



**EKSTRAKSI SILIKA ( $\text{SiO}_2$ ) DARI ABU TERBANG BATUBARA  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI EKSTRAKTAN  
DAN UKURAN PARTIKEL ABU TERBANG**

**SKRIPSI**

Oleh

**Moch. Ainul Mashudah  
NIM 091810301016**

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

**2016**



**EKSTRAKSI SILIKA ( $\text{SiO}_2$ ) DARI ABU TERBANG BATUBARA  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI EKSTRAKTAN  
DAN UKURAN PARTIKEL ABU TERBANG**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Moch Ainul Mashudah  
NIM 091810301016**

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

**2016**

## PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur alhamdulillah saya ucapkan pada Allah SWT pencipta dan penguasa seluruh alam. Atas ridho dan rahmat-Nya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Rusfaridah dan Ayahanda Sudiono tercinta, yang telah mencurahkan seluruh tenaga, pikiran, doa, kasih sayang bahkan hidupnya selama ini;
2. Adik-adikku Arif F. Rahman dan Risky F. Rozji yang senantiasa menjadi motivasi saya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dan menjadi tauladan yang baik untuk mereka berdua;
3. Guru-guru TK R.A. Kartini, SDN Kedawung Wetan 1, SMPN 1 Gratitunon, dan SMAN 4 Pasuruan, yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya hingga sampai seperti saat ini;
4. Seluruh sahabat dan teman-teman seperjuangan angkatan 2009 yang telah memberikan semangat dan doanya kepada saya;
5. Almamater Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

Bila kaum muda yang telah belajar di sekolah dan menganggap dirinya terlalu tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat yang bekerja dengan cangkul dan hanya memiliki cita-cita yang sederhana, maka lebih baik pendidikan itu tidak diberikan sama sekali.

(Tan Malaka)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Moch Ainul Mashudah

NIM : 091810301016

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Ekstraksi Silika (SiO<sub>2</sub>) dari Abu Terbang Batubara Dengan Variasi Konsentrasi Ekstraktan dan Ukuran Partikel Abu Terbang*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan institusi mana pun, serta 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 manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juni 2016

Yang menyatakan,

Moch Ainul Mashudah

NIM 091810301016

**SKRIPSI**

**EKSTRAKSI SILIKA (SiO<sub>2</sub>) DARI ABU TERBANG BATUBARA  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI EKSTRAKTAN  
DAN UKURAN PARTIKEL ABU TERBANG**

Oleh

Moch Ainul Mashudah  
NIM 091810301016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Tanti Haryati, S.Si, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Ekstraksi Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Dari Abu Terbang Batubara Dengan Variasi Konsentrasi Ekstraktan Dan Ukuran Partikel Abu Terbang” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si  
NIP 198008302006042002

**Anggota Tim Penguji**

Penguji I,

Penguji II,

Novita Andarini, S.Si, M.Si  
NIP 197211122000032001

Asnawati, S.Si, M.Si  
NIP 196808141999032001

Mengesahkan  
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D  
NIP 196102041987111001

## RINGKASAN

**Ekstraksi Silika ( $\text{SiO}_2$ ) dari Abu Terbang Batubara dengan Variasi Konsentrasi Ekstraktan dan Ukuran Partikel Abu Terbang;** Moch. Ainul Mashudah, 091810301016; 2016: 62 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Abu terbang batubara merupakan limbah hasil pembakaran batubara yang berbentuk butiran halus dan berwarna keabu-abuan. Abu terbang batubara memiliki kandungan potensial  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan Karbon. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar menimbulkan beberapa permasalahan serius diantaranya menumpuknya jumlah limbah abu terbang yang tidak termanfaatkan. Kandungan logam berat pada limbah abu terbang batubara juga menjadi sorotan karena membawa dampak buruk bagi lingkungan. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan mengolah limbah abu terbang batubara menjadi material baru yang memiliki nilai ekonomi. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) diketahui mempunyai presentase terbesar di dalam limbah abu terbang batubara yaitu mencapai 40-60%. Ekstraksi silika dari abu terbang batubara dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi padat-cair dengan  $\text{NaOH}$  sebagai ekstraktan dan larutan pengendap  $\text{HCl}$ .

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap secara berkesinambungan. Tahap pertama adalah tahap *leaching* sampel menggunakan larutan  $\text{HCl}$  10%. Tahap selanjutnya ekstraksi sampel abu terbang dengan variasi konsentrasi ekstraktan dan ukuran partikel abu terbang. Variasi konsentrasi ekstraktan yang digunakan adalah 2, 3, 4, 5, dan 6 M, sedangkan variasi ukuran partikel abu terbang masing-masing adalah 100, 150, dan 200 mesh. Tahap ketiga adalah tahap pengendapan silika dengan menggunakan larutan pengendap  $\text{HCl}$ . Tahap terakhir dari penelitian ini analisis silika hasil ekstraksi secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif silika menggunakan Spektrofotometer FTIR, sedangkan analisa kuantitatif kadar silika dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri.



Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel hasil ekstraksi abu terbang batubara merupakan senyawa silika dapat dilihat dari spektra IR yang dihasilkan. Spektra IR sampel hasil ekstraksi menunjukkan adanya puncak pada rentang bilangan gelombang  $1076\text{ cm}^{-1}$  dan  $1082,51\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan representasi dari vibrasi *stretching* gugus asimetrik Si-O pada senyawa siloksan (Si-O-Si). Puncak pada rentang bilangan gelombang  $794,35\text{ cm}^{-1}$  dan  $796,44\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi *stretching* gugus simetris senyawa siloksan (Si-O-Si).

Analisa kuantitatif dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Hasil perhitungan kadar silika didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan pada proses ekstraksi maka kadar silika yang didapat akan meningkat. Kadar silika yang didapat dari ekstraksi menggunakan pelarut NaOH variasi konsentrasi 2, 3, 4, 5, dan 6 secara berturut-turut adalah 21,25%, 23,15%, 26,00%, 29,05%, dan 32,84%. Sedang untuk ekstraksi dengan menggunakan variasi ukuran partikel sampel abu menunjukkan hasil dimana semakin kecil ukuran sampel yang digunakan, semakin tinggi pula kadar silika yang didapat. Hasil ekstraksi menggunakan konsentrasi ekstrak 6 M dan variasi ukuran partikel sampel 100, 150, dan 200 mesh didapatkan hasil secara berturut-turut adalah 29,87%, 30,88%, dan 33,78%.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Ekstraksi Silika ( $SiO_2$ ) dari Abu Terbang Batubara dengan Variasi Konsentrasi Ekstraktan dan Ukuran Partikel Abu Terbang*. 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. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Ibu Tanti Haryati, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Ibu Novita Andarini, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji I, dan Ibu Asnawati, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran serta masukan yang berharga dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini;
5. Ketua Laboratorium Kimia Dasar, Kimia Organik, dan Biokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. Teknisi di Jurusan Kimia (mbak Lisa, mas Dul, mas Darma dan mbak Sari) yang selama ini telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian;
7. Teknisi Laboratorium Tanah (bapak Cacuk Purnomo) Fakultas Pertanian Universitas Jember;
8. Teman seperjuangan Agus Sutiawan, S.H, Zenga Chriestiyantora D. S., S.H, dan Fery Dwi Arizal yang senantiasa membantu memberikan dan dorongan untuk menyelesaikan skripsi ini;
9. Keluarga besar Pesona RAlA Tour & Travel, yang telah memberikan saya pengalaman dan kesempatan untuk sejenak merasakan kerasnya dunia kerja;

10. Teman-teman seperjuangan Kimia angkatan 2009 tanpa terkecuali, terima kasih atas segala dukungan, pengalaman, cerita, dan kebersamaannya selama ini;
11. Adik-adik angkatan Jurusan Kimia yang telah memberikan dukungan dan semangat;
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 28 Juni 2016

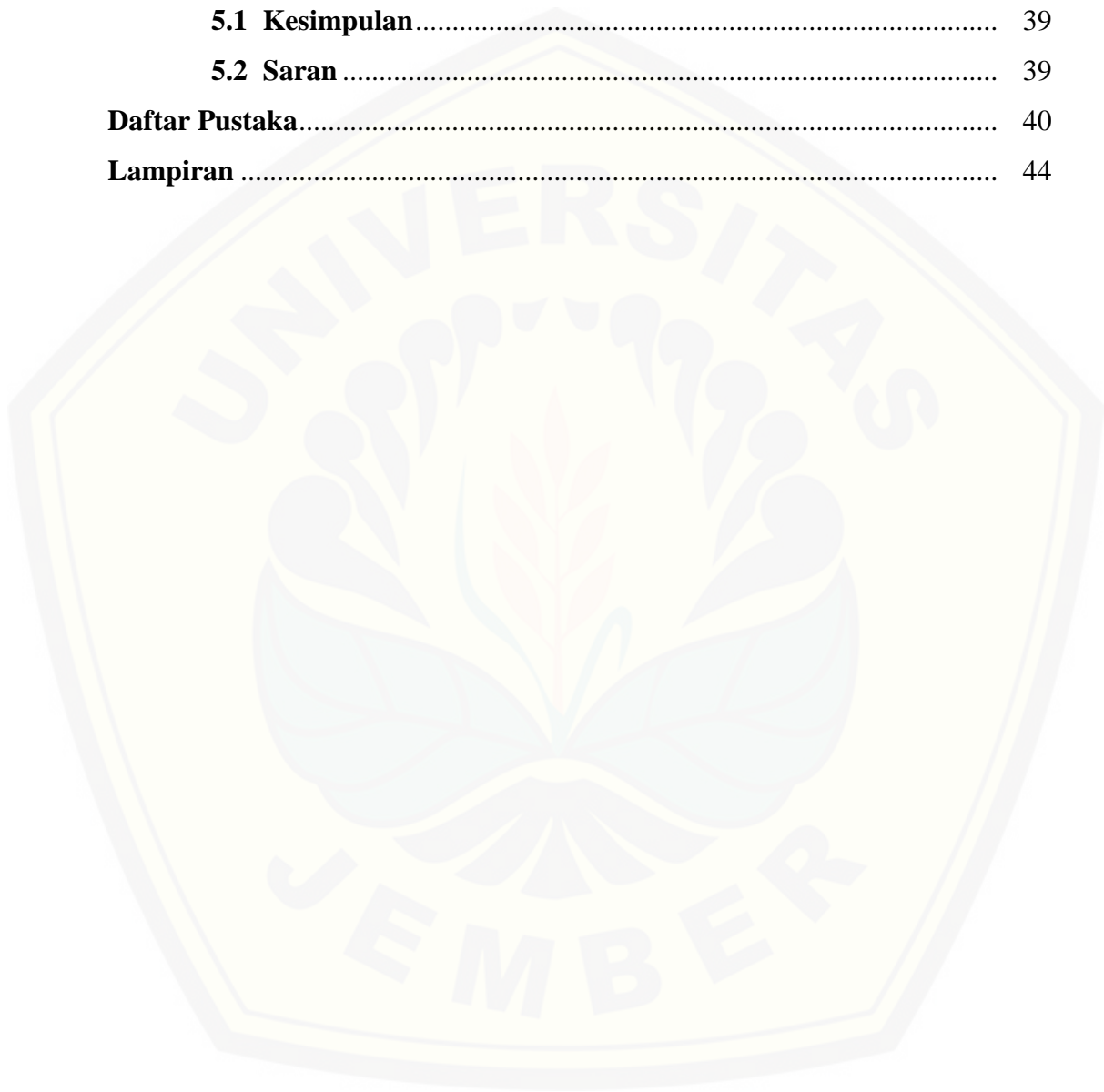
Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Abu Terbang Batubara</b> .....	5
<b>2.2 Sifat Abu Terbang</b> .....	6
2.2.1 Sifat Fisik Abu Terbang .....	7
2.2.2 Sifat Kimia Abu Terbang.....	8
2.2.3 Komposisi Kimia Abu Terbang .....	8
<b>2.3 Silika (SiO<sub>2</sub>)</b> .....	8
2.3.1 Sifat Fisika Silika.....	9
2.3.2 Sifat Kimia Silika.....	10
<b>2.4 Ekstraksi</b> .....	10
2.4.1 Ekstraksi Cair-Cair.....	11

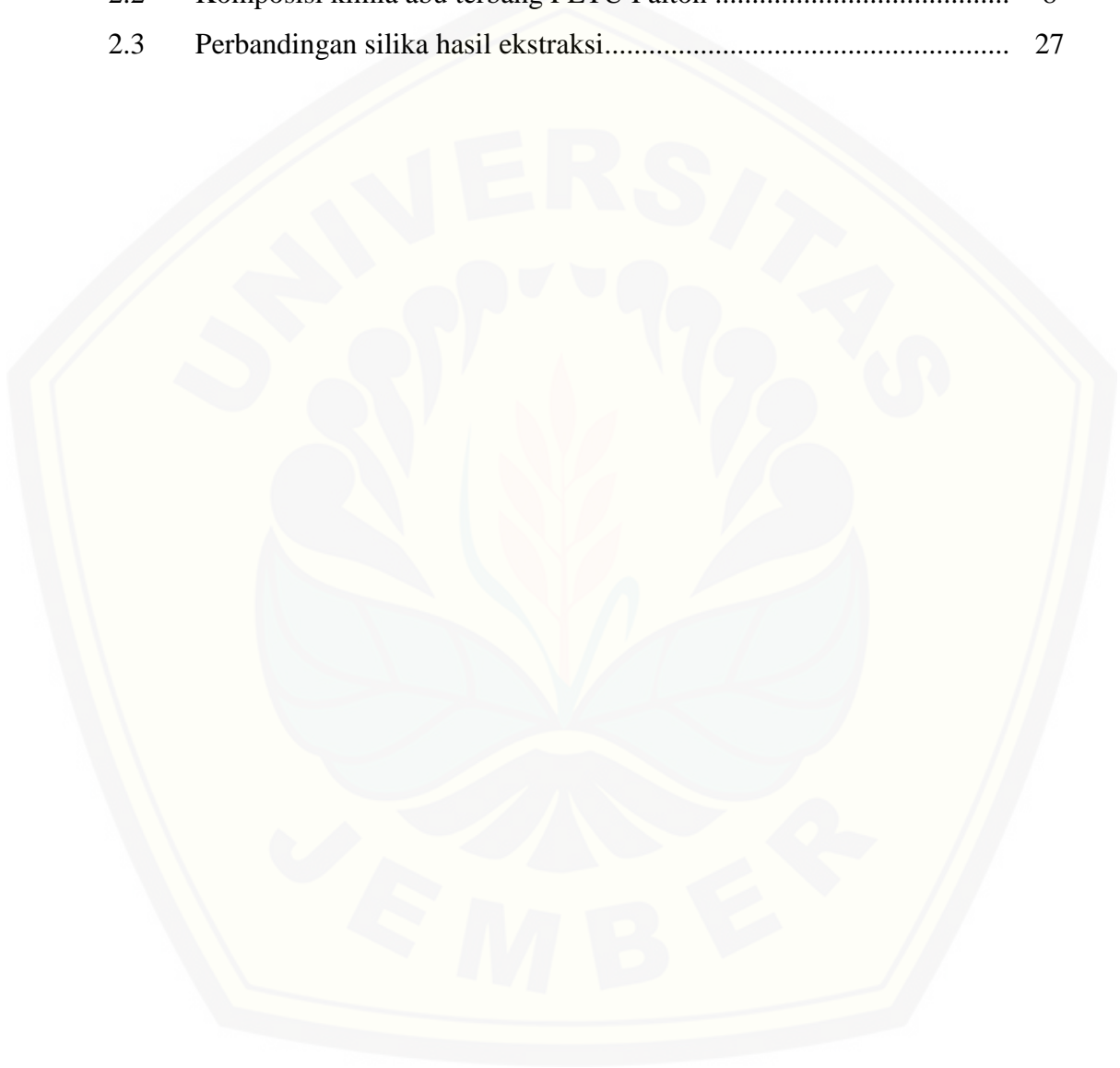
2.4.2	Ekstraksi Padat-Cair.....	11
2.4.3	Ekstraksi Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	13
2.4.4	Proses Pengendapan Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	13
<b>2.5</b>	<b>Fourier Transfrom Infrared (FTIR).....</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Serapan yang Dihasilkan oleh Silikon .....</b>	<b>16</b>
<b>2.7</b>	<b>Gravimetri .....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>		
<b>3.1</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan.....</b>	<b>19</b>
3.2.1	Alat.....	19
3.2.2	Bahan .....	19
<b>3.3</b>	<b>Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Prosedur Penelitian.....</b>	<b>21</b>
3.4.1	Pembuatan Variasi Konsentrasi Larutan.....	21
3.4.2	Pengayakan Sampel Abu Terbang .....	22
3.4.3	Pencucian Abu Terbang dari Pengotornya.....	22
3.4.4	Proses <i>Leaching</i> Abu Terbang .....	22
3.4.5	Ekstraksi Silika dari Abu Terbang Batubara.....	23
3.4.6	Proses Presipitasi Silika .....	23
3.4.7	Karakterisasi Silika Hasil Ekstraksi.....	23
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
<b>4.1</b>	<b>Proses <i>Leaching</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Proses Ekstraksi Silika .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Hasil Analisa Kuantitatif dengan Metode Gravimetri.....</b>	<b>31</b>
4.3.1	Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstraktan Terhadap Massa Silika Xerogel .....	32
4.3.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi Esktraktan Terhadap Kadar Silika.....	33
4.3.3	Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Terhadap Massa Silika Xerogel.....	34

4.3.4 Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Terhadap Kadar Silika .....	35
<b>4.4 Hasil Karakterisasi Silika Xerogel Menggunakan FTIR .....</b>	<b>36</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>39</b>
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>40</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>44</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Komposisi dan klasifikasi abu terbang.....	7
2.2 Komposisi kimia abu terbang PLTU Paiton .....	8
2.3 Perbandingan silika hasil ekstraksi.....	27



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Serbuk abu terbang batubara .....	5
2.2 Ilustrasi proses analisis sampel dengan FT-IR .....	14
2.3 Instrumentasi FT-IR .....	16
4.1 Sampel abu terbang siap ekstrak .....	28
4.2 Reaksi pembentukan natrium silikat .....	28
4.3 Proses ekstraksi silika dengan menggunakan pelarut NaOH .....	29
4.4 (a) Filtrat silika (b) Silika mulai terbentuk (c) Endapan silika putih ...	29
4.5 Proses pembentukan silika xerogel .....	30
4.6 Penyusutan struktur gel dari <i>wet gel</i> menjadi xerogel.....	30
4.7 Grafik pengaruh variasi konsentrasi ekstrak terhadap massa xerogel hasil ekstraksi .....	32
4.8 Grafik pengaruh variasi konsentrasi ekstrak terhadap kadar silika hasil ekstraksi .....	34
4.9 Grafik pengaruh variasi ukuran partikel sampel terhadap massa silika xerogel hasil ekstraksi .....	35
4.10 Grafik pengaruh variasi ukuran partikel sampel terhadap kadar silika hasil ekstraksi .....	36
4.11 Spektra IR silika xerogel dari hasil ekstraksi abu terbang .....	36



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PLTU Paiton merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang menyediakan tenaga listrik untuk sistem transmisi Jawa-Bali. PLTU Paiton mempunyai kapasitas produksi 2 x 610 MW dengan batubara sebagai bahan bakar utamanya. PLTU Paiton membutuhkan pasokan batubara sekitar 316.667 ton per bulan, yang didapat dari daerah Kalimantan Timur (Sucofindo, 2013). Limbah pembakaran batubara yang dihasilkan biasanya ditampung dalam suatu area yang telah didesain khusus. Limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) (Kartika, 2010). Satu kali proses pembakaran batubara dihasilkan limbah abu terbang sekitar 80% dan sisanya sebesar 20% merupakan limbah abu dasar.

Abu terbang merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Menurut Wardani (2008), pada intinya abu terbang mengandung unsur kimia antara lain silika ( $\text{SiO}_2$ ) 40-60%, alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 20-30%, fero oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 4-10% dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) 5-30%, juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), fosfor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), dan karbon.

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar meninggalkan sejumlah permasalahan serius. Limbah abu terbang yang dihasilkan dalam jumlah besar membutuhkan banyak tempat untuk menimbunnya, selain itu abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batubara juga mengandung logam-logam berat yang signifikan jumlahnya. Abu terbang dapat digunakan untuk pengganti *portland cement* pada beton karena mempunyai sifat *pozzolanic* yang dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan dari beton. Penggunaan abu terbang pada beton juga dapat meningkatkan *workability* dari semen dengan berkurangnya pemakaian air (Wardani, 2008).

Penelitian tentang ekstraksi silika dengan berbagai macam sumber telah banyak dilakukan diantaranya oleh Retnosari (2013) yang berhasil mengekstrak silika dari abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo menggunakan pelarut NaOH dengan variasi konsentrasi dan waktu ekstraksi. Konsentrasi ekstraktan yang digunakan adalah 1,5; 2; 2,5; dan 3 M dengan waktu ekstraksi 60, 90, dan 120 menit. Proses presipitasi silika terlarut dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 1 M. Hasilnya kadar silika tertinggi didapat dari ekstraksi dengan menggunakan konsentrasi NaOH 3 M dan waktu ekstraksi 120 menit yaitu sebesar 33%.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Sarempa *et al.* (2014), menunjukkan bahwa adanya pengaruh ukuran partikel sampel terhadap hasil *recovery* emas dan perak. Penelitian tersebut memvariasikan beberapa variabel, diantaranya variabel konsentrasi larutan, % solid, penambahan  $Pb(NO_3)_2$ , dan ukuran partikel (size). Ukuran partikel sampel yang digunakan adalah 32,6 mikron, 36,2 mikron, dan 40,9 mikron. Hasilnya diperoleh nilai *recovery* emas (Au) pada ukuran 32,6 mikron sebesar 95,93%, ukuran 36,2 mikron sebesar 93,31%, dan pada ukuran 40,9 mikron sebesar 91,15%. Sedangkan untuk nilai *recovery* perak (Ag) didapatkan untuk ukuran 32,6 mikron sebesar 86,11%, ukuran 36,2 mikron sebesar 86,26%, dan pada ukuran 40,9 mikron sebesar 81,29%. Dapat disimpulkan dari penelitian tersebut bahwa semakin halus ukuran butiran, maka derajat liberasi (kebebasan mineral atau unsur dalam bijih) dan luas permukaan efektif semakin besar sehingga makin besar kesempatan atau kontak antara permukaan butiran dengan larutan.

Silika ( $SiO_2$ ) merupakan salah satu komponen abu terbang yang paling dominan jumlahnya yaitu sekitar 40-60%. Kristianingrum *et al.* (2010), pemanfaatan silika gel secara umum adalah sebagai penjerap uap air pada penyimpanan berbagai bahan yang bersifat higroskopis. Pemanfaatan silika gel sebagai penjerap air dilakukan dengan memanaskan silika gel untuk menghilangkan air dalam pori. Silika juga banyak digunakan dalam penyulingan minyak sayur, produk farmasi, deterjen, bahan perekat, kromatografi kolom kemasan, dan keramik (Iler, 1979; Proctor *et al.*, 1995).

Berangkat dari penelitian-penelitian tersebut, peneliti mencoba menerapkan metode ekstraksi silika dengan mengkombinasikan metode yang telah dilakukan

Retnosari (2013) dan Sarempa *et al.* (2014) dengan menggunakan sampel abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi konsentrasi ekstraktan serta variasi ukuran partikel abu terbang yang digunakan. Silika hasil ekstraksi kemudian akan dihitung kadarnya dengan metode gravimetri serta dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometri FTIR.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah untuk penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pengaruh konsentrasi ekstraktan yang digunakan, pada silika hasil ekstraksi dari limbah abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo?
- 2) Bagaimana pengaruh ukuran partikel abu terbang yang digunakan, pada silika hasil ekstraksi dari limbah abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo?
- 3) Bagaimana karakterisasi silika hasil ekstraksi abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo?

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian kali ini diantaranya:

- 1) Ekstraktan yang digunakan pada proses ekstraksi adalah NaOH.
- 2) Karakterisasi hasil ekstraksi abu terbang batubara PLTU Paiton Probolinggo dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*.

### 1.4. Tujuan Penelitian

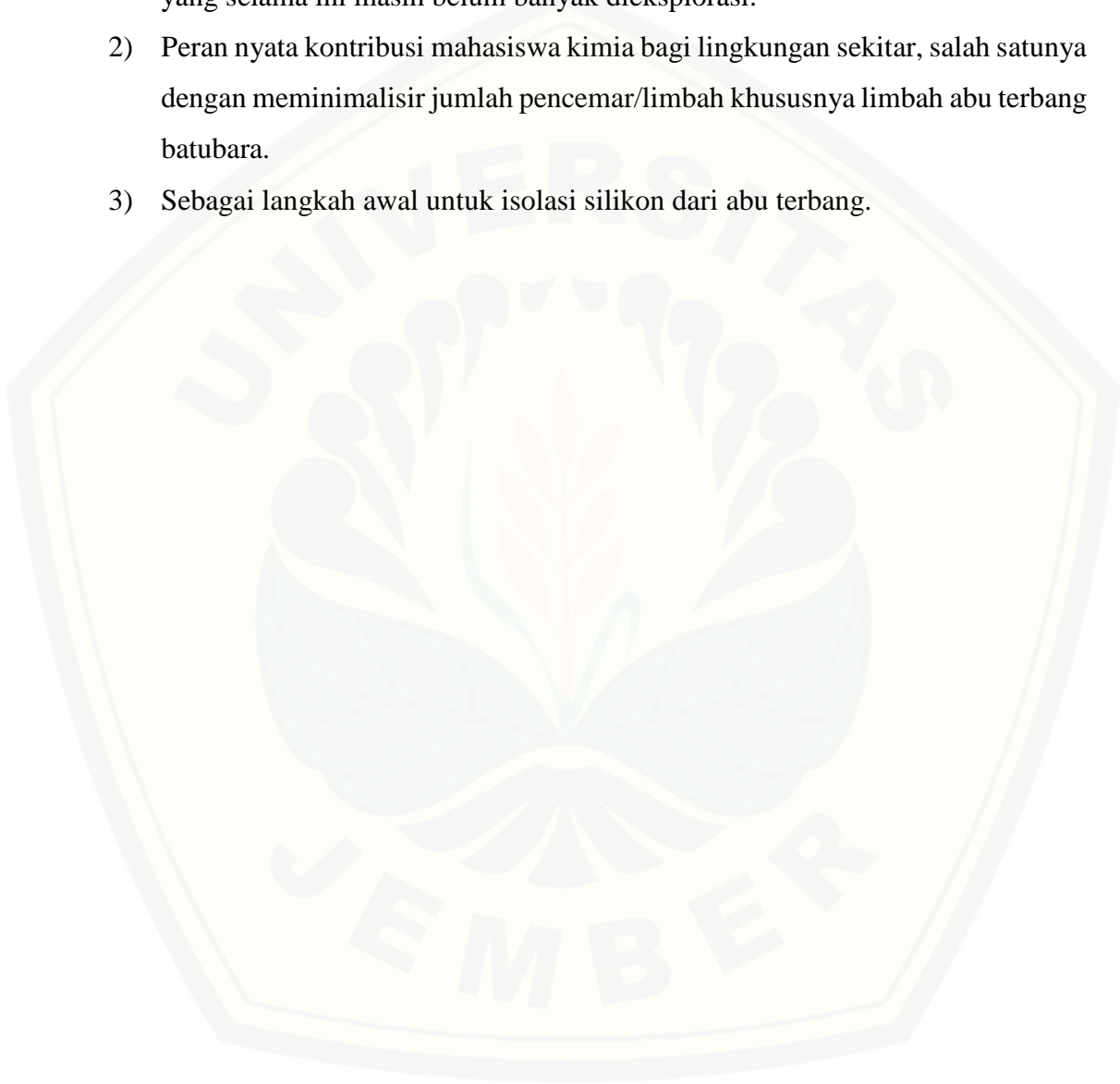
Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mempelajari pengaruh konsentrasi ekstraktan yang digunakan pada proses ekstraksi terhadap hasil yang didapat.
- 2) Mempelajari pengaruh ukuran partikel abu terbang yang digunakan pada proses ekstraksi terhadap hasil yang didapat.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil yang didapat dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai:

- 1) Sebagai salah satu langkah alternatif untuk memanfaatkan limbah batubara yang selama ini masih belum banyak dieksplorasi.
- 2) Peran nyata kontribusi mahasiswa kimia bagi lingkungan sekitar, salah satunya dengan meminimalisir jumlah pencemar/limbah khususnya limbah abu terbang batubara.
- 3) Sebagai langkah awal untuk isolasi silikon dari abu terbang.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Abu Terbang Batubara

Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran dan ditangkap dengan menggunakan elektrostatis presipitator. Abu terbang merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. Abu terbang terdiri dari bahan anorganik yang terdapat di dalam batubara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, partikel-partikel abu terbang umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel abu terbang yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran seperti debu (0.074 – 0.005 mm). Kandungan utama abu terbang adalah silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi (II) oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (Acosta, 2009).



Gambar 2.1 Serbuk Abu Terbang Batubara

Ada tiga tipe pembakaran batubara pada industri listrik yaitu *dry-bottom boilers*, *wet-bottom boilers* dan *cyclon furnace*. Pembakaran batubara menggunakan tipe *dry-bottom boiler*, menghasilkan kurang lebih 80% abu pembakaran sebagai abu terbang, yang kemudian masuk ke dalam corong gas. Pembakaran batubara dengan *wet-bottom boilers*, menghasilkan 50% abu tertinggal dan 50% lainnya masuk dalam corong gas. Pembakaran tipe *cyclon furnace* (dimana potongan batubara digunakan sebagai bahan bakar), menghasilkan 70-80%

dari abu tertahan sebagai boiler *slag* dan hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong gas (Wardani, 2008).

Abu terbang batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam, diantaranya:

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. *Recovery* magnetit, *cenosphere*, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (*polisher*)
6. *Filler* aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen
8. Aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*)
9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

(Marinda, 2008)

## 2.2 Sifat Abu Terbang

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari abu terbang adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008).

Menurut ASTM C618 abu terbang dibagi menjadi dua kelas yaitu abu terbang kelas F dan kelas C. Perbedaan utama dari kedua ash tersebut adalah banyaknya kalsium, silika, aluminium dan kadar besi di ash tersebut.

- Abu terbang kelas F: merupakan abu terbang yang diproduksi dari pembakaran batubara *anthracite* atau *bituminous*, mempunyai sifat *pozzolanic* dan untuk

dapat menambah kekuatan ikatan harus diberi tambahan *quick lime*, *hydrated lime*, atau semen. Abu terbang kelas F ini kadar kapurnya rendah ( $\text{CaO} < 10\%$ ).

- Abu terbang kelas C: diproduksi dari pembakaran batubara *lignite* atau *sub-bituminous* selain mempunyai sifat *pozzolanic* juga mempunyai sifat *self-cementing* (kemampuan untuk mengeras dan menambah kekuatan ikatan apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ( $\text{CaO} > 20\%$ ).

Tabel 2.1 Komposisi dan Klasifikasi Abu terbang

Komponen	<i>Bituminous</i> (%)	<i>Sub-bituminous</i> (%)	<i>Lignite</i> (%)
$\text{SiO}_2$	20-60	40-60	15-45
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5-35	20-30	20-25
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	10-40	4-10	4-15
$\text{CaO}$	1-12	5-30	15-40
$\text{MgO}$	0-5	1-6	3-10
$\text{SO}_3$	0-4	0-2	0-10
$\text{Na}_2\text{O}$	0-4	0-2	0-6
$\text{K}_2\text{O}$	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

(Wardani, 2008)

### 2.2.1 Sifat Fisik Abu Terbang

Abu terbang merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat mineral-mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara, titik leleh abu batubara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang batubara yang terdiri dari butiran halus umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara *bituminous* lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000  $\text{kg/m}^3$  dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000  $\text{m}^2/\text{kg}$ . Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain :

- Warna : abu-abu keputihan
- Ukuran butir : sangat halus yaitu sekitar 88% (Acosta, 2009)

### 2.2.2 Sifat Kimia Abu Terbang

Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara *lignite* dan *sub-bituminous* menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada *bituminous*. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada *bituminous*. Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi (II) oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang (Acosta, 2009).

### 2.2.3 Komposisi Kimia Abu Terbang

Komposisi kimia abu terbang batubara PLTU Paiton dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU Paiton

No	Komposisi Penyusun	Kandungan (%W)
1.	$\text{SiO}_2$	30,25 - 36,83
2.	$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,52 - 23,78
3.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	13,46 - 19,94
4.	$\text{CaO}$	11,40 - 16,57
5.	$\text{MgO}$	5,360 - 8,110
6.	$\text{Mn}_3\text{O}_4$	0,140 - 0,480
7.	$\text{Na}_2\text{O}$	0,250 - 0,740
8.	$\text{K}_2\text{O}$	0,630 - 1,320
9.	$\text{TiO}_2$	0,830 - 1,050
10.	$\text{P}_2\text{O}_3$	0,630 - 3,750
11.	$\text{SO}_3$	3,010 - 7,280

Sumber: PJB Paiton, 2002

Dari data pada tabel 2.2 dapat dilihat bahwa kandungan kimia terbesar dalam abu terbang batubara adalah silika dengan prosentase 30,25-36,83%, alumina 14,52-23,78%, dan besi (II) oksida dengan prosentase 13,46-19,94%, sedangkan untuk oksida unsur-unsur lainnya terdapat dalam jumlah kecil.

## 2.3 Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Silika tidak pernah terdapat bebas di alam, tetapi umumnya bersenyawa dengan zat lain. Senyawa silikon yang melimpah jumlahnya adalah *silicon dioksida*



(SiO<sub>2</sub>) atau biasa disebut dengan silika. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal enansiomorf. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. (Cotton, 1989).

Bentuk-bentuk silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan saja karena silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya (SiO<sub>4</sub>) adalah unit yang mendasar dalam kebanyakan mineral. Kristal silika memiliki dua ciri utama yaitu:

1. Setiap atom silikon berada pada pusat suatu tetrahedron yang terdiri dari empat atom oksigen.
2. Setiap atom oksigen berada ditengah-ditengah antara dua atom silikon (Keenan, 1992).

### 2.3.1 Sifat Fisika Silika

Nama IUPAC	: Silikon dioksida
Nama lain	: Kuarsa, silika, silikat oksida, silikon (IV) oksida
Rumus molekul	: SiO <sub>2</sub>
Massa molar	: 60,08 g mol <sup>-1</sup>
Penampilan	: Kristal transparan
Kepadatan	: 2,648 g cm <sup>-3</sup>
Titik lebur	: 1600-1725°C
Titik didih	: 2230°C

(Masramdhani, 2011)

### 2.3.2 Sifat Kimia Silika

Mineral silika mempunyai berbagai sifat kimia antara lain sebagai berikut:

#### a. Reaksi Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofleurida dan asam fosfat.



Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



#### b. Reaksi Basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.



Secara komersial, silika dibuat dengan mencampur larutan natrium silikat dengan suatu asam mineral. Reaksi ini menghasilkan suatu dispersi pekat yang akhirnya memisahkan partikel dari silika terhidrat, yang dikenal sebagai silika hidrosol atau asam siikat yang kemudian dikeringkan pada suhu 110°C agar terbentuk silika gel. Reaksi yang terjadi:



(Bakri, 2008)

## 2.4 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan dua zat atau lebih dengan menggunakan pelarut yang tidak saling campur. Berdasarkan fase yang terlibat, terdapat dua jenis ekstraksi, yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair (Harborne, 1987). Secara garis besar, proses pemisahan secara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar yaitu:

1. Penambahan sejumlah massa pelarut untuk dikontakkan dengan sampel, biasanya melalui proses difusi.

2. Zat terlarut akan terpisah dari sampel dan larut oleh pelarut membentuk fase ekstrak.
  3. Pemisahan fase ekstrak dengan sampel
- (Wilson *et al.*, 2000).

#### 2.4.1 Ekstraksi Cair-Cair

Ekstraksi cair-cair adalah teknik di mana larutan (biasanya berupa larutan dibawa kontak dengan pelarut kedua (biasanya organik), pada dasarnya tak larut dengan yang pertama, dalam rangka membawa pengalihan dari satu atau lebih zat terlarut ke dalam pelarut kedua. dalam banyak kasus pemisahan bisa juga dilakukan dengan mengocoknya di dalam corong pemisah (Svehla, 1979).

Teknik ekstraksi cair-cair telah banyak digunakan untuk memisahkan komponen-komponen organik, ekstraksi pelarut dapat digunakan untuk "pembersihan" dan untuk mendapatkan kadar zat terlarut yang sesuai sebelum analisis (Svehla, 1979).

Ekstraksi cair-cair selalu terdiri dari sedikitnya dua tahap, yaitu pencampuran secara intensif bahan ekstraksi dengan pelarut dan pemisahan kedua fase cair itu sesempurna mungkin. Zat terlarut dipisahkan dari cairan pembawa (diluen) menggunakan pelarut cair. Campuran cairan pembawa dan pelarut ini adalah heterogen, jika dipisahkan terdapat 2 fase yaitu fase diluen (rafinat) dan fase pelarut (ekstrak). Perbedaan konsentrasi zat terlarut di dalam suatu fasa dengan konsentrasi pada keadaan setimbang merupakan pendorong terjadinya pelarutan (pelepasan) zat terlarut dari larutan yang ada. Gaya dorong (*driving force*) yang menyebabkan terjadinya proses ekstraksi dapat ditentukan dengan mengukur jarak sistem dari kondisi setimbang (Wibawa, 2012).

#### 2.4.2 Ekstraksi Padat-Cair

Pemindahan komponen dari padatan ke pelarut pada ekstraksi padat-cair melalui tiga tahapan, yaitu difusi pelarut ke pori-pori padatan atau ke dinding sel, di dalam dinding sel terjadi pelarutan padatan oleh pelarut, dan tahapan terakhir adalah pemindahan larutan dari pori-pori menjadi larutan ekstrak. Ekstraksi padat-

cair dipengaruhi oleh waktu ekstraksi, suhu yang digunakan, pengadukan, dan banyaknya pelarut yang digunakan (Harborne, 1987).

Terdapat dua macam ekstraksi padat-cair, yaitu dengan cara sokhlet dan perkolasi dengan atau tanpa pemanasan. Metode lain yang lebih sederhana dalam mengekstrak padatan adalah dengan mencampurkan seluruh bahan dengan pelarut, lalu memisahkan larutan dengan padatan tak terlarut (Muchsony, 1997).

Selama proses ekstraksi padat-cair diperlukan kontak yang sangat lama antara pelarut dan padatan. Proses ini paling banyak ditemui di dalam usaha untuk mengisolasi suatu substansi yang terkandung di dalam suatu bahan alam sehingga yang berperan penting dalam menentukan sempurnanya proses ekstraksi ini adalah sifat-sifat bahan alam tersebut dan juga bahan yang akan diekstraksi. Tingkat ekstraksi bahan ditentukan oleh ukuran partikel bahan tersebut. Bahan yang diekstrak sebaiknya berukuran seragam untuk mempermudah kontak antara bahan dan pelarut sehingga ekstraksi berlangsung dengan baik (Sudarmadji *et al.*, 1996).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi antara lain:

a. Jenis Pelarut

Jenis pelarut mempengaruhi senyawa yang tersaring, jumlah zat terlarut yang terekstrak dan kecepatan ekstraksi.

b. Suhu

Secara umum, kenaikan suhu akan meningkatkan jumlah zat terlarut ke dalam pelarut.

c. Rasio Pelarut dan Bahan Baku

Jika rasio pelarut-bahan baku besar maka akan memperbesar pula jumlah senyawa yang terlarut. Akibatnya laju ekstraksi akan semakin meningkat.

d. Ukuran Partikel

Laju ekstraksi juga meningkat apabila ukuran partikel bahan baku semakin kecil. Dalam arti lain rendemen ekstrak akan semakin besar bila ukuran partikel semakin kecil.

e. Pengadukan

Fungsi pengadukan adalah untuk mempercepat terjadinya reaksi antara pelarut dengan zat terlarut.

f. Lama Waktu

Lamanya waktu ekstraksi akan menghasilkan ekstrak yang lebih banyak, karena kontak antara zat terlarut dengan pelarut lebih lama.

(Ubay, 2011).

#### 2.4.3 Ekstraksi Silika (SiO<sub>2</sub>)

Ekstraksi silika umumnya dilakukan dengan metode ekstraksi padat-cair menggunakan larutan alkali sebagai pelarut (Mardina, 2013). Metode ekstraksi didasarkan pada kelarutan silika amorf yang besar pada larutan alkalis dan pengendapan silika yang terlarut dalam asam, seperti asam klorida, asam nitrat dan asam oksalat (Sembiring, 2007).

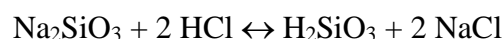
Ekstraksi dengan metode ekstraksi padat-cair mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya silika yang diperoleh bersifat sol-gel, amorf, dan *porous* dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Sembiring, 2007).

#### 2.4.4 Proses Pengendapan Silika (SiO<sub>2</sub>)

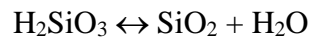
Endapan adalah zat yang terpisah sebagai fase padat keluar dari larutannya. Endapan dapat berupa kristal atau koloid, dan bisa dihilangkan dari larutan dengan penyaringan atau mensentrifugasi (Svehla, 1979).

Proses pembentukan serbuk silika murni yang berbentuk amorf pada prinsipnya adalah mengendapkan larutan yang mengandung silika seperti natrium silikat. Proses pembentukan silika gel atau presipitat dari larutan natrium silikat dipengaruhi oleh kondisi pH larutan. Pembentukan gel yang menghasilkan endapan silika dapat terjadi pada lingkungan dengan pH netral atau asam (Sulistiyono, 2004).

Proses pembuatan serbuk silika murni yang berbentuk amorf dan ringan dari larutan natrium silikat dilakukan dengan terlebih dahulu mengencerkan bahan-bahan yang ada, kemudian pH diturunkan dengan menambah HCl. Reaksi yang terjadi antara natrium silikat dengan HCl adalah sebagai berikut:



Hasil dari reaksi tersebut adalah gel  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  yang apabila dikeringkan akan terbentuk titik-titik butiran silika amorf yang murni. Apabila gel tidak jadi maka akan terbentuk gumpalan yang keras. Adapun reaksi pengeringan sebagai berikut:

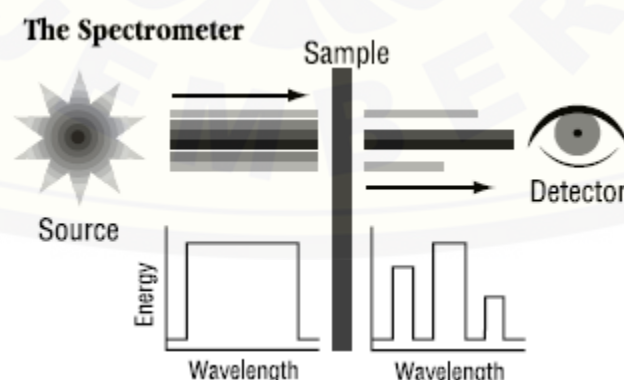


(Sulistiyono, 2004)

## 2.5 Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Spektroskopi FT-IR (Fourier Transform Infrared) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi. Inti spektroskopi FT-IR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan (Chatwal, 1985).

Spektrum inframerah dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Marcott, 1986).



Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Analisis Sampel dengan FT-IR

(Thermo Nicolet, 2001)

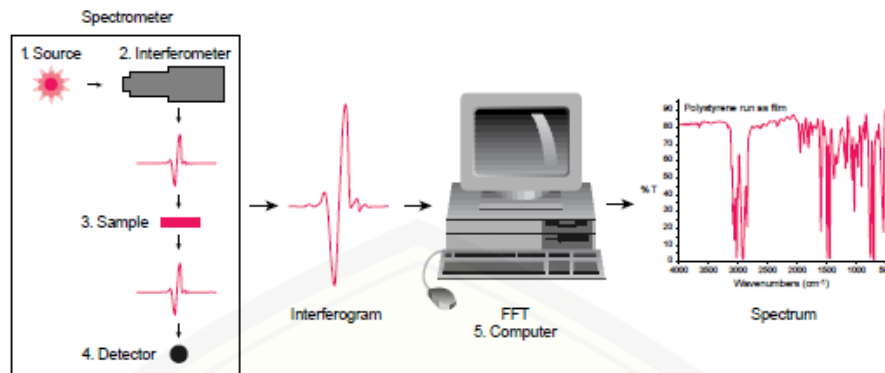
Ada beberapa keuntungan utama dari FT-IR, yaitu:

- a. Kebanyakan pengukuran oleh FT-IR dilakukan dalam hitungan detik, bukan beberapa menit karena semua frekuensi diukur secara bersamaan,
- b. Detektor yang digunakan jauh lebih sensitif serta tingkat kebisingan lebih rendah,
- c. Cermin bergerak dalam interferometer merupakan satu-satunya bagian yang terus bergerak dalam instrumen, sehingga hanya sedikit kemungkinan kerusakan mekanis yang ditimbulkan,
- d. Instrumen ini dapat mengkalibrasi sendiri dan tidak perlu dikalibrasi oleh pengguna.

(Thermo Nicolet, 2001).

Secara Umum instrumentasi FT-IR terdiri dari:

1. Sumber Sinar  
Sinar inframerah diemisikan dari sumber sinar. Gelombang tersebut dilewatkan melalui sebuah celah yang berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang ditembakkan ke sampel.
2. Interferometer  
Gelombang masuk ke dalam interferometer dimana spektra diolah. Sinyal interferogram yang dihasilkan kemudian dilanjutkan menuju ke sampel.
3. Sampel  
Gelombang masuk ke dalam tempat sampel dimana sinar akan ditransmisikan atau direfleksikan oleh permukaan sampel, tergantung dari jenis analisis yang dilakukan. Di sinilah spesifik energi yang menunjukkan suatu sampel diserap.
4. Detektor  
Gelombang pada akhirnya akan masuk ke dalam detektor untuk pengukuran akhir. Detektor yang digunakan khusus didesain untuk mengukur sinyal interferogram tertentu
5. Komputer/Pemroses Data  
Sinyal yang terukur didigitalisasi dan dikirim ke komputer. Spektra akhir sinar inframerah diinterpretasikan dan diolah lebih lanjut.



Gambar 2.3 Instrumentasi FT-IR

(Thermo Nicolet, 2001).

## 2.6 Serapan yang Dihasilkan oleh Silikon

Analisis sampel dengan menggunakan FT-IR dapat mendeteksi adanya ikatan-ikatan tertentu. Ikatan-ikatan tersebut dapat diketahui dengan memberikan sejumlah energi yang nantinya akan diserap oleh ikatan tersebut sehingga terjadi gerakan *stretching* dan *bending*. Hasil spektrum menunjukkan beberapa puncak bilangan yang merupakan representasi dari adanya gugus-gugus fungsi dalam sampel. Puncak utama pada bilangan gelombang  $3444,6 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan Si membentuk Si-OH (silanol) yang mengindikasikan adanya molekul air pada silika (Lin *et al.*, 2001). Puncak lain yang menunjukkan adanya gugus fungsi silika yakni gugus siloksan (Si-O-Si) pada puncak bilangan gelombang  $1095,5 \text{ cm}^{-1}$  yang diperkuat dengan adanya ikatan Si-O pada puncak bilangan gelombang  $470,6 \text{ cm}^{-1}$  dan puncak  $798,5 \text{ cm}^{-1}$  (Daifullah *et al.*, 2003)

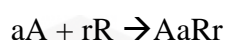
## 2.7 Gravimetri

Analisis gravimetri merupakan metode analisis kuantitatif berdasarkan bobot yaitu proses isolasi serta penimbangan suatu unsur atau suatu senyawaan tertentu dari unsur tersebut dalam bentuk yang sempurna mungkin. Sebagian besar penetapan-penetapan pada analisis gravimetri menyangkut perubahan unsur atau



radikal yang akan ditetapkan menjadi sebuah senyawaan yang murni dan stabil yang dapat dengan mudah diubah menjadi satu bentuk yang sesuai untuk ditimbang. (Svehla, 1996).

Metode analisis gravimetri didasarkan pada reaksi kimia berikut ini:



dimana a adalah molekul analit A, bereaksi dengan r molekul R. Produknya AaRr, biasanya berupa zat yang sedikit larut, dapat ditimbang setelah pengeringan atau dapat diubah menjadi senyawa lain yang susunannya diketahui. Biasanya reagensia berlebih R ditambahkan untuk menekan kelarutan endapan (Underwood, 1986).

Pengendapan merupakan hal yang paling penting pada analisis gravimetri. Bahan yang akan ditetapkan diendapkan dari dalam suatu larutan dalam bentuk yang sedikit dapat-larut, sehingga tak terjadi kehilangan yang berarti bila endapan dipisahkan dengan menyaringnya dan ditimbang. Faktor-faktor yang menentukan keberhasilan proses pengendapan adalah:

1. Endapan harus sukar larut, sehingga tak akan terjadi kehilangan yang berarti bila endapan dikumpulkan dengan menyaringnya. Dalam praktek, hal ini berarti bahwa jumlah zat itu yang tetap tertinggal dalam larutan, tidak melampaui jumlah minimum yang terdeteksi oleh neraca analitik.
2. Endapan harus mudah dipisahkan dari larutan dengan penyaringan, dan dapat dicuci sampai bebas dari zat pengotor yang larut.
3. Endapan harus dapat diubah menjadi suatu zat yang murni dengan komposisi kimia yang tertentu, ini dapat dicapai dengan pemijaran.

Kemurnian endapan bergantung antara lain pada zat-zat yang ada dalam larutan baik sebelum maupun setelah penambahan reagensia, dan juga pada kondisi eksperimen pengendapan yang tepat (Svehla, 1996).

Dalam prosedur gravimetri yang lazim, suatu endapan ditimbang dan dari nilai ini bobot analit dalam sampel dihitung. Maka presentase analit A adalah:

$$\% A = \frac{\text{Bobot A}}{\text{Bobot sampel}} \times 100$$

Untuk menghitung bobot analit dari endapan sering digunakan faktor gravimetri. Faktor ini didefinisikan sebagai berapa gram analit dalam 1 gram (atau ekuivalennya 1 gram) endapan. Gram analit diperoleh dari rasio BM analit dibagi BM endapan dan dikalikan dengan mol analit per mol endapan.

$$\text{Faktor Gravimetri} = \frac{\text{mol analit}}{\text{mol endapan}} \times \frac{\text{BM analit}}{\text{BM endapan}}$$

$$\text{Faktor Gravimetri} = \frac{\text{g analit}}{\text{g endapan}}$$

Faktor gravimetri disubstitusikan ke dalam persamaan di atas untuk memperoleh banyaknya analit dalam abu terbang.

$$\%A = \frac{\text{berat A} \times \left(\frac{\text{g analit}}{\text{g endapan}}\right)}{\text{berat sampel}} \times 100$$

(Christian, 1994)

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Dasar Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember pada Bulan Januari 2015 sampai Oktober 2015.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:

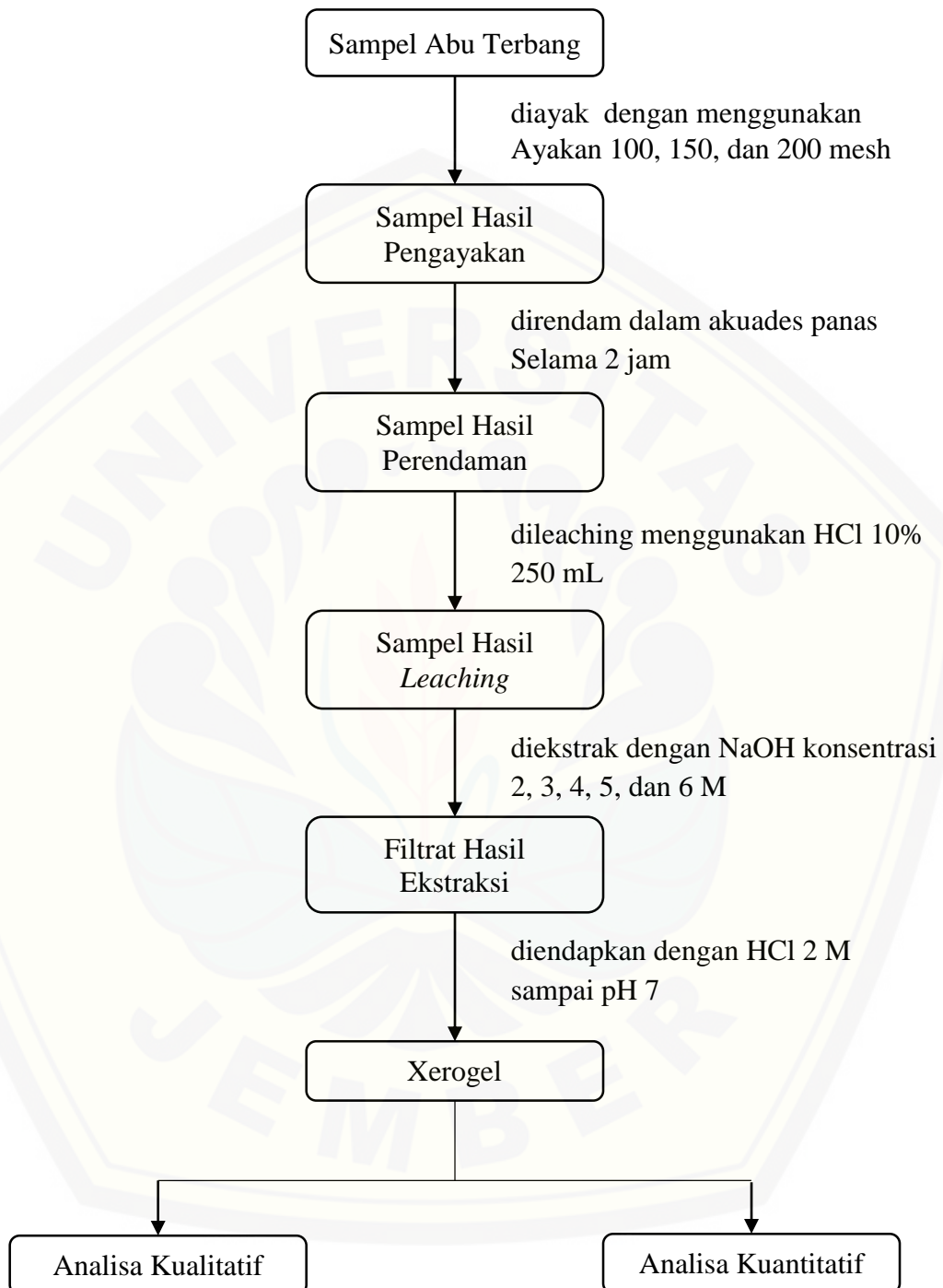
##### 3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass* 250 mL, kertas saring *Whatman* no. 41, ball pipet, batang penumbuk, pipet tetes, labu ukur 1 liter, labu ukur 500 mL, labu ukur 250 mL, ayakan 100, 150, dan 200 mesh, buret, *hot plate*, anak *stirer*, penjepit kayu, kaca arloji, oven *Fischer Scientific 655F*, desikator, neraca *Mettler AE50*, pH Meter, aluminium foil dan Shimadzu IRTracer-100.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah abu terbang yang didapat dari PLTU Paiton Probolinggo. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain asam oksalat p.a., natrium tetraborat p.a., NaOH (merck) p.a., H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (merck) p.a., HCl (merck) 37% p.a., HF (merck) 48% p.a., dan akuades.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Variasi Konsentrasi Larutan

Pembuatan variasi konsentrasi larutan diawali dengan pembuatan larutan induk yang kemudian diencerkan dengan menggunakan akuades sampai didapat konsentrasi yang diinginkan.

a. Pembuatan larutan induk NaOH 8 M

Pembuatan larutan NaOH 8 M dilakukan dengan melarutkan 320 gram kristal NaOH ke dalam labu ukur 1 liter, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas.

b. Standarisasi larutan induk NaOH 8 M

Sebanyak 100 mL Asam Oksalat 0,5 M dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL. Ditambahkan dengan indikator PP sebanyak 3 tetes. Kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan induk NaOH yang telah dibuat sebelumnya. Konsentrasi NaOH yang didapatkan dari hasil standarisasi adalah 7,82 M.

1) Pembuatan larutan NaOH 6 M

Pembuatan larutan NaOH 6 M dilakukan dengan mengencerkan 383,6 mL larutan induk NaOH 7,82 M ke dalam labu ukur 500 mL dengan akuades sampai tanda batas.

2) Pembuatan larutan NaOH 5 M

Pembuatan larutan NaOH 5 M dilakukan dengan mengencerkan 319,6 mL larutan induk NaOH 7,82 M ke dalam labu ukur 500 mL dengan akuades sampai tanda batas.

3) Pembuatan larutan NaOH 4 M

Pembuatan larutan NaOH 4 M dilakukan dengan mengencerkan 255,8 mL larutan induk NaOH 7,82 M ke dalam labu ukur 500 mL dengan akuades sampai tanda batas.

4) Pembuatan larutan NaOH 3 M

Pembuatan larutan NaOH 3 M dilakukan dengan mengencerkan 191,8 mL larutan induk NaOH 7,82 M ke dalam labu ukur 500 mL dengan akuades sampai tanda batas.

5) Pembuatan larutan NaOH 2 M

Pembuatan larutan NaOH 2 M dilakukan dengan mengencerkan 127,9 mL larutan induk NaOH 7,82 M ke dalam labu ukur 500 mL dengan akuades sampai tanda batas.

c. Pembuatan larutan HCl 2 M

Pembuatan larutan HCl 2 M dilakukan dengan melarutkan 83,3 mL larutan HCl 37% ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

### 3.4.2 Pengayakan Sampel Abu Terbang

Pengayakan sampel abu terbang bertujuan untuk bervariasi ukuran partikel sampel yang akan diekstraksi. 100 gram sampel abu terbang ditumbuk dengan menggunakan mortar. Sampel yang telah ditumbuk kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 100, 150, 200 mesh. Sampel yang telah diayak kemudian dipisahkan berdasarkan ukuran partikelnya (Nasution, 2006).

### 3.4.3 Pencucian Abu Terbang dari Pengotornya

Pencucian sampel abu terbang bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik yang masih ada di dalam sampel. Semua sampel abu terbang baik yang diayak maupun yang tidak, terlebih dahulu melalui proses pencucian sebelum masuk ke dalam proses *leaching*. Sebanyak 100 gram sampel abu terbang dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan 500 mL akuades (panas) sambil diaduk-aduk, kemudian dibiarkan mengendap. Setelah mengendap, lalu didekantasi. Proses tersebut diulangi sebanyak tiga kali. Abu layang yang telah dicuci tersebut kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 12 jam dan diulangi beberapa kali sampai berat konstan (Wiyanti & Ediati, 2010).

### 3.4.4 Proses *Leaching* Abu Terbang

Proses *leaching* dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa. Abu terbang yang telah dicuci, ditimbang sebanyak 30 gram sampel kering yang telah melalui proses pencucian dengan akuades. Dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan larutan asam klorida (HCl) 10% sebanyak 250 mL,

selanjutnya diaduk menggunakan stirer magnetik pada kecepatan 300 rpm pada suhu 80°C selama 1 jam. Sampel yang telah di *leaching* dipisahkan dari filtratnya dengan cara disaring dengan kertas saring. Residu sisa penyaringan dicuci dengan akuades (panas) lalu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam (Wiyanti & Ediati, 2010).

#### 3.4.5 Ekstraksi Silika dari Abu Terbang Batubara

Sampel abu terbang yang sudah melalui proses leaching sebanyak 25 gram dimasukkan ke dalam gelas beaker. Kemudian ditambahkan larutan NaOH dengan konsentrasi 2, 3, 4, 5, dan 6 M sebanyak 150 mL (Mardina *et al.*, 2013). Ekstraksi dilakukan dengan cara memanaskan sampel abu terbang yang telah direndam dalam larutan basa sampai suhu 90°C disertai dengan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm selama 90 menit (Pandiangan, 2008).

#### 3.4.6 Proses Presipitasi Silika

Tahap selanjutnya adalah mengendapkan silika yang terlarut dalam larutan basa. Hasil ekstraksi selanjutnya diendapkan, sampel disaring terlebih dahulu dengan menggunakan kertas saring *Whatman* No. 41, filtrat hasil penyaringan ditampung dalam gelas beaker sebanyak 50 mL. Proses pengendapan silika terlarut dilakukan dengan menambahkan dengan larutan HCl sedikit demi sedikit pada filtrat hasil ekstraksi sampai pH 7 (Kalapathy, 2000). Pengukuran pH larutan dilakukan dengan menggunakan pH meter.

Endapan yang didapat kemudian dicuci dengan akuades panas. Selanjutnya silika yang didapat dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Proses ekstraksi silika tersebut dilakukan secara triplo untuk hasil ekstraksi yang optimum.

#### 3.4.7 Karakterisasi Silika Hasil Ekstraksi

##### a. Analisa Kualitatif menggunakan Spektrofotometri FTIR

Silika yang dihasilkan pada proses ekstraksi selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan Spektrofotometri FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang

terdapat pada bubuk silika xerogel. Hasil analisis dengan menggunakan Spektrofotometri FTIR akan menunjukkan keberadaan ikatan-ikatan yang terdapat pada  $\text{SiO}_2$ , diantaranya ikatan Si-O, Si-O-Si dan Si-OH yang masing-masing mempunyai karakteristik sinyal berbeda-beda.

b. Analisa Kuantitatif dengan Metode Gravimetri

➤ Dehidrasi menggunakan HCl

Penguapan sampel: ditimbang 1 gram silika, ditambahkan 5 mL HCl 1:1 (v/v), kemudian diuapkan dalam wadah platina volume 200 mL di atas water bath, selama penguapan ditambahkan 15 mL HCl 1:1 (v/v). Dikeringkan pada oven suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 30 menit.

➤ Filtrasi Pertama

Setelah tahap dehidrasi menggunakan larutan HCl selesai, dilanjutkan dengan tahap filtrasi pertama, ditambahkan 5 mL HCl 1:1 (v/v), dipanaskan, dan ditambahkan 50 mL akuades panas. Ketika campuran panas, disaring dengan kertas saring ukuran medium. Cairan dituang selanjutnya wadah dicuci beserta residu dengan HCl panas 1:50 (v/v), selanjutnya dengan sedikit akuades sampai kloridanya hilang. Simpan semua hasil pencucian dan kertas saring serta residunya.

➤ Filtrasi Kedua

Selanjutnya filtrat dan hasil ditempatkan dalam wadah platina dan diuapkan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Ulangi langkah pada saat filtrasi pertama.

➤ Pembakaran

Selanjutnya dilakukan pembakaran, tempatkan dua kertas saring (satu jika terdehidrasi pada 4b) dan residu diletakkan pada wadah platina, lalu dikeringkan pada  $110^\circ\text{C}$ . Dibakar pada suhu  $900^\circ\text{C}$  untuk mendapatkan berat konstan. Dimasukkan ke dalam desikator sampai dingin, ditimbang. Prosedur tersebut diulangi hingga didapat berat konstan. Catat berat wadah dan isinya.

➤ Volatilisasi dengan HF

Tahap terakhir dilakukan volatilisasi menggunakan HF, dimasukkan sedikit akuades ke dalam residu, ditambahkan 4 tetes  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1 (v/v) diikuti dengan 10



mL HF 48%, selanjutnya diuapkan perlahan dalam *waterbath* atau hot plate. Wadah dibakar untuk berat konstan pada 900°C. Dicatat berat wadah dan isinya.

Penghitungan kadar SiO<sub>2</sub> dilakukan dengan mengurangi berat wadah dan isinya sebelum perlakuan HF dengan berat setelah perlakuan HF.

$$\%SiO_2 = \frac{A - B \times 100}{\text{Massa xerogel (gram)}}$$

Keterangan:

A : Massa sampel sebelum direaksikan dengan HF

B : Massa sampel setelah direaksikan dengan HF

(Greenberg *et al.*, 1992).

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Semakin besar konsentrasi ekstraktn yang digunakan, semakin tinggi kadar silika yang dihasilkan. Kadar silika yang dihasilkan dari ekstraksi sampel abu terbang menggunakan variasi konsentrasi 2, 3, 4, 5, dan 6 berturut-turut adalah 21,25%, 23,15%, 26,00%, 29,05%, dan 32,84%
2. Semakin kecil ukuran sampel abu terbang yang digunakan, semakin tinggi kadar silika yang dihasilkan. Kadar silika terbanyak dihasilkan dengan ekstraksi menggunakan konsentrasi ekstraktn sebesar 6 Molar dan ukuran partikel 200 mesh, yaitu sebesar 33,78%
3. Hasil karakterisasi dari xerogel dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR menunjukkan bahwa pada sampel xerogel terdapat gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang  $1082,51\text{ cm}^{-1}$  dan  $1076\text{ cm}^{-1}$

### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya bisa dilakukan dengan metode ekstraksi refluks untuk meminimalisir hilangnya jumlah ekstraktn yang hilang saat dipanaskan serta meningkatkan hasil ekstraksi silika. Metode *continous extraction* dapat dijadikan salah satu rujukan untuk ekstraksi silika pada abu terbang batubara dimana larutan yang digunakan pada proses ekstraksi dilewatkan pada sampel abu terbang untuk mengetahui pengaruh laju alir dan lama kontak larutan ekstraktn terhadap hasil massa silika yang didapatkan.

**Daftar Pustaka**

- Acosta, D. 2009. *Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dari Pembakaran Batubara pada PLTU Suralaya sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor*. <http://dafi017.blogspot.com/2009/03/pemanfaatanflyashabuterbangdari.html> [28 Juni 2013]. Dalam Retnosari, 2013.
- Affandi, S., Setyawan, H., Winardi, S., Purwanto, A., & Balgis, R. 2009. "A Facile Method for Production of High-purity Silica Xerogels from Bagasse Ash". *Advanced Powder Technology*. Vol 20 (1): 408-472.
- Anonim. 2002. *Material Safety Data Sheet*. Probolinggo: PT Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Paiton.
- Anonim. 2013. "PLTU Paiton Swasta Tahap II Probolinggo, Jawa Timur". *Laporan Monitoring Lingkungan No. 68: Status 28 Mei 2013*. Jakarta: Sprint Consultant.
- Bakri, R. 2008. "Kaolin sebagai Sumber SiO<sub>2</sub> untuk Pembuatan Katalis Ni/SiO<sub>2</sub>: Karakterisasi dan Uji Katalis pada Hidrogenasi Benzena menjadi Sikloheksana". *Jurnal Sains*. Vol. 12 (1): 37-42.
- Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analitik Kualitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Chatwal, G. 1985. *Spectroscopy Atomic and Molecule*. Bombay: Himalaya Publishing House.
- Christian, G. D. 1994. *Analytical Chemistry*. Toronto: John Wiley and Son.
- Cotton, F. A. & Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*, diterjemahkan oleh: Sunarto, S.. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Daifullah, A. A. M., Girgis, B. S., & Gad, H. M. H. 2003. "Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans". *Material Letter*. Vol. 57 (11): 1723-1731.
- Greenberg, A. E., Clescert, L., & Eaton, A. 1992. *Standard Methode for The Examination of Water and Wastewater, 18<sup>th</sup> Edition*. Washington: American Public Health Association.
- Handoyo, K. 1996. *Kimia Anorganik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Harborne, J. B. 1987. *Metode Fitokimia*. Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Iler, R. K., 1979. "Silica Gels and Powders". In: Iler, R. K. (Ed.), *The Chemistry of Silica*. Wiley, New York, pp. 462-599.
- Kalapathy, U., Proctor, A., and Schultz, J. 2000. "A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash". *Bioresource Technology*. Vol. 73 (1): 257-262.
- Kartika, S. E. 2010. *Modifikasi Limbah Fly Ash sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran Industri Batik di Surakarta*. Surakarta: Penerbit Universitas Sebelas Maret.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., & Wood, J. H. 1992. Ilmu Kimia Untuk Universitas Edisi keenam, Jilid 2, diterjemahkan oleh: Pudjaatmaka, A. H. Jakarta: Erlangga.
- Kirk, R. E., & Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology Third Edition, Vol 18*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kouassi, S. S., Tognonvi, M. T., Soro, J., & Rossignol, S. 2011. "Consolidation Mechanism of Materials Obtained from Silicate Solution and Silica-Based Aggregates". *Elsevier Journal of Crystalline Solid*. Vol. 357 (1) : 3013-3021.
- Kristianingrum, S., Siswani, E. D., dan Fillaeli, A. 2011. "Pengaruh Jenis Asam pada Sintesis Silika Gel dari Abu Bagasse dan Uji Sifat Adsorptifnya Terhadap Ion Logam Tembaga (II)". *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kurniati, E. 2009. *Ekstraksi Silika White Powder Dari Limbah Padat Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Dieng*. Surabaya: UPN Press.
- Lin, S., dan Casimir, C. 2001. "Recovery of Used Frying Oil with Adsorbent Combination: Refrying and Frequent Oil Replenishment". *Journal of Food Research International*. 34 (3): 159-166.
- Marcott, C. 1986. *Material Characterization Hand Book*. America: ASM International.
- Mardina, P., Agung M., G. F., dan Hanafie Sy., M. R. 2013. "Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH". *Konversi*. Vol. 2 (1) : 28-31.

- Marinda, P. 2008. *Abu Terbang Batubara sebagai Adsorben*. <http://majarimagazine.com/2008/06abu-terbang-batubara-sebagai-adsorben.html>. [5 Mei 2014].
- Masramdhani, A. 2011. *Silikon dioksida (Silicon dioxide)*. [serial online]. <http://adimasramdhani.wordpress.com/2011/03/13/silikon-dioksida-silicon-dioxide/>. [28 Juni 2013]. Dalam Retnosari, 2013.
- Muchsony, M. I. 1997. "Potensi Bioaktif Ekstrak Ranting Tumbuhan Betung (*Dysoxylum excelsum*) terhadap Mortalitas Larva Udang (*Artemia salina L*)". Skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Nasution, D. Y. 2006. "Pengaruh Ukuran Partikel dan Berat Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Sifat Kuat Sobek, Kekerasan dan Ketahanan Abrasi Kompon". *Jurnal Sains Kimia*. Vol. 10 (2) : 86-91.
- Pandiangan, Suka, Rilyanti, Widiarto, Anggraini, Arief, dan Jamarun. 2008. "Karakterisasi Keasaman Katalis Berbasis Silika Sekam Padi yang Diperoleh dengan Teknik Sol-Gel". Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008. Vol 3: 341-356.
- Prasad, R., & Pandey, M. 2012. "Rice Husk Ash as a Renewable Source for The Production of Value Added Silica Gel and its Application: An Overview". *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. Vol. 7 (1) : 1-25.
- Proctor, A., Clark, P. K., Parker, C. A. 1995. "Rice Hull Ash Adsorbent Performance Under Commercial Soy Oil Bleaching Conditions". *J. Am. Oil Chem. Soc.* Vol. 72 (4): 459-462.
- Retnosari, A. 2013. *Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO<sub>2</sub>) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Sarempa, A., & Isjudarto, Ag. 2014 "Optimasi Recovery Emas dan Perak dengan Sianidasi pada Deposit Bijih Emas Kadar Rendah di PT. Nusa Halmahera Minerals Daerah Gosowong Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara"
- Sembiring, S., dan Karo-karo, P. 2007. "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Termal dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi". *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 13 (3): 233-239.
- Sofyan, G. G. I., Alauhdin, M., dan Susatyo, E.B. 2013. "Sintesis dan Karakterisasi Bahan Keramik *Cordierite* dari Abu Sekam Padi". *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol. 2 (2): 96-101.

- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 1996. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suka, I. G., Simanjunta, W., Sembiring, S., dan Trisnawati, E. 2008. “Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi”. *MIPA*. Vol. 37 (1): 47-52.
- Sulistiyono, E., Sastrawiguna, S., dan Sajutin, D. 2004. *Kajian Proses Pembentukan Gel dan Pengendapan Silika*. Tangerang: Pusat Penelitian Metalurgi (P2M) – LIPI.
- Svehla, G. 1979. *Vogel's Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis, Fifth Edition*. London and Newyork: Longman.
- Svehla, G. 1996. *Vogel Qualitative Inorganic Analysis*. Singapore: Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.
- Thermo Nicolet. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. USA: Termo Nicolet Corp.
- Ubay, B. 2011. *Ekstraksi Padat-Cair*. [serial online]. <http://www.ekstraksi-padat-cair.com>. [28 Juni 2013]. Dalam Retnosari, 2013.
- Underwood, 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wardani, S. P. R. 2008. “Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan”. Pidato Pengukuhan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wibawa, I. 2012. *Ekstraksi Cair-Cair*. Lampung: Teknik Kimia Universitas Lampung.
- Wilson, Michael, Collin, and Edward. 2000. *Encyclopedia of Separation Science*. Academic Press.
- Wiyanti, D. N., dan Ediati, R. 2010. “Sintesis MCM-41 Menggunakan Sumber Silika dari Abu Layang Batubara PT. IPMOMI Paiton dengan Variasi Komposisi dan Waktu Hidrotermal”. Prosiding Skripsi Semester Ganjil 2009/2010. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

**LAMPIRAN****A. Lampiran Perhitungan****1. Pembuatan Larutan**

- a. Pembuatan Larutan HCl 3% (V/V)

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$\frac{37}{100} \times V_1 = \frac{3}{100} \times 1000\text{mL}$$

$$V_1 = \frac{\frac{3}{100} \times 1000\text{mL}}{\frac{37}{100}}$$

$$V_1 = \frac{3 \times 1000}{37} \text{mL}$$

$$V_1 = 81,081 \text{ mL} \approx 81,08 \text{ mL}$$

- b. Pembuatan Larutan NaOH 8 M 1000 mL

$$M = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$8 \text{ M} = \frac{\frac{\text{Massa}}{40 \text{ g/mol}}}{1\text{L}}$$

$$\text{Massa NaOH} = 8\text{M} \times 1\text{L} \times 40\text{g/mol}$$

$$\text{Massa NaOH} = 320 \text{ gram}$$

- c. Pembuatan Larutan HCl 2 M

**Molaritas HCl 37%**

$$M = \frac{1,19 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times \frac{37}{100} \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}}}{36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$M = 12,06 \text{ M}$$

Pengenceran HCl 37% menjadi HCl 2 M 500 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V \text{ HCl } 37\% \times M \text{ HCl } 37\% = 500 \text{ mL HCl } \times 2\text{M HCl}$$

$$V \text{ HCl } 37\% \times 12,06\text{M} = 500 \text{ mL HCl } \times 2\text{M HCl}$$

$$V \text{ HCl } 37\% = \frac{500 \text{ mL } \times 2\text{M HCl}}{12,06\text{M}}$$

$$V \text{ HCl } 37\% = 82,92\text{mL}$$

- d. Pembuatan Larutan Standart Asam Oksalat 0,5 M 250 mL

$$M = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$0,5 \text{ M} = \frac{\frac{\text{massa}}{126,07\text{g/mol}}}{0,25\text{L}}$$

$$\text{Massa Asam Oksalat} = 0,5\text{M} \times 0,25\text{L} \times 126,07\text{g/mol}$$

$$\text{Massa Asam Oksalat} = 15,76 \text{ gram}$$

- e. Pembuatan Larutan Standart Borax 0,05 M 250 mL

$$M = \frac{mol}{V}$$

$$0,05 M = \frac{\frac{massa}{381,37g/mol}}{0,25L}$$

$$Massa Borax = 0,05M \times 0,25L \times 381,37g/mol$$

$$Massa Borax = 4,8 gram$$

## 2. Standarisasi Larutan

- a. Standarisasi Larutan NaOH 8 M

No	Volume NaOH (mL)	Volume H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 0,5 M (mL)	Konsentrasi NaOH (M)
1.	3,2	25	7,81
2.	3,1	25	8,06
3.	3,3	25	7,58

Konsentrasi NaOH rata-rata adalah 7,82 M

$$M NaOH = \frac{V H_2C_2O_4 \times M H_2C_2O_4}{Volume NaOH}$$

- b. Standarisasi Larutan HCl 2 M

No	Volume Borax 0,05 M (mL)	Volume HCl (mL)	Konsentrasi HCl (M)
1.	50	2,5	2
2.	50	2,4	2,08
3.	50	2,4	2,08

Konsentrasi HCl rata-rata adalah 2,05 M

Perhitungan

Catatan : Konsentrasi Hasil Standarisasi HCL 2 M

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$N_1 \times 2,4 mL HCl = (2 \times 0,05M)N Borax \times V_2$$

$$N_1 = \frac{0,1N \times 50 mL}{2,4}$$

$$N_1 = 2,08N$$

$$2,08N HCl = 2,08M HCl$$



**B. Tabel Massa Xerogel Hasil Ekstraksi****1. Hasil Ekstraksi Silika dengan Variasi Konsentrasi**

## a. Konsentrasi 2 Molar

<b>Ulangan Ke-</b>	<b>Massa Xerogel (gram)</b>
1	1,679
2	1,646
3	1,713
<b>Rata-rata</b>	<b>1,679</b>

## b. Konsentrasi 3 Molar

<b>Ulangan Ke-</b>	<b>Massa Xerogel (gram)</b>
1	1,948
2	1,837
3	1,725
<b>Rata-rata</b>	<b>1,837</b>

## c. Konsentrasi 4 Molar

<b>Ulangan Ke-</b>	<b>Massa Xerogel (gram)</b>
1	2,139
2	2,197
3	2,459
<b>Rata-rata</b>	<b>2,265</b>

## d. Konsentrasi 5 Molar

<b>Ulangan Ke-</b>	<b>Massa Xerogel (gram)</b>
1	2,562
2	2,239
3	2,493
<b>Rata-rata</b>	<b>2,431</b>

## e. Konsentrasi 6 Molar

<b>Ulangan Ke-</b>	<b>Massa Xerogel (gram)</b>
1	2,783
2	2,404
3	2,692
<b>Rata-rata</b>	<b>2,626</b>

## 2. Hasil Ekstraksi Silika dengan Variasi Ukuran Partikel

### a. Konsentrasi 2 M

#### 1. Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,488
2	2,638
3	2,539
<b>Rata-rata</b>	<b>2,555</b>

#### 2. Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,674
2	2,736
3	2,773
<b>Rata-rata</b>	<b>2,728</b>

#### 3. Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	3,027
2	2,994
3	3,005
<b>Rata-rata</b>	<b>2,</b>

### b. Konsentrasi 3 M

#### 1. Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,346
2	2,493
3	2,535
<b>Rata-rata</b>	<b>2,458</b>

#### 2. Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,692
2	2,629
3	2,618
<b>Rata-rata</b>	<b>2,646</b>

#### 3. Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,849
2	2,917
3	2,974
<b>Rata-rata</b>	<b>2,913</b>

## c. Konsentrasi 4 M

## 1. Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,693
2	2,873
3	2,539
<b>Rata-rata</b>	<b>2,702</b>

## 2. Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,857
2	2,675
3	2,773
<b>Rata-rata</b>	<b>2,768</b>

## 3. Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	3,133
2	2,975
3	3,005
<b>Rata-rata</b>	<b>3,038</b>

## d. Konsentrasi 5 M

## 1. Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,729
2	2,928
3	2,683
<b>Rata-rata</b>	<b>2,780</b>

## 2. Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,927
2	2,628
3	2,827
<b>Rata-rata</b>	<b>2,794</b>

## 3. Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	3,284
2	3,024
3	3,005
<b>Rata-rata</b>	<b>3,104</b>

## e. Konsentrasi 6 M

## 1. Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,749
2	2,893
3	2,689
<b>Rata-rata</b>	<b>2,777</b>

## 2. Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	2,857
2	2,829
3	2,773
<b>Rata-rata</b>	<b>2,820</b>

## 3. Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (gram)
1	3,133
2	3,028
3	3,016
<b>Rata-rata</b>	<b>3,059</b>

## C. Tabel Massa Silika Hasil Gravimetri

## 1. Hasil Ekstraksi dengan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi	Massa Xerogel yang dihasilkan (g)	Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)	Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)	Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)	Massa Silika (SiO <sub>2</sub> ) (g)
<b>Ulangan 1</b>					
2	1,679	1,0002	0,4023	0,1922	0,2101
3	1,948	1,0001	0,3852	0,1472	0,2380
4	2,139	1,0000	0,5908	0,3224	0,2684
5	2,562	1,0008	0,4758	0,1934	0,2824
6	2,783	1,0003	0,4275	0,1094	0,3181
<b>Ulangan 2</b>					
2	1,646	1,0005	0,6037	0,3855	0,2182
3	1,837	1,0005	0,5965	0,3622	0,2343
4	2,197	1,0003	0,4859	0,2246	0,2613
5	2,239	1,0002	0,6443	0,3687	0,2756
6	2,404	1,0001	0,6452	0,3053	0,3399
<b>Ulangan 3</b>					
2	1,713	1,0007	0,4829	0,2734	0,2095
3	1,725	1,0003	0,3348	0,1123	0,2225

4	2,459	1,0006	0,4452	0,1946	0,2506
5	2,493	1,0002	0,5465	0,2325	0,3140
6	2,692	1,0001	0,5021	0,1749	0,3272

## 2. Hasil Ekstraksi dengan Variasi Ukuran Partikel

### • Konsentrasi 2 M

Ukuran Partikel (Mesh)	Massa Xerogel yang dihasilkan (g)	Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)	Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)	Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)	Massa Silika (SiO <sub>2</sub> ) (g)
<b>Ulangan 1</b>					
100	2,488	1,0002	0,5354	0,2485	0,2869
150	2,674	1,0002	0,4836	0,1893	0,2943
200	3,027	1,0005	0,4726	0,1532	0,3194
<b>Ulangan 2</b>					
100	2,638	1,0003	0,5256	0,2393	0,2863
150	2,736	1,0009	0,4839	0,1738	0,3101
200	2,994	1,0002	0,4627	0,1382	0,3245
<b>Ulangan 3</b>					
100	2,539	1,0006	0,5872	0,3114	0,2758
150	2,773	1,0004	0,5825	0,2984	0,2841
200	3,005	1,0008	0,5247	0,2072	0,3175

### • Konsentrasi 3 M

Ukuran Partikel (Mesh)	Massa Xerogel yang dihasilkan (g)	Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)	Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)	Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)	Massa Silika (SiO <sub>2</sub> ) (g)
<b>Ulangan 1</b>					
100	2,346	1,0002	0,5182	0,2485	0,2697
150	2,692	1,0002	0,4836	0,1893	0,2943
200	2,849	1,0005	0,4623	0,1535	0,3088
<b>Ulangan 2</b>					
100	2,493	1,0003	0,5148	0,2393	0,2755
150	2,629	1,0009	0,4462	0,1738	0,2724
200	2,917	1,0002	0,4389	0,1382	0,3007
<b>Ulangan 3</b>					
100	2,535	1,0006	0,5927	0,3116	0,2811

<b>150</b>	2,618	1,0004	0,5725	0,2984	0,2741
<b>200</b>	2,974	1,0008	0,5254	0,2072	0,3182

- Konsentrasi 4 M**

<b>Ukuran Partikel (Mesh)</b>	<b>Massa Xerogel yang dihasilkan (g)</b>	<b>Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)</b>	<b>Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)</b>	<b>Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)</b>	<b>Massa Silika (SiO<sub>2</sub>) (g)</b>
<b>Ulangan 1</b>					
<b>100</b>	2,693	1,0002	0,5393	0,2485	0,2908
<b>150</b>	2,857	1,0002	0,4903	0,1893	0,3010
<b>200</b>	3,133	1,0005	0,4835	0,1535	0,3300
<b>Ulangan 2</b>					
<b>100</b>	2,873	1,0003	0,5358	0,2393	0,2965
<b>150</b>	2,675	1,0009	0,4723	0,1738	0,2985
<b>200</b>	2,975	1,0002	0,4578	0,1382	0,3196
<b>Ulangan 3</b>					
<b>100</b>	2,539	1,0006	0,6039	0,3112	0,2927
<b>150</b>	2,773	1,0004	0,5968	0,2984	0,2984
<b>200</b>	3,005	1,0008	0,5438	0,2072	0,3366

- Konsentrasi 5 M**

<b>Ukuran Partikel (Mesh)</b>	<b>Massa Xerogel yang dihasilkan (g)</b>	<b>Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)</b>	<b>Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)</b>	<b>Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)</b>	<b>Massa Silika (SiO<sub>2</sub>) (g)</b>
<b>Ulangan 1</b>					
<b>100</b>	2,729	1,0002	0,5462	0,2485	0,2977
<b>150</b>	2,927	1,0002	0,5027	0,1893	0,3134
<b>200</b>	3,284	1,0005	0,4928	0,1534	0,3394
<b>Ulangan 2</b>					
<b>100</b>	2,928	1,0003	0,5452	0,2393	0,3059
<b>150</b>	2,628	1,0009	0,4917	0,1738	0,3179
<b>200</b>	3,024	1,0002	0,4729	0,1382	0,3347
<b>Ulangan 3</b>					
<b>100</b>	2,683	1,0006	0,6039	0,3118	0,2921
<b>150</b>	2,827	1,0004	0,5968	0,2984	0,2984
<b>200</b>	3,005	1,0008	0,5434	0,2072	0,3362

- **Konsentrasi 6 M**

Ukuran Partikel (Mesh)	Massa Xerogel yang dihasilkan (g)	Massa Xerogel untuk Gravimetri (g)	Massa Sebelum Direaksikan dengan HF (g)	Massa Setelah Direaksikan dengan HF (g)	Massa Silika (SiO <sub>2</sub> ) (g)
<b>Ulangan 1</b>					
100	2,749	1,0002	0,5332	0,2485	0,2847
150	2,857	1,0002	0,4873	0,1893	0,2980
200	3,133	1,0005	0,4963	0,1532	0,3431
<b>Ulangan 2</b>					
100	2,893	1,0003	0,5452	0,2393	0,3059
150	2,829	1,0009	0,4829	0,1738	0,3091
200	3,028	1,0002	0,4637	0,1382	0,3255
<b>Ulangan 3</b>					
100	2,689	1,0006	0,6172	0,3114	0,3058
150	2,773	1,0004	0,6183	0,2984	0,3199
200	3,016	1,0008	0,5523	0,2072	0,3451

#### D. Perhitungan Kadar Silika Hasil Ekstraksi

Rumus yang digunakan:

$$\text{Kadar SiO}_2 (\%) = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100$$

##### 1. Hasil Ekstraksi dengan Variasi Konsentrasi

- Konsentrasi 2 Molar

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2101	21,01
2	1,0005	0,2182	21,81
3	1,0007	0,2095	20,94
<b>Rata-rata</b>			<b>21,25</b>

$$\begin{aligned} \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2101}{1,0002} \times 100\% \\ &= 21,01\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2182}{1,0005} \times 100\% \\ &= 21,81\% \end{aligned}$$

$$\text{iii. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2095}{1,0007} \times 100\%$$

$$= 20,94\%$$

- Konsentrasi 3 Molar

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0001	0,2380	23,80
2	1,0005	0,2343	23,42
3	1,0003	0,2225	22,24
<b>Rata-rata</b>			<b>23,15</b>

$$\text{i. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2380}{1,0001} \times 100\%$$

$$= 23,80\%$$

$$\text{ii. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2343}{1,0005} \times 100\%$$

$$= 23,42\%$$

$$\text{iii. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2225}{1,0003} \times 100\%$$

$$= 22,24\%$$

- Konsentrasi 4 Molar

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0000	0,2684	26,84
2	1,0003	0,2613	26,12
3	1,0006	0,2506	25,05
<b>Rata-rata</b>			<b>26,00</b>

$$\text{i. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2684}{1,0000} \times 100\%$$

$$= 26,84\%$$

$$\text{ii. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2613}{1,0003} \times 100\%$$

$$= 26,12\%$$

$$\text{iii. Kadar SiO}_2 = \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2506}{1,0006} \times 100\%$$

$$= 25,05\%$$



- Konsentrasi 5 Molar

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0008	0,2824	28,22
2	1,0002	0,2756	27,55
3	1,0002	0,3140	31,39
<b>Rata-rata</b>			<b>29,05</b>

$$\begin{aligned} \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2824}{1,0008} \times 100\% \\ &= 28,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2756}{1,0002} \times 100\% \\ &= 27,55\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3140}{1,0002} \times 100\% \\ &= 31,39\% \end{aligned}$$

- Konsentrasi 6 Molar

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0003	0,3181	31,80
2	1,0001	0,3399	33,99
3	1,0001	0,3272	32,72
<b>Rata-rata</b>			<b>32,84</b>

$$\begin{aligned} \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3181}{1,0003} \times 100\% \\ &= 31,80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3399}{1,0001} \times 100\% \\ &= 33,99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3272}{1,0001} \times 100\% \\ &= 32,72\% \end{aligned}$$

## 2. Hasil Ekstraksi dengan Variasi Ukuran Partikel

### ➤ Konsentrasi 2 M

- Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2869	28,68
2	1,0003	0,2863	28,62
3	1,0006	0,2758	27,56
<b>Rata-rata</b>			<b>28,29</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2869}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 28,68\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2863}{1,0003} \times 100\% \\
 &= 28,62\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2758}{1,0006} \times 100\% \\
 &= 27,56\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2943	29,42
2	1,0009	0,3101	30,98
3	1,0004	0,2841	28,40
<b>Rata-rata</b>			<b>29,60</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2943}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 29,42\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3101}{1,0009} \times 100\% \\
 &= 30,98\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2841}{1,0004} \times 100\% \\
 &= 28,40\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0005	0,3194	31,92
2	1,0002	0,3245	32,44
3	1,0008	0,3175	31,72
<b>Rata-rata</b>			<b>32,03</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3294}{1,0005} \times 100\% \\
 &= 31,92\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3245}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 32,44\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3175}{1,0008} \times 100\% \\
 &= 31,72\%
 \end{aligned}$$

➤ **Konsentrasi 3 M**

- Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2697	26,96
2	1,0002	0,2755	27,54
3	1,0006	0,2811	28,09
<b>Rata-rata</b>			<b>27,53</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2697}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 26,96\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2755}{1,0003} \times 100\% \\
 &= 27,54\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2811}{1,0006} \times 100\% \\
 &= 28,09\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2943	29,42
2	1,0009	0,2724	27,22
3	1,0004	0,2741	27,39
<b>Rata-rata</b>			<b>28,01</b>

i. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,2943}{1,0002} \times 100\%$   
= 29,42%

ii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,2724}{1,0009} \times 100\%$   
= 27,22%

iii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,2741}{1,0004} \times 100\%$   
= 27,39%

- Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0005	0,3088	30,86
2	1,0002	0,3007	30,06
3	1,0008	0,3182	31,79
<b>Rata-rata</b>			<b>30,90</b>

i. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3088}{1,0005} \times 100\%$   
= 30,86%

ii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3007}{1,0002} \times 100\%$   
= 30,06%

iii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3182}{1,0008} \times 100\%$   
= 31,79%

➤ **Konsentrasi 4 M**

- Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2908	29,07
2	1,0003	0,2965	29,64
3	1,0006	0,2927	29,25
<b>Rata-rata</b>			<b>29,32</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2908}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 29,07\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2965}{1,0003} \times 100\% \\
 &= 29,64\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2927}{1,0006} \times 100\% \\
 &= 29,25\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,3010	30,09
2	1,0009	0,2985	29,82
3	1,0004	0,2984	29,83
<b>Rata-rata</b>			<b>29,91</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3010}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 30,09\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2985}{1,0009} \times 100\% \\
 &= 29,82\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2984}{1,0004} \times 100\% \\
 &= 29,83\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0005	0,3300	32,98
2	1,0002	0,3196	31,95
3	1,0008	0,3366	33,55
<b>Rata-rata</b>			<b>32,83</b>

$$\begin{aligned} \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3300}{1,0005} \times 100\% \\ &= 32,98\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3196}{1,0002} \times 100\% \\ &= 31,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3358}{1,0008} \times 100\% \\ &= 33,55\% \end{aligned}$$

➤ **Konsentrasi 5 M**

- Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2977	29,76
2	1,0002	0,3059	30,58
3	1,0006	0,2921	29,19
<b>Rata-rata</b>			<b>29,84</b>

$$\begin{aligned} \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2977}{1,0002} \times 100\% \\ &= 29,76\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,3059}{1,0002} \times 100\% \\ &= 30,58\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\ &= \frac{0,2921}{1,0006} \times 100\% \\ &= 29,19\% \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,3134	31,33
2	1,0009	0,3179	31,76
3	1,0004	0,2984	29,83
<b>Rata-rata</b>			<b>30,97</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3134}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 31,33\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3179}{1,0009} \times 100\% \\
 &= 31,76\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2984}{1,0004} \times 100\% \\
 &= 29,83\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0005	0,3394	33,92
2	1,0002	0,3347	33,46
3	1,0008	0,3362	33,59
<b>Rata-rata</b>			<b>33,65</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3394}{1,0005} \times 100\% \\
 &= 33,92\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3347}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 33,46\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3362}{1,0008} \times 100\% \\
 &= 33,59\%
 \end{aligned}$$

➤ **Konsentrasi 6 M**

- Ukuran Partikel 100 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2847	28,46
2	1,0003	0,3059	30,58
3	1,0006	0,3058	30,56
<b>Rata-rata</b>			<b>29,87</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2847}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 28,46\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3059}{1,0003} \times 100\% \\
 &= 30,58\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3058}{1,0006} \times 100\% \\
 &= 30,56\%
 \end{aligned}$$

- Ukuran Partikel 150 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0002	0,2980	29,79
2	1,0009	0,3091	30,88
3	1,0004	0,3199	31,98
<b>Rata-rata</b>			<b>30,88</b>

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,2980}{1,0002} \times 100\% \\
 &= 29,79\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3091}{1,0009} \times 100\% \\
 &= 30,88\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{iii. Kadar SiO}_2 &= \frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3199}{1,0004} \times 100\% \\
 &= 31,98\%
 \end{aligned}$$



- Ukuran Partikel 200 Mesh

Ulangan Ke-	Massa Xerogel (g)	Massa Silika (g)	Kadar Silika (%)
1	1,0005	0,3431	34,31
2	1,0002	0,3255	32,54
3	1,0008	0,3451	34,48
<b>Rata-rata</b>			<b>33,78</b>

i. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3431}{1,0005} \times 100\%$   
= 34,29%

ii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3255}{1,0002} \times 100\%$   
= 32,54%

iii. Kadar SiO<sub>2</sub> =  $\frac{\text{massa SiO}_2}{\text{massa Xerogel}} \times 100\%$   
=  $\frac{0,3451}{1,0008} \times 100\%$   
= 34,48%