



**PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG (*FLY ASH*) BATUBARA  
SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENENTUAN  
KADAR GAS NO<sub>2</sub> DI UDARA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Yuliani Tri Lestari  
NIM 071810301007**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG (*FLY ASH*) BATUBARA  
SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENENTUAN  
KADAR GAS NO<sub>2</sub> DI UDARA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

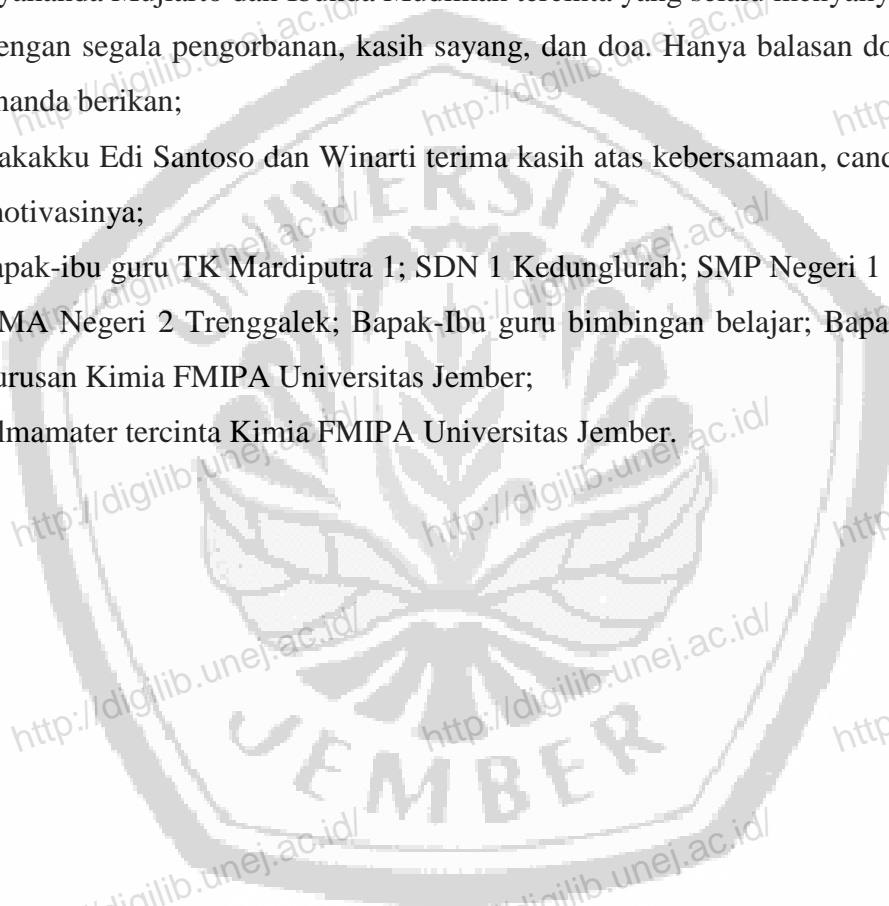
**Yuliani Tri Lestari**  
**NIM 071810301007**

**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan ketulusan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ayahanda Mujiarto dan Ibunda Mudlikah tercinta yang selalu menyangangi ananda dengan segala pengorbanan, kasih sayang, dan doa. Hanya balasan doa yang bisa ananda berikan;
2. Kakakku Edi Santoso dan Winarti terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, dan motivasinya;
3. bapak-ibu guru TK Mardiputra 1; SDN 1 Kedunglurah; SMP Negeri 1 Trenggalek; SMA Negeri 2 Trenggalek; Bapak-Ibu guru bimbingan belajar; Bapak-Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember;
4. Almamater tercinta Kimia FMIPA Universitas Jember.



## MOTO

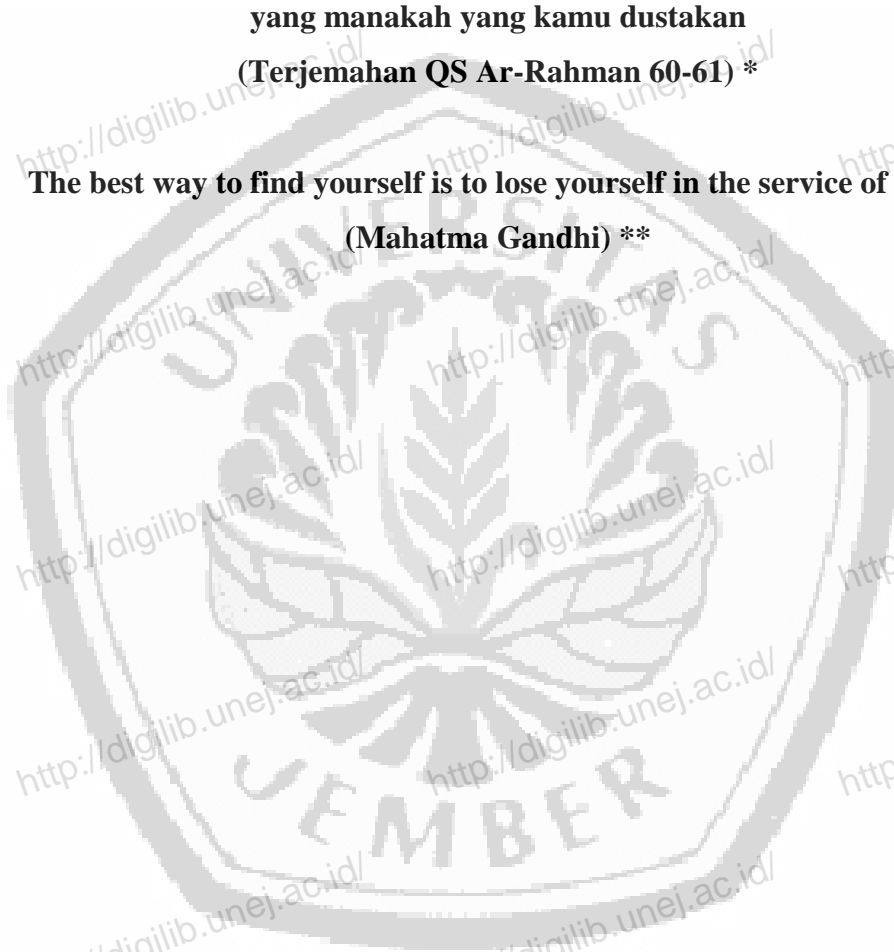
**Tiadalah balasan kebaikan, melainkan kebaikan pula, maka nikmat Tuhanmu**

**yang manakah yang kamu dustakan**

**(Terjemahan QS Ar-Rahman 60-61) \***

**The best way to find yourself is to lose yourself in the service of other**

**(Mahatma Gandhi) \*\***



---

\* Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang : PT Kumudasmoro Grafindo.

\*\* Mahatma Gandhi dalam Setyawan I. 2012. *Ibuk*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

nama : Yuliani Tri Lestari

NIM : 071810301007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> di Udara” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 09 Desember 2012

Yang menyatakan,

Yuliani Tri Lestari

NIM 071810301007

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG (*FLY ASH*) BATUBARA  
SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENENTUAN  
KADAR GAS NO<sub>2</sub> DI UDARA**

Oleh

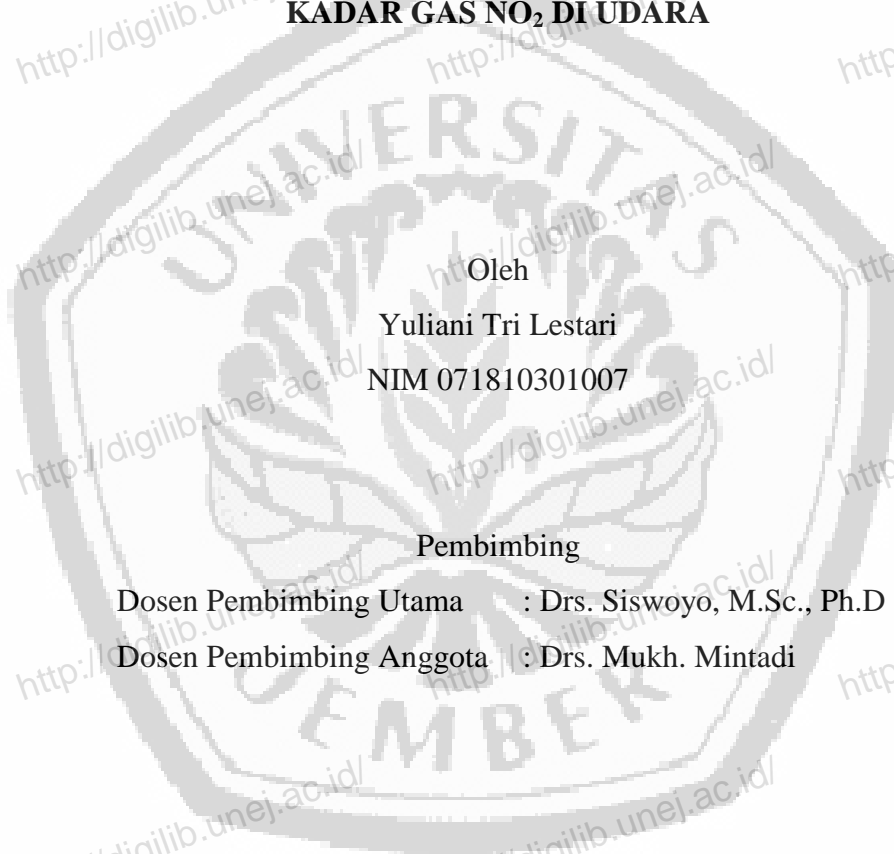
Yuliani Tri Lestari

NIM 071810301007

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Mukh. Mintadi



## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> Di Udara” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Penguji

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D  
NIP 196605291993031003

Drs. Mukh. Mintadi  
NIP 196410261991031001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Bambang Piluharto, S.Si, MSi  
NIP 197107031997021001

Tanti Haryati, S.Si., M.Si  
NIP 198010292005012002

Mengesahkan  
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D  
NIP 19610108198621001

## RINGKASAN

**Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> Di Udara;** Yuliani Tri Lestari, 071810301007; 2013: 54 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penggunaan energi listrik untuk keperluan industri maupun masyarakat sehari-hari semakin meningkat. Ini menyebabkan menipisnya cadangan minyak bumi dan krisis bahan bakar minyak sehingga muncul beberapa penggunaan energi alternatif sebagai usaha untuk mengatasi permasalahan ini. Salah satunya yaitu adanya industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan baku pembakarannya. Akan tetapi penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, yaitu pelepasan polutan gas seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, hidrokarbon dan abu yang relatif besar, ada dua jenis limbah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Limbah *fly ash* yang berasal dari pembakaran batubara merupakan masalah yang sering dihadapi oleh banyak industri yang menggunakan batubara sebagai bahan baku pembakarannya. Limbah *fly ash* berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penyerapan polutan pada gas buang proses pembakaran yang berpotensi untuk merusak lingkungan, salah satunya adalah gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>).

Pada penelitian ini limbah *fly ash* akan digunakan sebagai adsorben untuk penentuan kadar gas NO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode passive sampler. Pereaksi yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH). Sedangkan reagen yang digunakan adalah reagen Griess Saltzman yang akan memberikan warna merah muda jika bereaksi dengan gas NO<sub>2</sub>, warna tersebut akan stabil dalam jangka waktu



tertentu. Penelitian ini dilakukan dua perlakuan yaitu, perlakuan pertama hanya adsorben saja yang terdapat pada alat passive sampler, sedangkan perlakuan kedua di dalam alat passive sampler terdapat adsorben dan pereaksi.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kondisi optimum untuk *fly ash* tanpa penambahan NaOH diperoleh pada saat konsentrasi  $H_2SO_4$  2%, waktu aktivasi 120 menit, dan waktu penyerapan 5 menit. Sedangkan kondisi optimum untuk *fly ash* dengan penambahan NaOH diperoleh pada saat konsentrasi  $H_2SO_4$  1%, waktu aktivasi 60 menit, dan waktu penyerapan 5 menit.

Kemampuan *fly ash* sebagai adsorben gas  $NO_2$  dapat dilihat dari konsentrasi gas  $NO_2$  yang terserap. Semakin bertambahnya konsentrasi maka semakin banyak molekul adsorbat dan adsorben yang saling berinteraksi dalam proses adsorpsi sehingga menyebabkan adsorpsi semakin meningkat. Selain itu juga dapat disebabkan karena permukaan adsorben mempunyai sejumlah tertentu situs aktif adsorpsi. Banyaknya situs aktif tersebut sebanding dengan luas permukaan adsorben dan masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat. Pada keadaan dimana tempat adsorpsi belum jenuh dengan adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorbat akan dapat menaikkan jumlah zat yang teradsorpsi. Bila tempat adsorpsi sudah jenuh dengan adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorbat relatif tidak menaikkan jumlah zat yang teradsorpsi. Dalam penelitian ini jika konsentrasi adsorbat dinaikkan lagi maka kemungkinan besar jumlah zat yang teradsorpsi juga akan naik sampai pada titik tertentu dimana adsorben sudah tidak dapat mengadsorpsi lagi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah abu terbang (*fly ash*) batubara dapat digunakan sebagai adsorben untuk pengukuran gas  $NO_2$ , baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Penelitian ini dapat digunakan untuk keperluan monitoring udara sehingga dapat ditentukan langkah yang tepat untuk menanggulangi permasalahan pencemaran udara oleh gas  $NO_2$ .

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben Untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> Di Udara”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

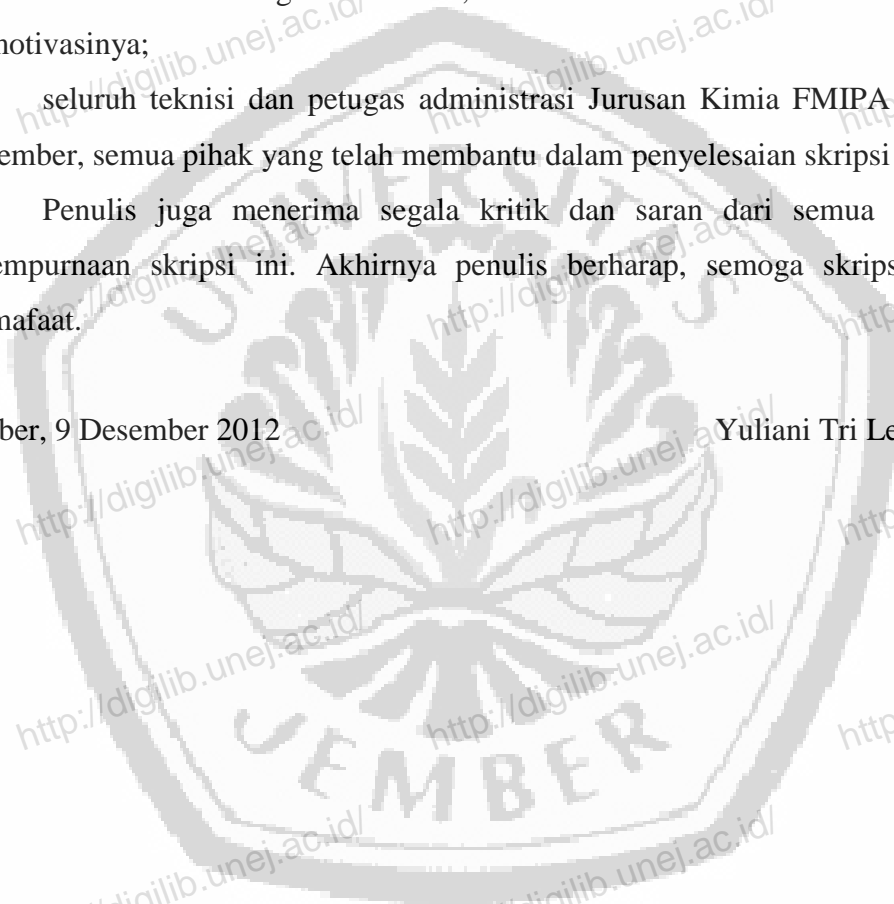
1. Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Bapak Drs. Sjaifullah, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. Bapak Ir. Neran, M.Kes, selaku dosen pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu dan perhatian untuk membimbing;
4. Bapak Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Drs. Mukh. Mintadi, selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji I, dan Ibu Tanti Haryati, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran serta masukan yang berharga dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini;
6. Ibu Asnawati, S.Si., M.Si., yang telah bersedia membantu dalam penyusunan skripsi ini;
7. Hutari Laksono, S.T, terimakasih banyak untuk kebersamaan, perhatian, dan motivasinya;

8. Ike Diah Kusuma Wardani, Fera Anderia, Aninta Ayuning Tyas, Chatarina Wijayanti sebagai sahabat, terimakasih banyak untuk kebersamaan, canda tawa, dan saran-sarannya selama berlangsungnya penyelesaian skripsi ini;
9. Eka Farista, Andika Monalisa, Juaraiya, Linda Apriliyana, terimakasih untuk kebersamaan dan segala bantuannya;
10. teman-teman angkatan 2007, terimakasih untuk kebersamaan dan motivasinya;
11. seluruh teknisi dan petugas administrasi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermafaat.

Jember, 9 Desember 2012

Yuliani Tri Lestari



## DAFTAR ISI

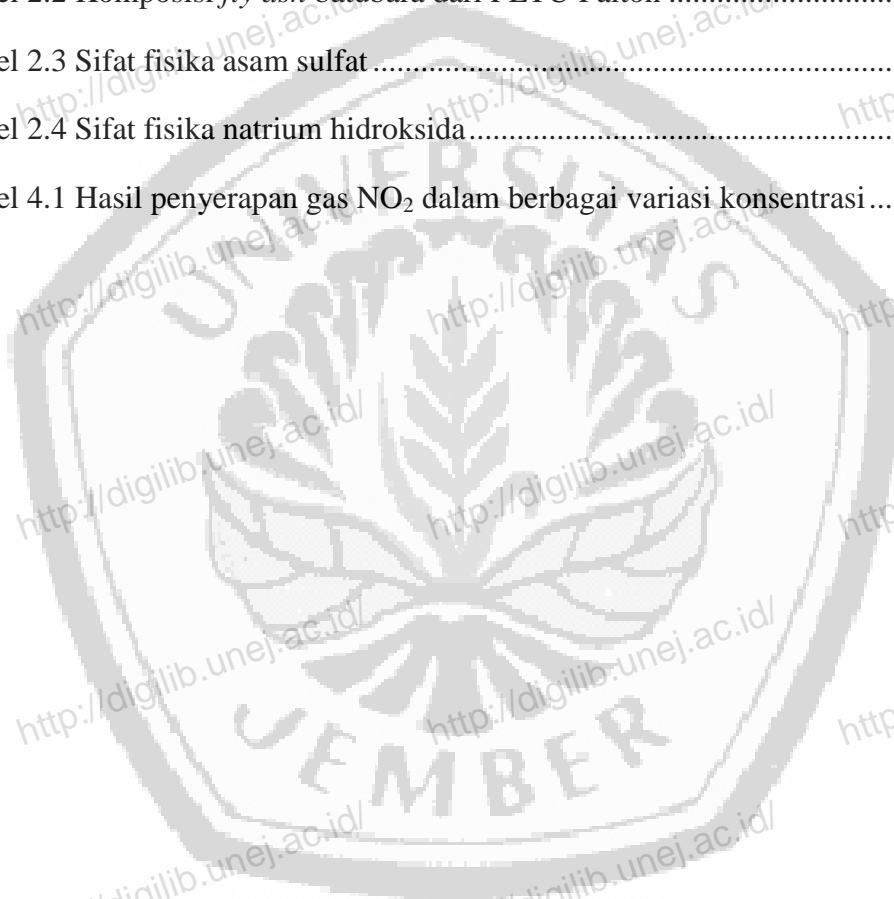
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>

<b>2.1 Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Abu Terbang (<i>Fly ash</i>) Batubara</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Batubara Sebagai Adsorben</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Aktivasi Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Batubara dengan Asam Sulfat</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Adsorpsi</b>	<b>13</b>
<b>2.6 Desorpsi</b>	<b>15</b>
<b>2.7 Passive Sampler</b>	<b>16</b>
<b>2.8 Natrium Hidroksida</b>	<b>19</b>
<b>2.9 Spektrofotometri UV-Vis</b>	<b>20</b>
2.9.1 Spektroskopi	20
2.9.2 Hukum Lambert-Beer	21
2.9.3 Penyimpangan Hukum Lambert-Beer	24
2.9.4 Spektrofotometri UV-Vis	24
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan</b>	<b>26</b>
3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan	26
<b>3.3 Diagram Alir Penelitian</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Desain Alat</b>	<b>28</b>
3.4.1 Alat passive sampler	28
3.4.2 Pengambilan sampel NO <sub>2</sub>	28
<b>3.5 Prosedur Kerja</b>	<b>29</b>

3.5.1 Pencucian abu terbang ( <i>fly ash</i> ) batubara.....	29
3.5.2 Aktivasi dengan penambahan larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	29
3.5.3 Pembuatan gas NO <sub>2</sub> .....	29
3.5.4 Pembuatan reagen Saltzman .....	30
3.5.5 Variasi waktu penyerapan <i>fly ash</i> .....	30
3.5.6 Variasi waktu penyerapan <i>fly ash</i> dan pereaksi .....	30
3.5.7 Uji kinerja penyerap.....	31
3.5.8 Uji kinerja penyerap dan pereaksi.....	31
3.5.9 Pembuatan larutan standar NO <sub>2</sub> .....	31
3.5.10 Analisis data.....	32
<b>BAB 4. PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1 Penelitian Awal.....	34
4.2 Kurva Kalibrasi Pengukuran Gas NO <sub>2</sub> .....	36
4.3 Penentuan Kondisi Optimum .....	37
4.3.1 Penentuan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> optimum.....	38
4.3.2 Waktu aktivasi optimum.....	42
4.3.3 Waktu penyerapan optimum.....	44
4.4 Kemampuan <i>fly ash</i> sebagai adsorben.....	47
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat fisika nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) .....	8
Tabel 2.2 Komposisi <i>fly ash</i> batubara dari PLTU Paiton .....	11
Tabel 2.3 Sifat fisika asam sulfat .....	12
Tabel 2.4 Sifat fisika natrium hidroksida .....	20
Tabel 4.1 Hasil penyerapan gas $\text{NO}_2$ dalam berbagai variasi konsentrasi .....	48



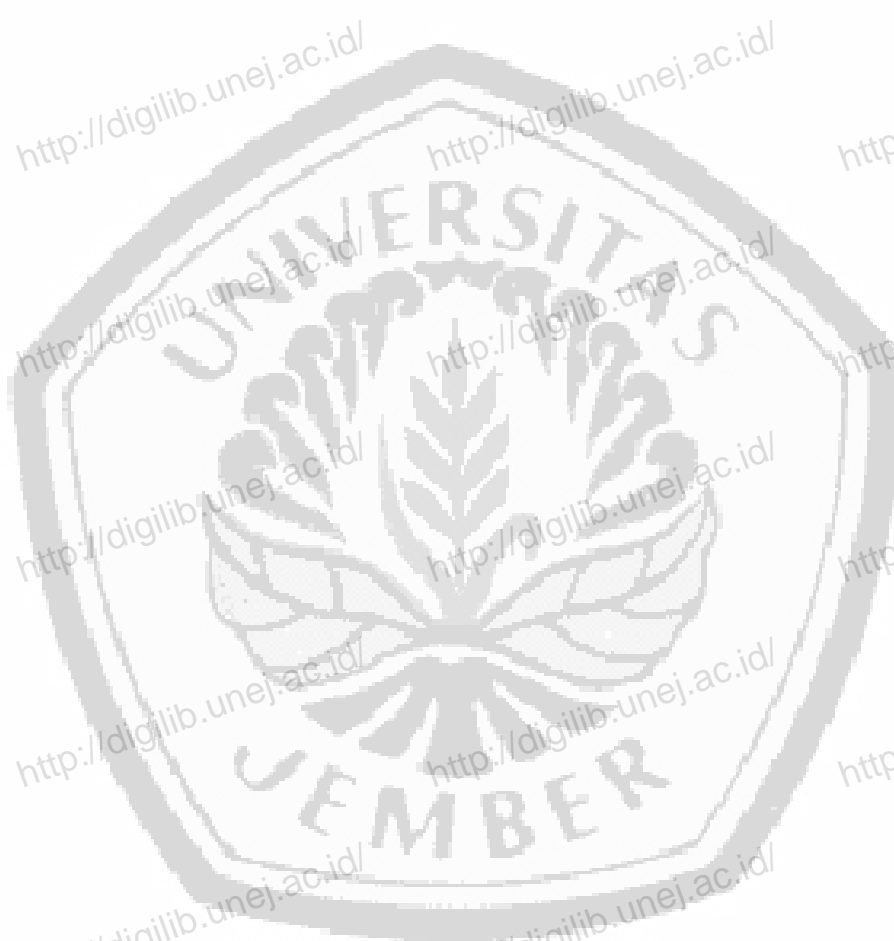
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Rumus struktur NO <sub>2</sub> .....	6
Gambar 2.2 Bentuk resonansi NO <sub>2</sub> (Heslop and Robinson, 1960) .....	6
Gambar 2.3 Passive sampler jenis Yanagizawa.....	17
Gambar 2.4 Kurva Kalibrasi .....	22
Gambar 2.5 Fenomena interaksi gelombang cahaya dengan spesies kimia.....	23
Gambar 2.6 Diagram spektrofotometer.....	25
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 3.2 Alat passive sampler .....	28
Gambar 3.3 Desain alat proses pengambilan sampel gas NO <sub>2</sub> .....	28
Gambar 4.1 Hasil scanning panjang gelombang maksimum NO <sub>2</sub> .....	36
Gambar 4.2 Kurva kalibrasi pengukuran gas NO <sub>2</sub> .....	37
Gambar 4.3 Proses penyerapan gas NO <sub>2</sub> .....	38
Gambar 4.4 Kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dengan waktu aktivasi 120 menit.....	39
Gambar 4.5 Kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dengan waktu aktivasi 120 menit.....	41
Gambar 4.6 Kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dengan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2% .....	42
Gambar 4.7 Kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dengan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2% .....	43



Gambar 4.8 Kondisi optimum *fly ash* tanpa penambahan NaOH dengan waktu aktivasi 120 menit.....45

Gambar 4.9 Kondisi optimum *fly ash* dengan penambahan NaOH dengan waktu aktivasi 120 menit.....46



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Penentuan panjang gelombang maksimum.....	55
B. Kurva kalibrasi NO <sub>2</sub> pada panjang gelombang 540 nm.....	59
C.1. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi konsentrasi .....	60
C.2. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi konsentrasi .....	61
D.1. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu aktivasi .....	63
D.2. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu aktivasi.....	64
E.1. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu penyerapan .....	65
E.2. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu penyerapan .....	67
F. Perhitungan uji statistik (Uji-t) .....	69
G.1. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi konsentrasi .....	74
G.2. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi konsentrasi .....	75
H.1. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu aktivasi .....	77
H.2. Penentuan kondisi optimum <i>fly ash</i> dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu aktivasi .....	78

- I.1. Penentuan kondisi optimum *fly ash* tanpa penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu penyerapan .....79
- I.2. Penentuan kondisi optimum *fly ash* dengan penambahan NaOH dilihat dari variasi waktu penyerapan .....81

