap nilai absorbansi gas NO_x menggunakan KI-amilum maka dilakukan uji F dengan cara sebagai berikut :

Faktor koreksi dihitung dengan persamaan 3.6.

$$FK = \frac{\left[\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{p \cdot n} \quad (3.6)$$

Jumlah kuadrat (JK) dihitung dengan persamaan 3.7.; 3.8. dan 3.9.

$$a. \quad JK \text{ total} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK \quad (3.7)$$

$$b. \quad JK \text{ perlakuan} = \frac{\left[\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK \quad (3.8)$$

$$c. \quad JK \text{ galat} = JK \text{ total} - JK \text{ perlakuan} \quad (3.9)$$

Kuadrat tengah (KT) setiap sumber keragaman dihitung dengan persamaan 3.10. dan 3.11.

$$a. \text{ KT perlakuan} = \frac{JK \text{ perlakuan}}{dB \text{ perlakuan}} \quad (3.10)$$

$$b. \text{ KT galat} = \frac{JK \text{ galat}}{dB \text{ galat}} \quad (3.11)$$

Nilai F dihitung dengan persamaan 3.12.

$$F_{\text{hitung perlakuan}} = \frac{KT \text{ perlakuan}}{KT \text{ galat}} \quad (3.12)$$

Setelah jumlah kuadrat total, perlakuan dan galat dihitung dapat dibuat analisis uraian seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Analisis sidik ragam satu arah

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F _{hitung}
Perlakuan	P-1	JKp	KTp	KTp/KTg
Galat	P(n-1)	JKg	KTg	
Total	Pn -1	JKt		

Keterangan : P = banyak perlakuan dB = derajat Bebas
n = banyaknya ulangan

Untuk menghitung beda nyata terhadap perlakuan, maka dibuat hipotesis nol (H_0) untuk tidak ada pengaruh perlakuan dan hipotesis alternatif (H_1) dengan minimal 1 pasang pengaruh perlakuan menunjukkan perbedaan.

Jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak, berarti ada perbedaan nyata perlakuan dan dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Untuk menentukan BNT dapat dihitung dengan persamaan 3.13.

$$\text{BNT (a)} = t_{\text{tabel}} (a/2; dBg) \sqrt{2KTg/n} \quad (3.13)$$

1. Menghitung beda rata-rata antar perlakuan

2. Menarik kesimpulan

a. Jika $\text{BNT (a)} < (X_A - X_B)$ berarti ada beda nyata

Jika $\text{BNT (a)} > (X_A - X_B)$ berarti tidak ada beda nyata

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan gas NO_x dapat dilakukan menggunakan larutan penyerap kalium iodida. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi kalium iodida sebagai larutan penyerap dan waktu pemaparan terhadap gas NO_x. Secara garis besar penelitian ini meliputi tiga tahapan, yaitu tahap preparasi pembuatan gas NO_x, tahap optimasi parameter meliputi konsentrasi larutan penyerap kalium iodida, waktu pemaparan gas NO_x, dan usia penyimpanan larutan penyerap, serta tahap penentuan kurva baku nitrit.

4.1 Preparasi pembuatan gas NO_x

Proses pembuatan gas NO_x dilakukan berdasarkan metode pengambilan sampel dengan menggunakan teknik absorpsi menggunakan tabung impinger. Teknik absorpsi sistem ini adalah teknik pengumpulan gas berdasarkan kemampuan gas terabsorpsi dengan larutan pereaksi spesifik (larutan penyerap) dalam suatu tabung tempat terjadinya proses penyerapan dari zat yang dilewatkan pada tabung tersebut (Sulaiman, 2008). Proses pembuatan gas NO_x ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Preparasi pembuatan gas NO_x dilakukan dengan mereaksikan serbuk Cu dengan larutan HNO₃ 65 % berlebih yang menghasilkan gas NO dengan konsentrasi 1200 µg/ml dimana reaksinya ditunjukkan pada persamaan 4.1. (Cotton, 1989).



Pada reaksi pembentukan gas NO_x di atas digunakan Cu dalam bentuk serbuk. Hal ini dimaksudkan agar reaksi dapat berlangsung lebih cepat karena semakin kecil ukuran maka luas permukaan semakin besar sehingga diharapkan reaksinya dapat berjalan lebih cepat.

Gas NO sebesar 1200 µg/mL dialirkan melalui K₁ dengan dilakukan pengenceran oleh udara bebas sehingga konsentrasi yang dihasilkan pada K₃ turun menjadi NO₂ dengan konsentrasi 150 µg/mL. NO bereaksi secara sempurna dengan O₂ membentuk NO₂ dimana reaksinya ditunjukkan pada persamaan 2.2. Hal ini juga didasarkan pada tabel yang ditunjukkan pada L.3.1 dan L.3.2 bahwa adanya gas O₂ dan NO tidak menimbulkan reaksi pada KI-amilum

ditinjau dari nilai absorbansinya yang sangat kecil pada saat dipaparkan terhadap KI-amilum. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi NO_2 dengan larutan KI-amilum berjalan dalam kondisi optimum.

Berdasarkan reaksi Penggunaan konsentrasi $150 \mu\text{g/mL}$ didasarkan pada *Indeks Standar Pencemaran Udara* dimana konsentrasi ini digolongkan dalam kategori berbahaya yaitu tingkat kualitas udara yang berbahaya yang secara umum dapat merugikan yang serius pada populasi. (Anonim,1997)

Pengenceran dalam penelitian ini dimaksudkan agar konsentrasi gas NO_x murni sebesar $1200 \mu\text{g/mL}$ dapat diturunkan konsentrasinya menjadi lebih rendah sebesar $150 \mu\text{g/mL}$ dengan menggunakan udara bebas sebagai pengenceran. Pada proses pengenceran udara bebas yang dipakai dianalogkan memiliki distribusi gas NO_x sebesar $0 \mu\text{g/mL}$.

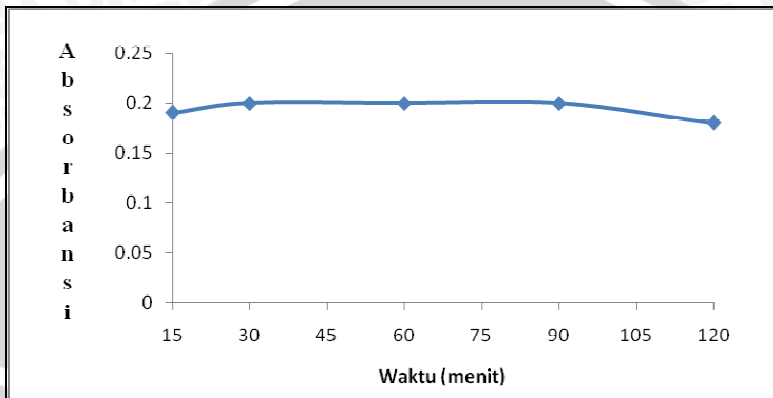
Berdasarkan perhitungan pada Lampiran 4.1.5, Untuk mendapatkan konsentrasi rendah yang diinginkan yaitu $150 \mu\text{g/mL}$ dilakukan dengan mengatur laju alir pada kran yang berada di tabung pembuat gas NO_x sebesar 50 mL/menit dan flow pada laju alir untuk udara bebas sebesar 350 mL/menit sehingga total laju alir yang digunakan yaitu 400 mL/menit yang merupakan laju alir pada pompa hisap. Laju alir 400 mL/menit merupakan laju alir standar gas yang telah ditetapkan pada proses pengambilan sampling gas menurut ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Surabaya.

4.2 Penentuan kestabilan kompleks iod-amilum

Sebelum dilakukan optimasi parameter meliputi konsentrasi larutan penyerap, waktu paparan gas, dan usia pemakaian larutan penyerap, dilakukan terlebih dahulu penelitian mengenai kestabilan kompleks iod-amilum yang terbentuk terkait dengan sifatnya yang reaktif didasarkan pada perubahan nilai absorbansinya dalam kisaran waktu tertentu. Kestabilan kompleks iod-amilum perlu diteliti bertujuan untuk memperoleh keterangan mengenai kisaran waktu kestabilan yang dimiliki sehingga dapat dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer sinar tampak.

Grafik yang diperoleh pada gambar 4.1. dibuat berdasarkan hasil absorpsi KI-amilum konsentrasi $0,1 \text{ M}$ dan dilakukan dengan

menggunakan larutan nitrit konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$ sebagai sampel NO_x yang akan diukur, dengan variasi pengamatan terhadap waktu adalah 15; 30; 60; 90; 120 menit.



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara waktu kestabilan dengan absorbansi kompleks iod amilum

Gambar 4.1. menunjukkan bahwa secara umum tidak terjadi perbedaan yang cukup besar dengan adanya variasi waktu pengamatan yang dilakukan, hal ini dapat dilihat dari nilai absorbansi yang diperoleh, dimana hasil absorbansinya mempunyai nilai yang cenderung konstan, yaitu berada pada kisaran 0,18-0,20. Pada menit 15 diperoleh absorbansi 0,19 dan pada menit 30 hingga menit 90 diperoleh absorbansi yang konstan sebesar 0,20. Nilai absorbansi yang cenderung konstan ini dikarenakan interaksi dalam struktur dari kompleks iod-amilum terdiri atas 1,4 alpha helix yang menghubungkan unit-unit alpha-D(+)-glukopiranosida pusatnya telah terisi rantai-rantai atom iodin cukup kuat.

Pada tahap ini dilakukan proses pengaliran udara menggunakan daya hisap pompa udara dengan laju alir 400 mL/menit. Tujuan dari proses pengaliran udara adalah memperbesar luas bidang kontak antara I dengan NO_x yang menyebabkan semakin besar jumlah I mengalami oksidasi membentuk I_2 yang kemudian membentuk kompleks dengan amilum. Data hasil penentuan kestabilan kompleks terhadap absorpsi NO_x ditunjukkan oleh Gambar 4.2.

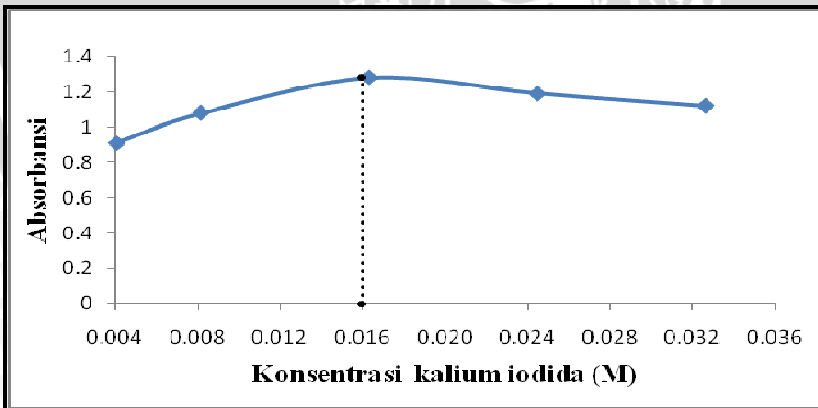
Pemilihan larutan nitrit sebagai sampel NO_x disebabkan karena besarnya nitrit terukur yang akan direaksikan dengan larutan

penyerap KI-amilum lebih kuantitatif dibandingkan pada penggunaan sampel gas.

Berdasarkan analisis di atas maka dapat disebutkan bahwa kisaran waktu kestabilan kompleks untuk melakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer sinar tampak adalah pada menit 30-90. Data ini kemudian dipakai sebagai data acuan waktu pengukuran dalam penentuan optimasi parameter-parameter selanjutnya.

4.3 Pengaruh konsentrasi larutan penyerap kalium iodida

Pada tahapan ini dilakukan variasi konsentrasi KI berdasarkan perhitungan stoikiometri untuk memperoleh nilai optimum pada pembentukan I_2 dari masing-masing konsentrasi KI. Konsentrasi kalium iodida merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi absorpsi gas NO_x oleh larutan KI-amilum. Semakin besar konsentrasi kalium iodida yang digunakan maka semakin banyak jumlah I^- yang teroksidasi oleh NO_2 menjadi I_2 . NO_2 disamping sebagai reduktor, juga mengalami proses oksidasi dari NO_2 menjadi NO_2^- sehingga penentuan NO_2 di udara dapat dilakukan dengan pengukuran nitrit yang nilai konsentrasinya setara dengan jumlah I_2 yang terbentuk. Data hasil penelitian tentang pengaruh konsentrasi kalium iodida terhadap absorpsi NO_x oleh larutan KI-amilum disajikan pada Lampiran 3.3., sedangkan hubungan antara konsentrasi kalium iodida dan absorbansi ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara konsentrasi KI dengan absorbansi kompleks iod amilum

Grafik yang diperoleh pada Gambar 4.2. dibuat berdasarkan hasil absorpsi gas NO_x pada konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$ dengan menggunakan waktu pemaparan gas selama 15 menit dan laju alir gas NO_x 400 mL/menit. Variasi konsentrasi kalium iodida yang digunakan sebagai absorber yaitu 4×10^{-3} ; 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} serta 33×10^{-3} M.

Gambar 4.2. menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi kalium iodida yang digunakan maka semakin besar absorpsi gas NO_x yang diperoleh. Pada konsentrasi 4×10^{-3} M absorpsi NO_x yang diperoleh adalah sebesar 81,0 $\mu\text{g/mL}$. Pada konsentrasi KI-amilum sebesar 8×10^{-3} M terjadi kenaikan terhadap absorpsi NO_x sebesar 96,14 $\mu\text{g/mL}$. Berdasarkan persamaan 2.6 (Salem, *et al*, 2009), hal ini dikarenakan dengan bertambahnya konsentrasi KI-amilum maka jumlah ion-ion I^- yang ada dalam larutan meningkat pula sehingga proses oksidasi oleh NO_x akan menghasilkan lebih banyak I_2 . Selanjutnya, pada konsentrasi KI-amilum sebesar 16×10^{-3} M dicapai nilai optimum terhadap kenaikan absorpsi NO_x sebesar 113,94 $\mu\text{g/mL}$, hal ini disebabkan adanya jumlah I^- yang meningkat seiring dengan terbentuknya kesetimbangan antara kompleks iod-amilum yang terbentuk terhadap gas NO_x yang dialirkan kedalam impinger. Namun pada konsentrasi kalium iodida sebesar 24×10^{-3} dan 32×10^{-3} M nilai absorpsi terhadap NO_2 yang dialirkan semakin menurun, hal ini dikarenakan setelah tercapai kesetimbangan antar kedua fasa, proses absorpsi terhadap NO_x tidak terjadi lagi dan adanya gas NO_2 yang dialirkan akan menyebabkan sebagian I_2 yang telah membentuk kompleks kembali tereduksi membentuk I^- .

Konsentrasi maksimum NO_x yang terserap diperoleh pada konsentrasi larutan kalium iodida 16×10^{-3} M yaitu konsentrasi NO_2^- 93,43 $\mu\text{g/mL}$ setara dengan 113,94 $\mu\text{g/mL}$ konsentrasi NO_x . Oleh karena itu, ada penelitian ini dipilih konsentrasi larutan KI optimum sebesar 16×10^{-3} M dan digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya.

Proses absorpsi gas NO_x dari proses reaksi antara logam tembaga dengan HNO_3 65 % terjadi karena KI teroksidasi oleh gas NO_2 dalam fase gas membentuk I_2 yang kemudian membentuk suatu kompleks dengan adanya amilum yang berwarna biru seperti pada reaksi 2.4, dan 2.5 (Wiryawan, dkk, 2008). Sehingga dengan adanya reaksi reduksi oksidasi proses pembentukan kompleks iod-amilum dapat berjalan. Pada prosesnya, penggunaan HNO_3 disamping merupakan komponen utama dalam pembuatan gas NO_x , juga

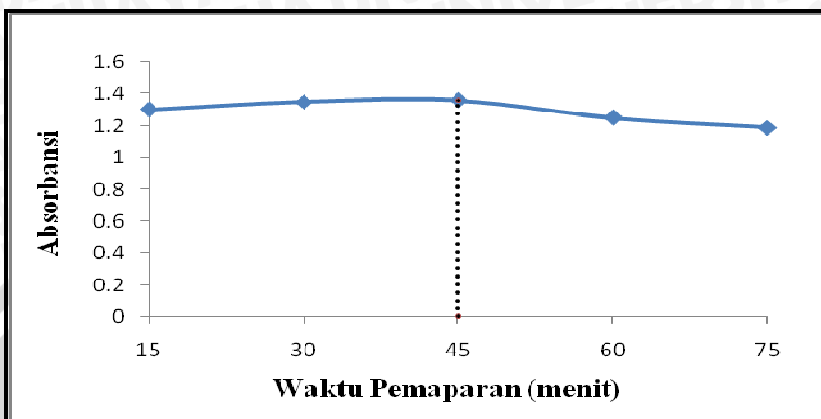
digunakan sebagai pemberi suasana asam pada reaksi pembentukan kompleks iod-amilum. Penggunaan asam kuat lainnya seperti H_2SO_4 juga digunakan karena pada umumnya asam ini tidak menimbulkan gangguan pada proses pembentukan kompleks iod-amilum. Sehingga penggunaan HNO_3 pada proses pembuatan gas NO_x yang didasarkan pada reaksi dapat dinilai efisien karena tidak diperlukan adanya penambahan asam lain pada larutan absorber. Berdasarkan hasil penelitian dapat disebutkan bahwa konsentrasi KI optimum yang dapat digunakan untuk absorpsi gas NO_x adalah kalium iodida 16×10^{-3} M setara dua kali stoikiometri dengan nilai absorbansinya sebesar 1,36 setara konsentrasi NO_x yang terserap yaitu 113,94 $\mu g/mL$ dengan % efisiensi yang diperoleh adalah 75,96 %.

Berdasarkan uji statistik varian satu arah didapatkan bahwa pada $\alpha=5\%$, Fhitung > Ftabel berarti adanya perlakuan variasi konsentrasi KI dapat mempengaruhi besarnya absorbansi yang dihasilkan kompleks iod-amilum. Hal ini berarti bahwa pada setiap perbedaan perlakuan yang diberikan yaitu variasi konsentrasi KI akan menyebabkan perbedaan nilai absorbansi dari kompleks iod-amilum yang terbentuk dengan kesalahan sebesar 5%.

4.4 Pengaruh waktu paparan gas NO_x

Waktu paparan gas NO_x adalah waktu yang diperlukan untuk memaparkan gas NO_x ke dalam larutan penyerap. Diharapkan dengan waktu paparan yang semakin lama maka semakin besar volume gas NO_x yang dialirkan pada impinger yang mengakibatkan semakin besar pula interaksi antara NO_x dengan KI-amilum, sehingga semakin banyak gas NO_x yang terabsorpsi pada tabung absorber atau impinger (Lee and Lin, 2000). Data hasil penelitian tentang pengaruh waktu paparan terhadap absorpsi NO_x oleh KI amilum disajikan pada Lampiran 3.4. sedangkan hubungan antara waktu paparan dan absorbansi ditunjukkan oleh Gambar 4.3.

Grafik yang diperoleh pada Gambar 4.3. dibuat berdasarkan hasil absorpsi larutan KI-amilum, dengan konsentrasi NO_x sebesar 150 $\mu g/mL$ dengan menggunakan konsentrasi KI optimum yang telah diperoleh yaitu 16×10^{-3} M, dengan laju alir sebesar 400 mL/menit yang konstan selama proses variasi dilakukan, dengan variasi waktu paparan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit.



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara waktu pemaparan gas dengan absorbansi kompleks iod amilum

Grafik hubungan antara waktu pemaparan gas dengan absorbansi menunjukkan bahwa secara umum tidak terjadi perbedaan yang cukup besar dengan adanya variasi waktu pemaparan yang digunakan, hal ini dapat dilihat dari nilai absorbansi yang diperoleh, dimana nilai konsentrasi gas NO_x yang terserap mendekati satu sama lain, yaitu berada pada $115,72 - 121,17 \mu\text{g/mL}$. Pada waktu pemaparan 15 menit absorpsi NO_x yang diperoleh adalah sebesar $115,72 \mu\text{g/mL}$. Pada waktu pemaparan 30 menit terjadi kenaikan terhadap konsentrasi NO_x yang terserap sebesar $120,17 \mu\text{g/mL}$, berdasarkan persamaan 2.6. (Salem, *et al*, 2009), hal ini dikarenakan dengan bertambahnya waktu pemaparan maka jumlah NO_x dalam impinger akan meningkat sehingga banyaknya I_2 yang tereduksi membentuk I_2 oleh NO_x akan semakin meningkat.

Pada waktu pemaparan 45 menit dicapai nilai optimum terhadap kenaikan terhadap absorpsi NO_x sebesar $121,02 \mu\text{g/mL}$, hal ini disebabkan adanya jumlah I_2 yang meningkat seiring dengan terbentuknya kesetimbangan antara kompleks iod-amilum yang terbentuk terhadap gas NO_2 yang dialirkan ke dalam impinger.

Seharusnya semakin lama waktu pemaparan gas semakin besar pula gas NO_x yang terabsorpsi. Namun pada waktu pemaparan 60 menit dan 75 menit nilai absorbansi terhadap NO_x yang dialirkan semakin menurun, hal ini dikarenakan setelah tercapai kesetimbangan antar kedua fasa, sehingga KI-amilum tidak mampu mengadakan ikatan dengan iodium maupun ion nitrit yang dihasilkan

dan adanya gas NO_x yang dialirkan. Hal lain yang terjadi adalah dengan adanya kenaikan volume NO_x akan menyebabkan sebagian ion nitrit yang tereduksi oleh I akan kembali teroksidasi membentuk NO_x .

Bila waktu pemaparan berdasarkan penelitian dan ISPU dibandingkan, maka didapatkan hasil yang berbeda. Menurut ISPU waktu pemaparan optimum gas NO_x berlangsung selama 60 menit namun hasil dari penelitian ini menunjukkan waktu pemaparan optimum tercapai pada 45 menit. Perbedaan ini disebabkan perbedaan kondisi pengambilan sampel gas NO_x . Pada penelitian ini pengambilan sampel NO_x dilakukan secara tak langsung dari gas NO_x buatan sebesar $1200 \mu\text{g/mL}$ yang dalam pembuatannya tidak menghasilkan polutan lain seperti pada reaksi 2.1 (Cotton, 1989) sehingga proses pemaparan gas NO_x lebih cepat mencapai kesetimbangan absorpsi. Sebaliknya pada metode ISPU pengambilan sampel gas NO_x dilakukan secara langsung pada udara yang tercemar sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama karena di dalam udara tercemar terkandung berbagai jenis polutan lainnya yang dapat mempengaruhi penyerapan gas NO_x (Nagaraja, 2002).

Berdasarkan hasil yang diperoleh di atas maka waktu pemaparan gas NO_x yang digunakan pada penelitian ini adalah 45 menit dengan laju konstan pada kolom absorber sebesar 400 mL/menit . Karena penggunaan waktu pemaparan 45 menit pada penelitian ini efisien digunakan dengan nilai absorpsi $1,36$ setara dengan konsentrasi NO_x yang terserap yaitu $121,02 \mu\text{g/mL}$ dengan % efisiensi yang diperoleh adalah $80,71 \%$.

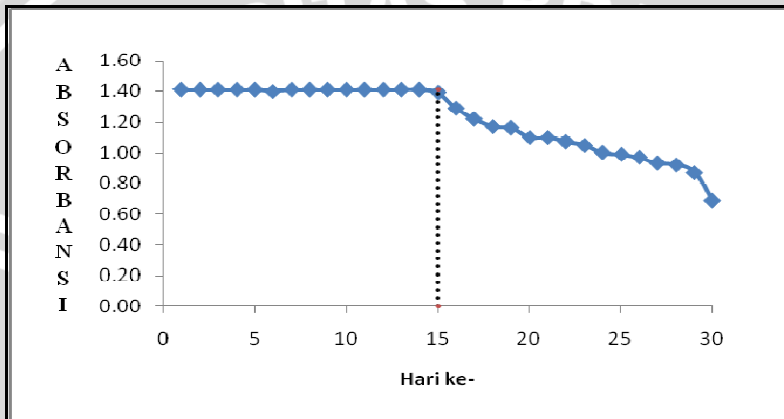
Berdasarkan uji statistik varian satu arah didapatkan bahwa pada $\alpha=5\%$, $F_{hitung} > F_{tabel}$ berarti adanya perlakuan variasi waktu pemaparan gas NO_x dapat mempengaruhi besarnya absorpsi yang dihasilkan kompleks iod-amilum. Hal ini berarti bahwa pada setiap perbedaan perlakuan yang diberikan yaitu variasi waktu pemaparan gas NO_x akan menyebabkan perbedaan nilai absorpsi dari kompleks iod-amilum yang terbentuk dengan kesalahan sebesar 5% .

4.5 Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap

Penentuan usia penyimpanan larutan ini dilakukan untuk mengetahui sensitifitas larutan terhadap hasil pembentukan kompleks yang terjadi dengan melakukan perhitungan terhadap kemungkinan penurunan absorpsi dari kompleks iod-amilum yang terbentuk tiap

hari sampai jangka waktu penurunan absorbansi yang signifikan. Pada tahap ini, larutan penyerap yang akan digunakan tidak dilakukan pengkondisian suhu agar dapat ditentukan usia pemakaian larutan penyerap pada penentuan gas NO_x di udara.

Data hasil penelitian tentang pengaruh lama penyimpanan larutan KI-amilum terhadap absorpsi NO_x oleh KI amilum disajikan pada Lampiran 3.5. sedangkan hubungan antara lama penyimpanan dan absorbansi ditunjukkan oleh Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara usia penyimpanan larutan penyerap dengan absorbansi kompleks iod amilum

Grafik yang diperoleh pada Gambar 4.4. dibuat berdasarkan hasil absorpsi larutan KI-amilum, dengan konsentrasi NO_x sebesar $150 \mu\text{g/mL}$ dengan menggunakan konsentrasi KI optimum yang telah diperoleh yaitu $16 \times 10^{-3} \text{ M}$, dan waktu pemaparan optimum pada 45 menit dengan laju alir sebesar 400 mL/menit yang konstan selama proses pengamatan terhadap kestabilan larutan terhadap nilai absorbansinya yang diamati setiap hari.

Gambar 4.4. menunjukkan bahwa secara umum tidak terjadi perbedaan yang cukup besar pada rentang hari pertama hingga hari ke limabelas, disebabkan kompleks yang terbentuk melalui proses oksidasi I^- menjadi I_2 oleh NO_x yang selanjutnya diserap menggunakan KI-amilum relatif stabil. Hal ini dapat dilihat dari nilai absorbansi yang diperoleh, dimana hasil nilai absorbansinya mendekati antara satu sama lain, yaitu berada pada kisaran 1,39 - 1,41 setara dengan konsentrasi NO_x yang terserap yaitu yaitu $101,46 \mu\text{g/mL}$ hingga $102,92 \mu\text{g/mL}$.

Namun penurunan nilai konsentrasi gas NO_x yang terserap mulai terjadi pada hari ke-16 hingga hari ke-30 dimana konsentrasi NO_x yang terserap berturut-turut yaitu 94,16 hingga 50,36 µg/mL. Setelah pengukuran NO_x hari ke-15, amilum mulai mengalami denaturasi stuktur sehingga proses pembentukan kompleks iod-amilumnya menurun, hal ini juga dapat disebabkan oleh menurunnya kadar I dalam larutan penyerap sehingga jumlah I₂ yang dihasilkan dalam pembentukan kompleks iod-amilum akan semakin berkurang.

Berdasarkan hasil yang diperoleh di atas maka larutan penyerap kalium iodida dapat digunakan dalam penentuan NO_x di udara hingga 15 hari dengan konsentrasi optimum dari kalium iodida sebesar 16×10^{-3} M, waktu pemaparan gas NO_x yang digunakan pada penelitian ini adalah 45 menit serta laju konstan pada impinger sebesar 400 mL/menit dengan nilai konsentrasi NO_x yang terserap sebesar 102,92 µg/mL dengan % efisiensi yang diperoleh adalah 82,46 %.

Berdasarkan uji statistik varian satu arah didapatkan bahwa pada $\alpha=5\%$, Fhitung > Ftabel berarti adanya perlakuan lama penyimpanan larutan penyerap dapat mempengaruhi besarnya absorbansi yang dihasilkan kompleks iod-amilum. Hal ini berarti bahwa pada setiap perbedaan perlakuan yang diberikan yaitu lama penyimpanan larutan penyerap akan menyebabkan perbedaan nilai absorbansi dari kompleks iod-amilum yang terbentuk dengan kesalahan sebesar 5%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai absorbansi kompleks iod-amilum akan terus meningkat dengan bertambahnya konsentrasi KI yang digunakan hingga kondisi optimum tercapai yaitu pada konsentrasi KI 16×10^{-3} M yaitu setara dua kali stoikiometri dimana konsentrasi nitrit yang terukur adalah $93,43 \mu\text{g/mL}$ setara dengan besarnya NO_x yang diserap adalah $113,94 \mu\text{g/mL}$.
2. Semakin lama waktu pemaparan maka jumlah gas NO_x yang diserap semakin besar hingga kondisi optimum tercapai yaitu pada waktu pemaparan 45 menit dimana konsentrasi nitrit yang terukur adalah $99,27 \mu\text{g/mL}$ setara dengan NO_x yang diserap adalah $121,02 \mu\text{g/mL}$.
3. Larutan penyerap kalium iodida dapat digunakan dalam penentuan NO_x selama 15 hari.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan komparator warna menggunakan larutan penyerap KI sebagai alternatif pemantauan kadar polutan NO_x di udara
2. Perlu dilakukan uji validasi dengan pengambilan lokasi berdasarkan titik maupun waktu yang bervariasi menggunakan larutan penyerap kalium iodida.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1997, **Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tentang Indeks Standart Pencemaran Udara**, Menteri Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, Surabaya
- Anonymous, 2000, **Pencemaran Udara**, Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah, BAPEDAL, Jakarta
- Anonymous, 2001, **Air Monitoring Data – Nitrogen Oxides**, <http://www.gng.ca>, tanggal akses 15 November 2008
- Anonymous, 2006, **Advokasi Pencemaran Udara**, <http://www.walhi.or.id>, tanggal akses 15 November 2008
- Anonymous, 2008, **Chemical Analytical Methods of Pollutants**, <http://www.env.go>, tanggal akses 8 Januari 2009
- Basuki, K.T., 2005, **Penurunan Konsentrasi CO dan NO₂ Pada Emisi Gas Buang Dengan Menggunakan Media Penyisipan TiO₂ Lokal Pada Karbon Aktif**, <http://digilib.unila.ac.id>, tanggal akses 15 November 2008
- Basset, J., Denny, .R.C., Jefrey, G.H., dan Mendham, J., 1994, **Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik**, Edisi 4, Penerbit Buku Kedokteran RGC, Jakarta
- Boedisantoso, R., 2002, **Pengelolaan Kualitas Udara**, Teknik Lingkungan ITS, Institut Tehnologi Sepuluh November, Surabaya
- Chen, X., Yoshiro, O., Tanaka, K., Takenaka, N., and Bandow, H., 2004, **A New Method for Atmospheric Nitrogen Dioxide Measurements Using The Combination of a Stripping Coil and Flourescence Detection**, Analiticaly Science, Vol.20

- Cotton, F. A. dan G. Wilkinson, 1989, **Kimia Anorganik Dasar**, UI Press, Jakarta
- Diaz, C.D., and Cardoso, A.A., 2007, **Seasonal and Diurnal Variation of NO_x in Troposphere of Sao Paulo State**, American Geophysical Union, USA
- EPA, 2008, **Integrated Science Assessment or Oxides of Nitrogen and Sulfur-Ecological Criteria**, Research Triangle Park, NC, United States
- Fandeli, 1995, **Analisis Mengenai Dampak Lingkungan**, Liberty, Yogyakarta
- Fardiaz, S., 1992, **Polusi Air Dan Udara**, Kanisikus, Yogyakarta
- Fessenden, R.J. dan J.S. Fessenden. 1995. **Kimia Organik, Edisi Ketiga. Jilid 1**, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hendayana, S., Karohman, A. dan A.A. Sumarna, 1994, **Kimia Analitik Instrumen, Edisi Ke-1**, Pdjjaatmaka, Erlangga, Jakarta, hal.156, 143-149
- Hendrawan, K., 2004, **Hukum-Hukum Dasar Ilmu Kimia**, <http://www.clearinghouse.dikmenum.go.id> tanggal akses **11 Agustus 2009**
- Hirata, S., et al, 2003, **Determination of Nitrite by Flow Injection Spectrophotometry Using a Home-made Flow Cell Detector**. Kumamoto University, Japan, pp 1688
- Lee, C. C. and Lin, S.D., 2000, **Handbook of Enviromental Engineering Calculations**, McGraw-Hill, New York
- 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, pp.5

Lewis, J. R., 1999, **Hawleys Condensed Chemical Dictionary, Twelfth Edition**, Van Nonstrand Reinhold Company, New York, pp 823

Karto, S., dkk, 2007, **Absorpsi CO₂ Melalui Kontraktor Membrane Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air dan Larutan NaOH**, penerbit UI, Depok

Khopkar, S.M., 1990, **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Penerjemah Saptoraharjo, A., Penerbit UI Press., Jakarta, hal 85-86

Kolthoff, I. M., and Sandell, 1969, **Qualitatif Chemical analysis, 4th edition**, Mc. Millan Publishing Co.Inc, New York

Moestikahadi S., 2001, **Pencemaran Udara**, penerbit ITB Bandung, Bandung

Nagaraja, Padmarajaiah., and Mattighatta, S.H.K., 2002, **Spectrophotometric Determination of Nitrate in Polluted Water Using A New Coupling Reagent**, Department Of Environmental Science, Mysore, pp.356

Pandurangappa M, Balasubranian N, 1996, **Extractive Spectrophotometric Determination of Trace Amounts of Nitrogen Dioxide, Nitrite, And Nitrate**, Mikrochim Acta 124:137-146

Pecsok,R.L., Shield,L.D., Cairns,T. and T.G., McWilliam, 1976, **Modern Methods of Chemical Analysis**, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., New York, p.147

Petrucci, dan Ralph.H, **Kimia Dasar. Prinsip dan Terapan Modern**, Penerjemah Suminar Achmadi,Ph. D., Penerbit Erlangga, Bogor, hal 121-122

Rietman,E.A., 1984, **Electronic Properties of The Amylose-Iodine Complex : Journal of Materials Science Letters**, AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey

- Salem, Alaa A., Ahmed A. Soliman, and 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 Emirate Arab University, Al-Ain, pp.5
- Scott, 2006, **Conversion of Part Per Million (Ppm) to Gram/Liter**, <http://www.scotccatalog.com> tanggal akses 11 Agustus 2009
- Silverstein, R.M., Bassler, G.C., and T.I.C. Merrill, 1986, **Pemeriksaan Spektrofotometri Senyawa Organik, Edisi Ke-4**, Penerjemah Hartono dan Purbo, Penerbit Erlangga, Jakarta, hal.305-325
- Suparni S.R., dan Sari P., 2008, **Kimia Industri Jilid 2**, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta, halaman 271, 272
- Sutardi, T., 2008, **Teknik Pengukuran Udara Ambien**, http://www.freewebs.com/kimiadb2/topik_minggu.htm, tanggal akses: 20 Agustus 2008
- Townshend, A., 1995, **Encyclopedia Of Analytical Science**, Harcourt Brace & Company, Publisher, New York, vol. 6
- Vogel, A.I., 1985, **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimakro, Edisi Ke-5**, Alih bahasa Pudjaatmaka, Penerbit PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta, Hal. 331
- Vogel, A.I., 1994, **Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik, Edisi Ke-1**, Alih bahasa Pudjaatmaka, Penerbit Buku Kedokteran, EGC, Jakarta, Hal. 165-189
- Wardana, W., A., 1995, **Dampak Pencemaran Lingkungan**, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta

Willard, H.H., Merrit, L.L. and J.A., Dean, 1974, **Instrumental Methode of Analyst, 5th Edition**, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp.42,132

Wiryawan,A., R. Retnowati, dan A. Sabarudin, 2008, **Kimia Analitik**, Direktorat pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta

World Health Organization,1997, **Enviromental Health Criteria No.188 : Oxides Of Nitrogen**, Geneva
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc188.htm>

Yitnosumarto, Suntoyo, 1990, **Dasar-Dasar Statistika : Dengan Penekanan Terapan Dalam Bidang Agrokomples, Tekhnologi dan Sosial**, CV. Rajawali, Jakarta Utara, Hal.356-364

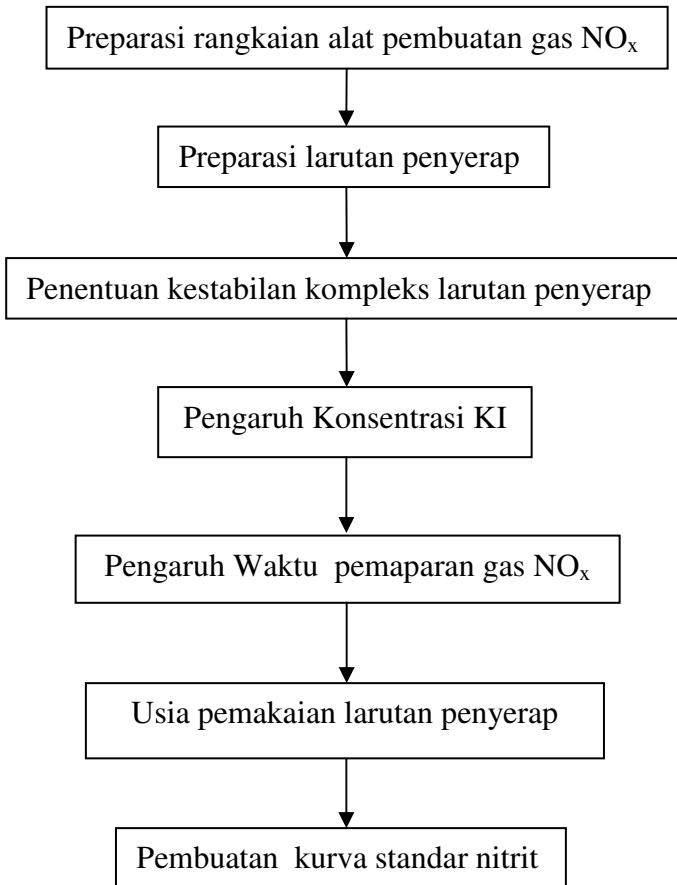


LAMPIRAN

Lampiran I

Diagram Alir Penelitian

L.1.1 Tahapan Penelitian



L.1.2 Preparasi Rangkaian Alat Pembuatan Gas NO_x

Serbuk Cu

- ditimbang 0,04 g
- dimasukkan ke dalam reaktor pembuat gas NO
- ditambahkan 0,07 mL HNO₃ 65%

Gas NO_x

- 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 amilum 1 %

Amilum

- ditimbang 1,0 g
- dilarutkan dalam gelas kimia 250 mL
- ditambahkan 100 mL akuades
- diaduk dan dipanaskan diatas hingga homogen

Larutan amilum 1%

L.1.3.2 Variasi Konsentrasi KI

0,033 : 0,066 : 0,133 : 0,199 : 0,266 g KI

- dimasukkan dalam gelas kimia 250 mL
- ditambahkan akuades 5 ml
- diencerkan dalam labu ukur 50 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas
- dihomogenkan

Larutan KI 4×10^{-3} : 8×10^{-3} : 16×10^{-3} : 24×10^{-3} : 32×10^{-3} M

L.1.5 Penentuan Kestabilan Kompleks Larutan Penyerap

Larutan penyerap
(KI-amilum)

- dipipet 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- ditambahkan 7,5 mL larutan NaNO_2 4×10^{-4} M
- dipaparkan dengan udara pengencer (udara bebas) selama 30 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 440 nm
- diulangi prosedur diatas untuk waktu pemaparan 45 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu pemaparan (menit) pada sumbu x

Data kestabilan kompleks

L.1.6 Pengaruh Konsentrasi KI sebagai larutan penyerap

Larutan Penyerap
(Larutan kalium iodida 4×10^{-3} M)

- dipipet 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- dipaparkan dengan gas NO_x buatan selama 15 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 440 nm
- dibaca nilai absorbansinya setiap 10 menit hingga menit ke 30
- dilakukan 3 kali pengulangan untuk prosedur diatas
- diulangi prosedur diatas untuk Larutan KI-amilum 8×10^{-3} M : 16×10^{-3} M : 24×10^{-3} M dan 32×10^{-3} M
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan konsentrasi KI-amilum pada sumbu x

Konsentrasi optimum larutan penyerap KI



L.1.7 Waktu Pemaparan Optimum Gas NO_x

Larutan penyerap kalium iodida (16×10^{-3} M)

- dipipet sebanyak 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- dipaparkan dengan gas NO_x buatan selama 15 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 440 nm
- dibaca nilai absorbansinya setiap 10 menit hingga menit ke 30
- dilakukan 3 kali pengulangan untuk prosedur diatas
- diulangi prosedur diatas untuk waktu pemaparan 30 menit, 45 menit, 60 menit dan 75 menit
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu pemaparan (menit) pada sumbu x

Waktu pemaparan optimum gas NO_x

L.1.8 Usia Penyimpanan Larutan Penyerap

Larutan penyerap kalium iodida (16×10^{-3})

- dipipet sebanyak 10 mL
- dimasukkan ke dalam tabung impinger
- dipaparkan dengan gas NO_x buatan selama 45 menit dengan laju alir 400 mL/menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 440 nm
- dilakukan 3 kali pengulangan untuk prosedur diatas
- dilakukan pengukuran usia penyimpanan larutan penyerap hingga hari ke 30
- dibuat kurva hubungan absorbansi pada sumbu y dengan waktu penyimpanan (hari) pada sumbu x

Usia penyimpanan larutan

L.1.9 Pembuatan Kurva Baku Nitrit

Padatan NaNO_2

- dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C
- didinginkan dalam desikator

Padatan NaNO_2 bebas air

- ditimbang sebanyak 0,246 g
- dilarutkan dalam gelas kimia 50 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL

Larutan baku nitrit 1640 $\mu\text{g/mL}$

- dipipet sebanyak 11 mL
- diencerkan dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas

Larutan standar nitrit 16,40 $\mu\text{g/mL}$

- dipipet masing-masing 0,0 mL; 1 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL; 5 mL; 6 mL; 7 mL
- dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL
- ditambahkan dan H_2SO_4 0,1 M 1 mL
- ditambahkan larutan penyerap KI-amilum hingga 10 mL
- ditambahkan akuades sampai tanda batas

Larutan campuran 0,0 $\mu\text{g/mL}$; 1,67 $\mu\text{g/mL}$; 3,30 $\mu\text{g/mL}$; 4,95 $\mu\text{g/mL}$; 6,60 $\mu\text{g/mL}$; 8,25 $\mu\text{g/mL}$; 9,90 $\mu\text{g/mL}$; 11,55 $\mu\text{g/mL}$

- didiamkan selama 15 menit
- diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang 440 nm dengan spektrofotometer visibel
- dibuat kurva hubungan antara absorbansi pada sumbu y dengan konsentrasi NO_x pada sumbu x

Persamaan regresi

LAMPIRAN 2. Preparasi Larutan

L.2.1 Pembuatan Larutan Induk Nitrit (NO_2^-) 1640 $\mu\text{g/mL}$

Larutan Induk Nitrit (NO_2^-) 1640 $\mu\text{g/mL}$ dibuat dari padatan NaNO_2 sebanyak 0,0108 gram yang telah dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam. Padatan NaNO_2 ini dilarutkan dengan akuades dalam gelas kimia 50 mL, setelah larut dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL. Setelah itu ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan stock yang diperoleh memiliki konsentrasi 1640 $\mu\text{g/mL}$.

L.2.2 Pembuatan Larutan Standar Nitrit (NO_2^-)

Larutan Standar Nitrit (NO_2^-) dibuat dari pemipetan larutan induk nitrit (NO_2^-) 1640 $\mu\text{g/mL}$ sebanyak 1 mL ke dalam labu ukur 100 mL, dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

L.2.3 Pembuatan Kurva Standar Nitrit (NO_2^-)

Larutan Standar Nitrit (NO_2^-) masing-masing dipipet sebanyak 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 mL kedalam labu ukur 10 mL dimana konsentrasi nitrit menjadi 0,0 $\mu\text{g/mL}$; 1,67 $\mu\text{g/mL}$; 3,30 $\mu\text{g/mL}$; 4,95 $\mu\text{g/mL}$; 6,60 $\mu\text{g/mL}$; 8,25 $\mu\text{g/mL}$; 9,90 $\mu\text{g/mL}$; 11,55 $\mu\text{g/mL}$. Kemudian hasil reaksi antara larutan standar nitrit dengan absorber dalam suasana asam diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV Visible (UV-Vis) dan dibuat kurva standar hubungan antara konsentrasi masing-masing larutan (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y).

L.2.4 Pembuatan Larutan Amilum 1%

Larutan amilum 1 % dibuat melalui penimbangan pati sebanyak 1 gram dan dilarutkan dalam gelas kimia dengan penambahan akuades sampai 100 mL. Larutan dipanaskan dan diaduk sehingga larutan hasil pelarutan memiliki konsentrasi 1%.

L.2.5 Pembuatan Larutan H_2SO_4 1 M

Larutan H_2SO_4 dibuat melalui pengenceran larutan H_2SO_4 96 % dengan cara mengambil larutan H_2SO_4 96 % sebanyak 1,39 mL kemudian diencerkan dengan aquades sampai 50 mL, sehingga larutan hasil pengenceran memiliki konsentrasi 0,1 M.

L.2.6 Pembuatan Larutan KI 4×10^{-3} M

Larutan KI 4×10^{-3} M dibuat dari padatan KI sebanyak 0,033 g yang dilarutkan dengan akuades, setelah semua larut dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL. Setelah itu ditambahkan akuades sampai tanda batas., sehingga larutan hasil pelarutan memiliki konsentrasi 4×10^{-3} M.

Prosedur yang sama dilakukan pada pembuatan larutan KI dengan variasi konsentrasi 8×10^{-3} ; 16×10^{-3} ; 24×10^{-3} ; 32×10^{-3} M seperti pada tabel L.1.6

Tabel L.2.1 Pembuatan Larutan KI dengan variasi konsentrasi

No.	Konsentrasi (M)	massa KI (g)	Volume (mL)
1	8×10^{-3}	0,066	50
2	16×10^{-3}	0,133	50
3	24×10^{-3}	0,199	50
4	32×10^{-3}	0,266	50

LAMPIRAN 3. Data Hasil Penelitian

L.3.1 Tabel Data Absorbansi paparan O₂ terhadap Larutan KI

Waktu paparan	Absorbansi yang dihasilkan			Absorbansi rata-rata
	A1	A2	A3	
15	0,01	0,01	0,01	0,01 ± 0,000
30	0,02	0,01	0,01	0,01 ± 0,006
45	0,02	0,01	0,03	0,02 ± 0,010
60	0,04	0,02	0,03	0,03 ± 0,010
75	0,05	0,03	0,03	0,04 ± 0,012

L.3.1 Tabel Data Absorbansi paparan NO terhadap Larutan KI

Waktu paparan	Absorbansi yang dihasilkan			Absorbansi rata-rata
	A1	A2	A3	
15	0,01	0,01	0,01	0,01 ± 0,000
30	0,02	0,01	0,01	0,01 ± 0,006
45	0,02	0,01	0,01	0,01 ± 0,006
60	0,02	0,02	0,03	0,02 ± 0,006
75	0,02	0,03	0,02	0,02 ± 0,006

L.3.3 Tabel Data Pengaruh Variasi Konsentrasi Kalium Iodida terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Konsentrasi KI (Molar)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata
	A1	A2	A3	
0,004	0,92	0,87	0,93	0,91 ± 0,0010
0,008	1,07	1,10	1,06	1,08 ± 0,0004
0,016	1,31	1,21	1,33	1,28 ± 0,0041
0,024	1,16	1,19	1,23	1,19 ± 0,0012
0,033	1,12	1,11	1,13	1,12 ± 0,0100

L.3.4 Tabel Data Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

t pemaparan (menit)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata
	A1	A2	A3	
15	1,31	1,32	1,28	1,30 ± 0,0004
30	1,37	1,33	1,34	1,35 ± 0,0004
45	1,39	1,38	1,32	1,36 ± 0,0014
60	1,25	1,28	1,22	1,25 ± 0,0009
75	1,19	1,17	1,22	1,19 ± 0,0006

L.3.5 Tabel Data Penentuan Kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Hari ke	Absorbansi			Absorbansi rata-rata
	P1	P2	P3	
1	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
2	1,40	1,41	1,43	1,41 ± 0,0002
3	1,39	1,40	1,43	1,41 ± 0,0004
4	1,39	1,40	1,43	1,41 ± 0,0004
5	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
6	1,39	1,40	1,42	1,40 ± 0,0002
7	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
10	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
11	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
12	1,39	1,42	1,43	1,41 ± 0,0004
13	1,40	1,41	1,42	1,41 ± 0,0001
14	1,40	1,41	1,43	1,41 ± 0,0002
15	1,37	1,39	1,42	1,39 ± 0,0006
16	1,28	1,29	1,30	1,29 ± 0,0001
17	1,20	1,23	1,24	1,22 ± 0,0004
27	1,00	1,01	1,02	1,01 ± 0,0001
28	0,92	1,00	0,96	0,96 ± 0,0016
29	0,85	0,88	0,88	0,87 ± 0,0003
30	0,71	0,67	0,72	0,69 ± 0,0007

LAMPIRAN 4. Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi Kurva Standar Nitrit

L.4.1 Kurva Standar Nitrit

Konsentrasi NO ₂ ⁻ (µg/ml)	Absorbansi	X ²	Y ²	X Y
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,65	0,19	2,72	0,04	0,31
3,30	0,38	10,89	0,14	1,25
4,95	0,65	24,50	0,42	3,22
6,60	0,81	43,56	0,66	5,35
8,25	1,10	68,06	1,21	9,08
9,90	1,37	98,01	2,02	14,06
11,55	1,66	133,40	2,76	19,17
Σ		381,15	7,24	52,44

Berdasarkan data dalam table diatas diperoleh persamaan regresi (y=ax) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\sum x^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 381,15 - \frac{(46,2)^2}{7} = 76,230$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} = 7,24 - \frac{(6,16)^2}{7} = 1,819$$

$$\sum xy = \sum XY - \frac{(\sum Y)(\sum x)}{n} = 52,44 - \frac{(6,16)(46,2)}{7} = 11,784$$

$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = 0,155$$

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = 1,000$$

Persamaan regresi linier : $y = 0,137x$

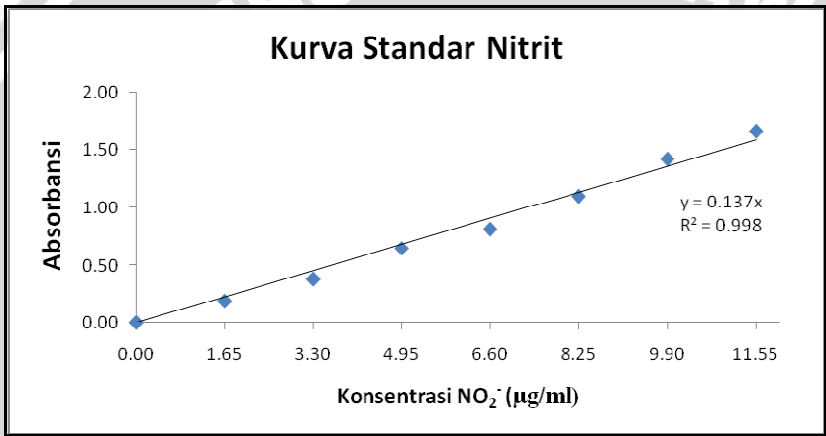
Hubungan konsentrasi dan absorbansi menurut Lambert-Beer adalah

$$A = abc$$

$$y = 0,137x$$

dimana a adalah absorbansi spesifik dan b adalah tebal medium yang nilainya konstan.

Dari perhitungan regresi linier yang diperoleh dapat dibuat kurva standar tembaga(II) yang ditunjukkan pada Gambar L.4.1.



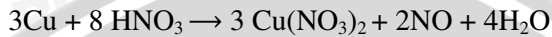
Gambar L.4.1. Kurva Hubungan Konsentrasi NO_2^- Terhadap absorbansi Hasil Pengukuran Spektrofotometer UV-vis

Dari hasil penelitian, diperoleh persamaan kurva baku untuk gas NO_x atau nitrit $y = 0,137x$ dengan koefisien korelasi sebesar 0,998.

LAMPIRAN 5. Perhitungan

L.5.1 Perhitungan dan Pembuatan gas NO 1200 µg/mL

Perhitungan stokiometri pada reaksi pembuatan gas



L.5.1.2. Perhitungan mol Cu setara mol NO ($4 \cdot 10^{-4}$ mol)

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

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

L.5.1.3. Perhitungan mol HNO₃ setara mol NO ($4 \cdot 10^{-4}$ mol)

$$\begin{aligned} \text{mol NO} &= \frac{8}{2} \times \text{mol NO} \\ &= \frac{8}{2} \times 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ &= 16 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa HNO}_3 &= \text{mol HNO}_3 \times \text{BM HNO}_3 \\ &= 16 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 63 \text{ g/mol} \\ &= 0,1008 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume HNO}_3 &= \text{massa HNO}_3 / \text{massa jenis HNO}_3 \\ &= 0,1008 \text{ g} / 1,41 \text{ g/mL} \\ &= 0,07 \text{ mL} = 70 \mu\text{L} \end{aligned}$$

L.5.1.4. Perhitungan ppm udara NO yang dihasilkan

$$\begin{aligned}\text{Volume gas} &= \frac{\text{mol NO}}{1 \text{ mol NO}} \times 22,4 \text{ L} \\ &= \frac{4 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 22,4 \text{ L} \\ &= 8960 \mu\text{L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ppm NO}_{(g)} \text{ awal} &= \frac{\text{volume gas}}{\text{volume absorben}} \\ &= \frac{8960 \mu\text{L}}{0,01 \text{ L}} \\ &= 896.000 \mu\text{L/L}\end{aligned}$$

L.5.1.5. Perhitungan pengenceran gas NO 896.000 ppm :

Laju yang digunakan adalah 400 mL/menit, dimana besarnya laju yang digunakan sesuai dengan standart laju alir gas pada pedoman Standar Nasional Indonesia, dimana diketahui :

C_1 = Konsentrasi gas NO awal = 896.000 ppm

C_2 = 0 ppm

Q_3 = 400 mL/menit

Perhitungan konversi dari 896.000 ppm = 896.000 $\mu\text{L/L}$

Rumus :

$$\begin{aligned}\text{Kadar NO dalam } \mu\text{g/m}^3 &= \frac{\text{kadar dalam ppm} \times \text{BM}}{22,4 \times 10^{-3}} \\ &= \frac{896.000 \text{ ppm} \times 30}{22,4 \times 10^{-3}} \\ &= 1.200.000.000 \mu\text{g/m}^3 = 1200 \mu\text{g/mL}\end{aligned}$$

Perhitungan pengenceran gas konsentrasi 1200 $\mu\text{g/mL}$ ke dalam konsentrasi 150 $\mu\text{g/mL}$:

$C_1 Q_1 + C_2 Q_2 = C_3 Q_3$

$1200 \mu\text{g/mL} \times Q_1 + 0 \mu\text{g/mL} \times Q_2 = 150 \mu\text{g/mL} \times 400 \text{ mL/menit}$

$1200 \mu\text{g/mL} \times Q_1 = 150 \mu\text{g/mL} \times 400 \text{ mL/menit}$

$$Q_1 = \frac{150 \mu\text{g/mL} \times 400 \text{ mL/menit}}{1200 \mu\text{g/mL}}$$

$$Q_1 = 50 \text{ mL/menit}$$

Perhitungan Q_2

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$Q_2 = 400 \text{ mL/menit} - 50 \text{ mL/menit}$$

$$Q_2 = 350 \text{ mL/menit}$$

Keterangan :

Q_1 = laju gas pada K_1 (mL/menit)

Q_2 = laju gas pada K_2 (mL/menit)

Q_3 = laju gas pada K_3 (mL/menit)

L.5.2 Perhitungan Konsentrasi NO_2 dalam larutan standar

Jumlah NO_2 (μg) tiap 1 ml larutan standar adalah :

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

$$\text{NO}_2 = \frac{0.246 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times \frac{46 \text{ g/mol}}{69 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{0.82} \times \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times 10^6 \mu\text{g/mL}$$

$$= 20 \mu\text{g/mL}$$

Jadi 1 mL larutan standar Na_2NO_3 sebanding dengan 20 $\mu\text{g/mL}$ NO_2

Keterangan :

NO_2 adalah jumlah NO_2 dalam larutan standar NaNO_2 ($\mu\text{g/mL}$)

a adalah berat NaNO_2 yang ditimbang (g)

46 adalah berat molekul NO

69 adalah berat molekul NaNO_2

f adalah faktor yang menunjukkan jumlah mol NaNO_2 yang menghasilkan warna setara dengan mol NO_2 ($f = 0.82$)

10/1000 adalah faktor pengenceran dari larutan induk

10^6 adalah konversi gram ke μg

L.5.3. Perhitungan Konsentrasi gas NO₂ yang terjerap pada larutan penyerap menggunakan kurva baku nitrit

Pada penentuan Konsentrasi optimum KI-amilum dengan waktu pemaparan 15 menit

L.5.3.1 Perhitungan pada Konsentrasi 4 x 10⁻³ M

Diketahui : Absorbansi = 0,91
Slope = 0,137

Nilai fp larutan dihasilkan dari pengenceran 5 mL kompleks I₂-amilum yang terbentuk ke dalam volume 50 mL.

$$fp \text{ larutan} = \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = 10$$

Sehingga :

$$C \text{ pengukuran} = \frac{\text{absorbansi}}{\text{slope}} = \frac{0,91}{0,137} = 6,64 \mu\text{g/mL}$$

$$C \text{ NO}_2^- = C \text{ pengukuran} \times fp \text{ larutan} = 6,64 \mu\text{g/mL} \times 10 \\ = 66,40 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi nitrit yang terukur kemudian dikonversi dalam bentuk NO₂ dengan perhitungan berikut :

$$C \text{ NO}_2 = C \text{ pengukuran} \times fk = 66,40 \mu\text{g/mL} \times (1 / 0,82) \\ = 81,00 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi NO₂ yang diperoleh kemudian dikonversi dalam besarnya % efisiensi penyerapan dengan membandingkan besarnya konsentrasi NO₂ terukur dengan konsentrasi NO₂ hasil perhitungan dengan perhitungan berikut :

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{C \text{ NO}_2 \text{ hasil pengukuran}}{C \text{ NO}_2 \text{ perhitungan}} \times 100 \%$$

$$= \frac{81,00 \mu\text{g/mL}}{150 \mu\text{g/mL}} \times 100 \%$$

$$= 54,00 \%$$

Prosedur yang sama dilakukan pada perhitungan konsentrasi gas NO₂ yang terjerap pada larutan penyerap berdasarkan kurva baku nitrit serta efisiensi penyerapan yang diperoleh dengan variasi konsentrasi 8x10⁻³; 16x10⁻³; 24x10⁻³; 32x10⁻³ M seperti pada tabel L.5.3.1

Tabel L.5.3.1 perhitungan konsentrasi gas NO₂ yang terjerap pada larutan penyerap berdasarkan kurva baku nitrit

No	Konsentrasi KI (M)	A	C NO ₂ ⁻ (µg/mL)	C NO ₂ (µg/mL)	Efisiensi (%)
1	4 x 10 ⁻³	0,91	66,42	81,00	54,00
2	8 x 10 ⁻³	1,08	78,83	96,14	64,09
3	16 x 10 ⁻³	1,28	93,43	113,94	75,96
4	24 x 10 ⁻³	1,19	86,86	105,93	70,62
5	32 x 10 ⁻³	1,12	81,75	99,70	66,47

L.5.4. Perhitungan Konsentrasi gas NO₂ yang terjerap pada larutan penyerap menggunakan kurva baku nitrit

Pada penentuan waktu pemaparan optimum dengan menggunakan konsentrasi KI-amilum optimum

L.5.4.1. Perhitungan pada Waktu pemaparan 15 menit

Diketahui : Absorbansi = 1,30
Slope = 0,137

Nilai fp larutan dihasilkan dari pengenceran 5 mL kompleks I₂-amilum yang terbentuk ke dalam volume 50 mL.

$$fp \text{ larutan} = \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = 10$$

Sehingga :

$$C \text{ pengukuran} = \frac{\text{absorbansi}}{\text{slope}} = \frac{1,30}{0,137} = 9,49 \mu\text{g/mL}$$

$$C \text{ NO}_2^- = C \text{ pengukuran} \times fp \text{ larutan} = 9,49 \mu\text{g/mL} \times 10 = 94,90 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi nitrit yang terukur kemudian dikonversi dalam bentuk NO₂ dengan perhitungan berikut :

$$C_{NO_2} = C_{\text{pengukuran}} \times f_k = 94,90 \mu\text{g/mL} \times (1 / 0,82) \\ = 115,72 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi NO_2 yang diperoleh kemudian dikonversi dalam besarnya % efisiensi penyerapan dengan membandingkan besarnya konsentrasi NO_2 terukur dengan konsentrasi NO_2 hasil perhitungan dengan perhitungan berikut :

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{C_{NO_2} \text{ hasil pengukuran}}{C_{NO_2} \text{ perhitungan}} \times 100 \% \\ = \frac{115,72 \mu\text{g/mL}}{150 \mu\text{g/mL}} \times 100 \% \\ = 77,15 \%$$

Prosedur yang sama dilakukan pada perhitungan konsentrasi gas NO_2 yang terjepap pada larutan penyerap berdasarkan kurva baku nitrit serta efisiensi penyerapan yang diperoleh dengan variasi waktu pemaparan 30; 45; 60; 75 menit seperti pada tabel L.5.4.1

Tabel L.5.4.1 Perhitungan konsentrasi gas NO_2 yang terjepap berdasarkan kurva baku nitrit dengan variasi waktu pemaparan

No	t pemaparan (menit)	A	C NO_2 ($\mu\text{g/mL}$)	C NO_2 ($\mu\text{g/mL}$)	Efisiensi (%)
1	15	1,30	94,89	115,72	77,15
2	30	1,35	98,54	120,17	80,11
3	45	1,36	99,27	121,06	80,71
4	60	1,25	91,24	111,27	74,18
5	75	1,19	86,86	105,93	70,62

L.5.5. Perhitungan Konsentrasi gas NO_2 yang terjepap pada larutan penyerap menggunakan kurva baku nitrit

Penentuan usia penyimpanan larutan penyerap dengan menggunakan konsentrasi kalium iodida optimum pada konsentrasi 16×10^{-3} setara

dengan dua kali stoikiometri dan waktu pemaparan gas NOx optimum selama 45 menit

L.5.5.1. Perhitungan Konsentrasi gas NO₂ pada Hari ke 1

Diketahui : Absorbansi = 1,41
Slope = 0,137

Nilai fp larutan dihasilkan dari pengenceran 5 mL kompleks I₂-amilum yang terbentuk ke dalam volume 50 mL.

$$fp \text{ larutan} = \frac{\text{volume ukur}}{\text{volume cuplikan}} = \frac{50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = 10$$

Sehingga :

$$C \text{ pengukuran} = \frac{\text{absorbansi}}{\text{slope}} = \frac{1,41}{0,137} = 10,29 \mu\text{g/mL}$$

$$C \text{ NO}_2^- = C \text{ pengukuran} \times fp \text{ larutan} = 10,29 \mu\text{g/mL} \times 10 \\ = 102,92 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi nitrit yang terukur kemudian dikonversi dalam bentuk NO₂ dengan perhitungan berikut :

$$C \text{ NO}_2 = C \text{ pengukuran} \times fk = 102,92 \mu\text{g/mL} \times (1 / 0,82) \\ = 125,51 \mu\text{g/mL}$$

Konsentrasi NO₂ yang diperoleh kemudian dikonversi dalam besarnya % efisiensi penyerapan dengan membandingkan besarnya konsentrasi NO₂ terukur dengan konsentrasi NO₂ hasil perhitungan dengan perhitungan berikut :

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{C \text{ NO}_2 \text{ hasil pengukuran}}{C \text{ NO}_2 \text{ perhitungan}} \times 100 \% \\ = \frac{125,51 \mu\text{g/mL}}{150 \mu\text{g/mL}} \times 100 \% \\ = 77,15 \%$$

Prosedur yang sama dilakukan pada perhitungan penentuan usia pemakaian larutan penyerap serta efisiensi penyerapan yang diperoleh dengan menggunakan konsentrasi dan waktu pemaparan optimum seperti pada Tabel L.5.5.1

Tabel L.5.5.1 Perhitungan penentuan usia penyimpanan larutan penyerap dengan menggunakan konsentrasi dan waktu pemaparan optimum

No	Hari ke-	A	C NO ₂ ⁻ (µg/mL)	C NO ₂ (µg/mL)	Efisiensi (%)
1	1	1,41	102,92	125,51	83,67
2	2	1,41	102,92	125,51	83,67
3	13	1,41	102,92	125,51	83,67
4	14	1,41	102,92	125,51	83,67
5	15	1,39	101,46	123,73	82,49
6	16	1,29	94,16	114,83	76,55
7	17	1,22	89,05	108,60	72,40
8	18	1,17	85,40	104,15	69,43
9	19	1,16	84,67	103,26	68,84
10	20	1,10	80,29	97,92	65,28
11	21	1,10	80,29	97,92	65,28
12	22	1,07	78,10	95,25	63,50
13	28	0,96	70,07	85,45	56,97
14	29	0,87	63,50	77,44	51,63
15	30	0,69	50,36	61,42	40,95

LAMPIRAN 6. Uji Statistik Optimasi Absorben Ki-Amilum Untuk Penentuan Gas NO_x Di Udara Ambien

L.6.1 Uji Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Tabel L.6.1.1 Hasil Uji Pengaruh Variasi Konsentrasi KI terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Konsentrasi KI (Molar)	Absorbansi			Total	Absorbansi rata-rata
	1	2	3		
0,004	0,92	0,87	0,93	2,72	0,91
0,008	1,07	1,10	1,06	3,23	1,08
0,016	1,31	1,21	1,33	3,85	1,28
0,024	1,16	1,19	1,23	3,58	1,19
0,033	1,12	1,11	1,13	3,36	1,12
Total	5,58	5,48	5,68	16,74	5,58

$$FK = \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{p \times n} = \frac{(16,74)^2}{5 \times 3} = 18,69$$

Tabel L.6.1.2 Hasil Uji Pengaruh Variasi Konsentrasi KI terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Konsentrasi KI (Molar)	Absorbansi			(Absorbansi) ²		
	1	2	3	1	2	3
0.004	0,92	0,87	0,93	0,85	0,76	0,86
0.008	1,07	1,10	1,06	1,14	1,21	1,12
0.016	1,31	1,21	1,33	1,72	1,46	1,77
0.024	1,16	1,19	1,23	1,35	1,42	1,51
0.033	1,12	1,11	1,13	1,25	1,23	1,28
Total	5,58	5,48	5,68	6,31	6,08	6,55

$$\begin{aligned}
 \text{JK total} &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} - \text{FK} \\
 &= 18,94 - 18,68 \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

Tabel L.6.1.3 Hasil Uji Pengaruh Variasi Konsentrasi KI terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Konsentrasi KI (Molar)	Absorbansi			Total	(Total) ²
	1	2	3		
0.004	0,92	0,87	0,93	2,72	7,40
0.008	1,07	1,10	1,06	3,23	10,43
0.016	1,31	1,21	1,33	3,85	14,82
0.024	1,16	1,19	1,23	3,58	12,82
0.033	1,12	1,11	1,13	3,36	11,29
Total	5,58	5,48	5,68	16,74	56,76

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n_1} - \text{FK} \\
 &= \frac{56,76}{3} - 18,68 \\
 &= 0,24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,25 - 0,24 \\
 &= 0,01
 \end{aligned}$$

Analisis Ragam (Uji F)

a. Kuadrat Tengah Perlakuan

$$(\text{KT}_p) = \frac{\text{JK perlakuan}}{\text{db perlakuan}}$$

$$= \frac{0,24}{4} = 0,06$$

b. Kuadrat Tengah Galat Percobaan

$$(KT_{GP}) = \frac{JK \text{ galatpercobaan}}{dB \text{ galatpercobaan}}$$

$$= \frac{0,01}{10} = 0,001$$

c. Menghitung Nilai F

$$F_{hitung} = \frac{KT \text{ perlakuan}}{KT \text{ galatpercobaan}}$$

$$= \frac{0,06}{0,001} = 60$$

Tabel L.6.1.4 Analisis ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	0,24	0,06	60	3,48
Galat	10	0,01	0,001		
Total	14	0,25	0,061		

Hasil uji F menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$ maka H_0 ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan variasi konsentrasi KI dapat mempengaruhi besarnya absorbansi yang dihasilkan kompleks iod-amilum. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel(a/2; dB_{galat})} * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel(0,025; 10)} * \sqrt{2 * 0,001/3}$$

$$BNT(1\%) = 2,228 * \sqrt{2 * 0,001/3}$$

$$BNT(1\%) = 0,058$$

Tabel L.6.1.45 Uji Beda Nyata Terkecil

Konsentrasi KI (Molar)	Absorbansi rata-rata					
		0,91	1,08	1,28	1,19	1,12
0,004	0,91	0,00	0,17*	0,37	0,28	0,21
0,008	1,08		0,00	0,20*	0,11	0,04
0,016	1,28			0,00	0,09*	0,16
0,024	1,19				0,00	0,07*
0,033	1,12					0,00

Keterangan :

* = memberikan nilai beda nyata

L.6.2 Uji Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Tabel L.6.2.1 Hasil Uji Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

t pemaparan (menit)	Absorbansi			Total	Absorbansi rata-rata
	1	2	3		
15	1,31	1,32	1,28	3,91	1,30
30	1,37	1,33	1,34	4,04	1,35
45	1,39	1,38	1,32	4,09	1,36
60	1,25	1,28	1,22	3,75	1,25
75	1,19	1,17	1,22	3,58	1,19
Total	6,51	6,48	6,38	19,37	6,46

$$FK = \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{p \times n} = \frac{(19,37)^2}{5 \times 3} = 25,01$$

Tabel L.6.2.2 Hasil Uji Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

t pemaparan (menit)	Absorbansi			(Absorbansi) ²		
	1	2	3	1	2	3
15	1,31	1,32	1,28	1,72	1,74	1,64
30	1,37	1,33	1,34	1,88	1,77	1,80
45	1,39	1,38	1,32	1,93	1,90	1,74
60	1,25	1,28	1,22	1,56	1,64	1,49
75	1,19	1,17	1,22	1,42	1,37	1,49
Total	6,51	6,48	6,38	8,50	8,42	8,15

$$\begin{aligned}
 JK \text{ total} &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} - FK \\
 &= 25,07 - 25,01 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

Tabel L.6.2.3 Hasil Uji Pengaruh Waktu Pemaparan gas NO₂ terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

t pemaparan (menit)	Absorbansi			Total	(Total) ²
	1	2	3		
15	1.31	1.32	1.28	3,91	15,29
30	1.37	1.33	1.34	4,04	16,32
45	1.39	1.38	1.32	4,09	16,73
60	1.25	1.28	1.22	3,75	14,06
75	1.19	1.17	1.22	3,58	12,82
Total	6.51	6.48	6.38	19,37	75,22

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n_1} - \text{FK} \\
 &= \frac{75,22}{3} - 25,01 \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,06 - 0,05 \\
 &= 0,01
 \end{aligned}$$

Analisis Ragam (Uji F)

a. Kuadrat Tengah Perlakuan

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_P) &= \frac{\text{JK perlakuan}}{\text{dB perlakuan}} \\
 &= \frac{0,05}{4} = 0,01
 \end{aligned}$$

b. Kuadrat Tengah Galat Percobaan

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_{GP}) &= \frac{\text{JK galatpercobaan}}{\text{dB galatpercobaan}} \\
 &= \frac{0,01}{10} = 0,001
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Nilai F

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{\text{KT perlakuan}}{\text{KT galatpercobaan}} \\
 &= \frac{0,01}{0,001} = 10
 \end{aligned}$$

Tabel L.6.2.4 Analisis ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	0,05	0,01	10	3,48
Galat	10	0,06	0,001		
Total	14	0,11	0,011		

Hasil uji F menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$ maka H_0 ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi waktu pemaparan gas NO_2 dapat mempengaruhi absorbansi kompleks iod-amilum. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0,025; 10) * \sqrt{2 * 0,001/3}$$

$$BNT(1\%) = 2,228 * \sqrt{2 * 0,001/3}$$

$$BNT(1\%) = 0,0575$$

Tabel L.6.2.5 Uji Beda Nyata Terkecil

t pemaparan (menit)	Absorbansi rata-rata					
		1,30	1,35	1,36	1,25	1,19
15	1,30	0,00	0,05	0,06	0,05	0,11
30	1,35		0,00	0,01	0,10	0,16
45	1,36			0,00	0,11*	0,17
60	1,25				0,00	0,06*
75	1,19					0,00

Keterangan :

* = memberikan nilai beda nyata

L.6.3 Uji Penentuan Kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai Absorbansi Kompleks Iod-amilum

Tabel L.6.3.1 Hasil Uji Penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai absorbansi Kompleks iod-amilum

Hari ke-	Absorbansi			Total	Absorbansi rata-rata
	1	2	3		
1	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
2	1,40	1,41	1,43	4,24	1.41
3	1,39	1,40	1,43	4,22	1.41
4	1,39	1,40	1,43	4,22	1.41
5	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
6	1,39	1,40	1,42	4,21	1.40
7	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
8	1,39	1,41	1,42	4,22	1.41
9	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
10	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
11	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
12	1,39	1,42	1,43	4,24	1.41
13	1,40	1,41	1,42	4,23	1.41
14	1,40	1,41	1,43	4,24	1.41
15	1,37	1,39	1,42	4,18	1.39
28	0,92	1,00	0,96	2,88	0.96
29	0,85	0,88	0,88	2,61	0.87
30	0,71	0,67	0,72	2,10	0.70
Total	36,50	36,87	37,37	110,74	36.91

$$FK = \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{p \times n} = \frac{(110,74)^2}{30 \times 3} = 136,26$$

Tabel L.6.3.2 Hasil Uji Penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai absorbansi Kompleks iod-amilum

Hari ke-	Absorbansi			(Absorbansi) ²		
	1	2	3	1	2	3
1	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
2	1,40	1,41	1,43	1,96	1,99	2,04
3	1,39	1,40	1,43	1,93	1,96	2,04
4	1,39	1,40	1,43	1,93	1,96	2,04
5	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
6	1,39	1,40	1,42	1,93	1,96	2,02
7	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
8	1,39	1,41	1,42	1,93	1,99	2,02
9	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
10	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
11	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
12	1,39	1,42	1,43	1,93	2,02	2,04
13	1,40	1,41	1,42	1,96	1,99	2,02
14	1,40	1,41	1,43	1,96	1,99	2,04
15	1,37	1,39	1,42	1,88	1,93	2,02
28	0,92	1,00	0,96	0,85	1,00	0,92
29	0,85	0,88	0,88	0,72	0,77	0,77
30	0,71	0,67	0,72	0,50	0,45	0,52
Total	36,50	36,87	37,37	45,63	46,56	47,79

$$JK \text{ total} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} - FK$$

$$= 139,98 - 136,26$$

$$= 3,72$$

Tabel L.6.3.3 Hasil Uji Penentuan kestabilan larutan penyerap terhadap Nilai absorbansi Kompleks iod-amilum

Hari ke-	Absorbansi			Total	(Total) ²
	1	2	3		
1	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
2	1,40	1,41	1,43	4,24	17,98
3	1,39	1,40	1,43	4,22	17,81
4	1,39	1,40	1,43	4,22	17,81
5	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
6	1,39	1,40	1,42	4,21	17,72
7	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
8	1,39	1,41	1,42	4,22	17,81
9	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
10	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
11	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
12	1,39	1,42	1,43	4,24	17,98
13	1,40	1,41	1,42	4,23	17,89
14	1,40	1,41	1,43	4,24	17,98
15	1,37	1,39	1,42	4,18	17,47
28	0,92	1,00	0,96	2,88	8,29
29	0,85	0,88	0,88	2,61	6,81
30	0,71	0,67	0,72	2,10	4,41
Total	36,50	36,87	37,37	110,74	419,90

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= \frac{\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n_1} - \text{FK} \\
 &= \frac{419,90}{3} - 136,26 \\
 &= 3,71
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 3,72 - 3,71 \\
 &= 0.01
 \end{aligned}$$

Analisis Ragam (Uji F)

a. Kuadrat Tengah ^{Perlakuan}

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_P) &= \frac{\text{JK perlakuan}}{\text{dB perlakuan}} \\
 &= \frac{3,71}{29} = 0,13
 \end{aligned}$$

b. Kuadrat Tengah ^{Galat Percobaan}

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_{GP}) &= \frac{\text{JK galatpercobaan}}{\text{dB galatpercobaan}} \\
 &= \frac{0.01}{120} = 0.0001
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Nilai F

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{\text{KT perlakuan}}{\text{KT galatpercobaan}} \\
 &= \frac{0.13}{0.0001} = 1300
 \end{aligned}$$

Tabel L.6.3.4 Analisis ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	29	3,71	0,13	1300	1,55
Galat	120	0,01	0,0001		
Total	149	3,72	0,1301		

Hasil uji F menunjukkan bahwa $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}(5\%)}$ maka H_0 ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan lama penyimpanan larutan penyerap dapat mempengaruhi nilai absorbansi kompleks iod-amilum. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$\text{BNT}(1\%) = t_{\text{tabel}}(a/2; dB_{\text{galat}}) * \text{sqrt}(2 * KT_{\text{galat}}/n)$$

$$\text{BNT}(1\%) = t_{\text{tabel}}(0.025; 120) * \text{sqrt}(2 * 0.0001/3)$$

$$\text{BNT}(1\%) = 1,960 * \text{sqrt}(2 * 0,0001/3)$$

$$\text{BNT}(1\%) = 0,016$$

Tabel L.6.3.5 Uji Beda Nyata Terkecil

Hari ke-	Absorbansi rata-rata					
		0,81	0,8	0,79	0,69	0,62
1	0,81	0	0,01	0,03	0,12	0,2
6	0,8		0	0,01	0,11	0,19
15	0,79			0	0,1*	0,18
16	0,69				0	0,07*
17	0,62					0

Keterangan :

* = memberikan nilai beda nyata