



**SKRIPSI – TK 091383  
PEMURNIAN PASIR SILIKA  
DENGAN METODE SONIKASI**

MAGVIRAH JANUARTY  
NRP. 2312 106 016

YUYUN YUNIARTI  
NRP. 2312 106 017

Dosen Pembimbing:  
Dr. Ir. SUMARNO, M.Eng.  
NIP. 1964 06 08 1991 02 1001

PRIDA NOVARITA T., S.T., M.T.  
NIP. 2300 20 14 05 001

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



**FINAL PROJECT – TK 091383  
PURIFICATION OF SILICA SAND  
WITH SONICATION METHODE**

MAGVIRAH JANUARTY  
NRP. 2312 106 016

YUYUN YUNIARTI  
NRP. 2312 106 017

Advisor:  
Dr. Ir. SUMARNO, M.Eng.  
NIP. 1964 06 08 1991 02 1001

PRIDA NOVARITA T., S.T., M.T.  
NIP. 2300 20 14 05 001

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMURNIAN PASIR SILIKA DENGAN METODE SONIKASI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**MAGVIRAH JANUARTY**  
**YUYUN YUNIARTI**

**NRP. 2312 106 016**  
**NRP. 2312 106 017**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng. .... (Pembimbing I)
2. Prida Novarita T., S.T., M.T. .... (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan M.Eng. .... (Penguji I)
4. Ir. Nuniek Hendrianie, M.T. .... (Penguji II)
5. Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T. .... (Penguji III)

**Surabaya**  
**Januari, 2015**



## LEMBAR PERSETUJUAN

Laporan Skripsi dengan judul:

### **PEMURNIAN PASIR SILIKA DENGAN METODE SONIKASI**

Telah diperiksa dan disetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.

**NIP. 1964 06 08 1991 02 1001**

  
Prida Novarita T., S.T., M.T.

**NIP. 2300 20 14 05 001**

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Teknologi Material  
Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS

  
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.

**NIP. 1964 06 08 1991 02 1001**

Penyusun:

  
Magvirah Januaryty

**NRP. 2312 106 016**

  
Yuyun Yuniarti

**NRP. 2312 106 0017**

## PEMURNIAN PASIR SILIKA DENGAN METODE SONIKASI

Nama / NRP : 1. Magvirah January 2312106016  
2. Yuyun Yuniarti 2312106017  
Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.  
Prida Novarita T., S.T., M.T.

### ABSTRAK

Pasir silika atau pasir kuarsa adalah salah satu material alam yang melimpah di Indonesia. Di alam silika sulit didapatkan sebagai unsur dengan kemurnian tinggi karena memiliki afinitas tinggi terhadap oksida dan atom lainnya. Metode pemurnian silika dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu metode sonikasi dengan menggunakan bantuan leaching asam. Pada umumnya media leaching yang digunakan adalah asam kuat seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HF. Penggunaan asam kuat ini akan menghasilkan limbah yang memerlukan penanganan khusus sebagai limbah B3 (*waste water treatment*). Sehingga pada penelitian ini digunakan asam oksalat sebagai media leaching yang lebih ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mempelajari pengaruh sonikasi pada proses pemurnian pasir silika dan untuk menemukan konsentrasi asam dan waktu sonikasi untuk memperoleh pasir silika dengan kemurnian tinggi. Padatan pasir silika hasil sonikasi dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) sedangkan untuk larutan hasil sonikasi dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisa XRF menunjukkan bahwa kemurnian silika meningkat dari 97,75 % sampai 99,46% dengan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,07% dan kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,21%. Sedangkan hasil analisa SEM menunjukkan perubahan morfologi dari pasir silika setelah dilakukan proses sonikasi

dengan media leaching aquadest dan asam oksalat. Untuk analisa larutan hasil sonikasi dengan Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa adanya Fe yang terlarut pada media leaching baik media leaching dengan aquadest maupun asam oksalat. Diperoleh pasir silika dengan kemurnian tinggi pada media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi selama 120 menit.

***Kata Kunci: asam oksalat, leaching, pasir silika, pemurnian, sonikasi***

## **PURIFICATION OF SILICA SAND WITH SONICATION METHODE**

Name / NRP : 1. Magvirah January 2312106016  
2. Yuyun Yuniarti 2312106017  
Department : Chemical Engineering FTI-ITS  
Advisor : Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.  
Prida Novarita T., S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

Silica sand or quartz sand is one of the natural materials that abundant in Indonesia. In nature, silica difficult obtained as an element with high purity because it has a high affinity with oxide and other atoms. Purification method of silica can be done in several ways, one of which is a method of sonication assisted acid leaching. In general, leaching medium used a strong acid such as HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and HF. The use of strong acids will produce waste that required particular treatment as B3 waste (waste water treatment). So in this study use oxalic acid as a medium of leaching which is more environmentally. The study have purpose to study effect of sonication on silica sand purification and to find the concentration of acid and sonication processing time to obtain high purity silica sand. Solids sample from sonication process were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Fluorescence (XRF) at the same time liquid sample from sonication process was analyzed by using UV-Vis spectrophotometer. XRF analysis showed the purity silica increased from 97.75% to 99.46% with

0.07%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and 0.21%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content. While the results of SEM analysis showed morphological changes of silica sand after sonication process with leaching medium both of aquadest and oxalic acid. For analysis liquid sample of sonication analyzed by UV-Vis spectrophotometer showed the presence of dissolved Fe in leaching medium both of aquadest and oxalic acid. Obtained high purity silica sand with leaching medium concentration of oxalic acid is 1.5 g/L at the time of sonication 120 minutes.

**Keywords: leaching, oxalic acid, purification, silica sand, sonication**

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT penulis akhirnya dapat menyelesaikan dengan baik penyusunan Laporan Proposal Skripsi dengan judul:

### **PEMURNIAN PASIR SILIKA DENGAN METODE SONIKASI**

Laporan Proposal Skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya. Selama penyusunan proposal ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS
2. Setiyo Gunawan, S.T., PhD selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS dan selaku Koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI –ITS.
3. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng. selaku Kepala Laboratorium Teknologi Material dan selaku dosen pembimbing kami atas segala waktu serta saran untuk membimbing kami dalam penyusunan Laporan Proposal Skripsi.
4. Prida Novarita T., S.T., M.T. yang telah berkontribusi atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
5. Bapak dan Ibu yang menjadi inspirator sekaligus motivator dan selalu setia mendampingi dan memberikan dukungan moril.
6. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Kimia FTI – ITS atas semua jasa serta bimbingan selama kami kuliah.
7. Rekan-rekan Lintas Jalur Genap 2012 dan rekan – rekan “*polimer crew*” yang telah memberikan motivasi kepada punyusun dan kebersamaannya.

8. Seluruh pihak yang terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung kami baik dari segi moril maupun materil.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak. Dan akhirnya kami selaku penyusun mohon maaf kepada semua pihak, apabila dalam penyusunan laporan ini terdapat kesalahan. Kami berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Perumusan Masalah .....	4
I.3 Tujuan Penelitian .....	5
I.4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Pasir Silika .....	7
II.1.1 Sifat Fisika Pasir Silika .....	8
II.1.2 Kegunaan Pasir Silika .....	9
II.2 Asam Oksalat .....	10
II.2.1 Sifat Kimia dan Fisika Asam Oksalat ...	10
II.2.2 Kegunaan Asam Oksalat .....	11
II.3 Sonikasi .....	13
II.3.1 Jenis-jenis Sonikasi .....	15
II.3.2 <i>Acoustic Cavitation</i> .....	17
II.3.3 Jenis Sistem Proses Sonikasi .....	18
II.4 Ekstraksi .....	20
II.4.1 Ekstraksi Cair-Cair .....	21
II.4.2 Ekstraksi Padat-Cair (Leaching) .....	22
II.5 Sonikasi <i>Assisted Leaching</i> Asam .....	24
II.6 Parameter yang Mempengaruhi Sonikasi <i>Assisted Leaching</i> Asam .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
III.1 Bahan Penelitian .....	29
III.2 Peralatan Penelitian .....	30

III.3 Variabel Penelitian .....	31
III.4 Prosedur Penelitian .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Karakterisasi Pasir Silika .....	37
IV.2 Proses Sonikasi .....	39
IV.3 Analisa Hasil Sonikasi .....	40
IV.3.1 Analisa <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .	40
IV.3.2 Analisa <i>Scanning Electron</i> <i>Microscopy</i> (SEM) .....	45
IV.3.3 Analisa Spektrofotometer UV-Vis.....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
V.1 Kesimpulan .....	51
V.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvii</b>
<b>APPENDIKS</b>	

## DAFTAR GAMBAR

### BAB II

Gambar II.1 Bentuk Pasir Silika .....	7
Gambar II.2 Rumus bangun Asam Oksalat .....	11
Gambar II.3 Gambar dari Direct Sinication .....	16
Gambar II.4 Alat untuk Indirect Sonication .....	16
Gambar II.5 Generasi gelembung akustik .....	17
Gambar II.6 Kavitasi akustik dalam cairan homogen .....	19
Gambar II.7 Kavitasi pecahnya gelembung pada atau dekat padatan pada sistem heterogen .....	20
Gambar II.8 Mekanisme leaching (A) tanpa sonikasi (B) dengan sonikasi .....	25
Gambar II.9 Mekanisme proses sonikasi dan leaching asam .....	26

### BAB III

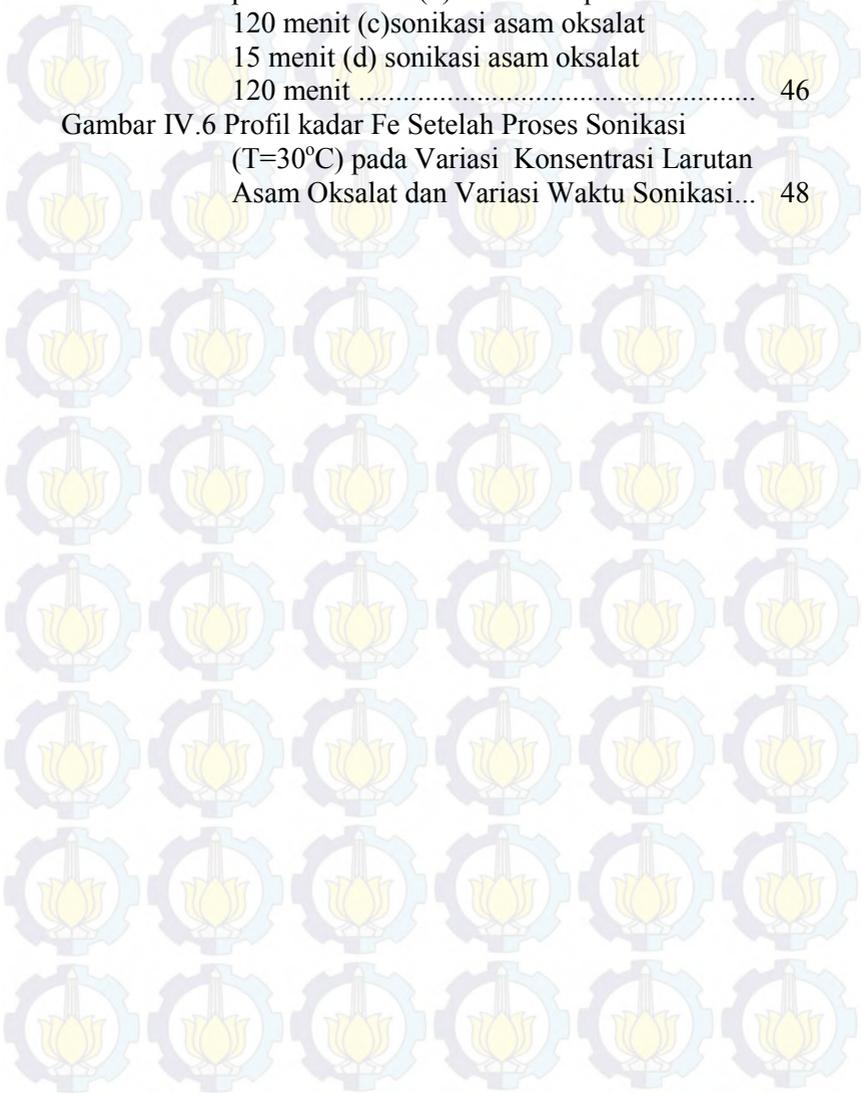
Gambar III.1 Skema peralatan proses sonikasi pada pengayaan pasir silika .....	30
---	----

### BAB IV

Gambar IV.1 Ilustrasi matriks pasir silika .....	39
Gambar IV.2 Profil SiO <sub>2</sub> setelah proses sonikasi (T=30°C) pada variasi konsentrasi larutan asam oksalat dan variasi waktu sonikasi .....	41
Gambar IV.3 Profil Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> setelah proses sonikasi (T=30°C) pada variasi konsentrasi larutan asam oksalat dan variasi waktu sonikasi .....	43
Gambar IV.4 Profil Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> setelah proses sonikasi (T=30°C) pada variasi konsentrasi larutan asam oksalat dan variasi waktu sonikasi .....	44

Gambar IV.5 Morfologi pasir silika (a) sebelum proses sonikasi (b) sonikasi aquadest 120 menit (c)sonikasi asam oksalat 15 menit (d) sonikasi asam oksalat 120 menit ..... 46

Gambar IV.6 Profil kadar Fe Setelah Proses Sonikasi ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi... 48



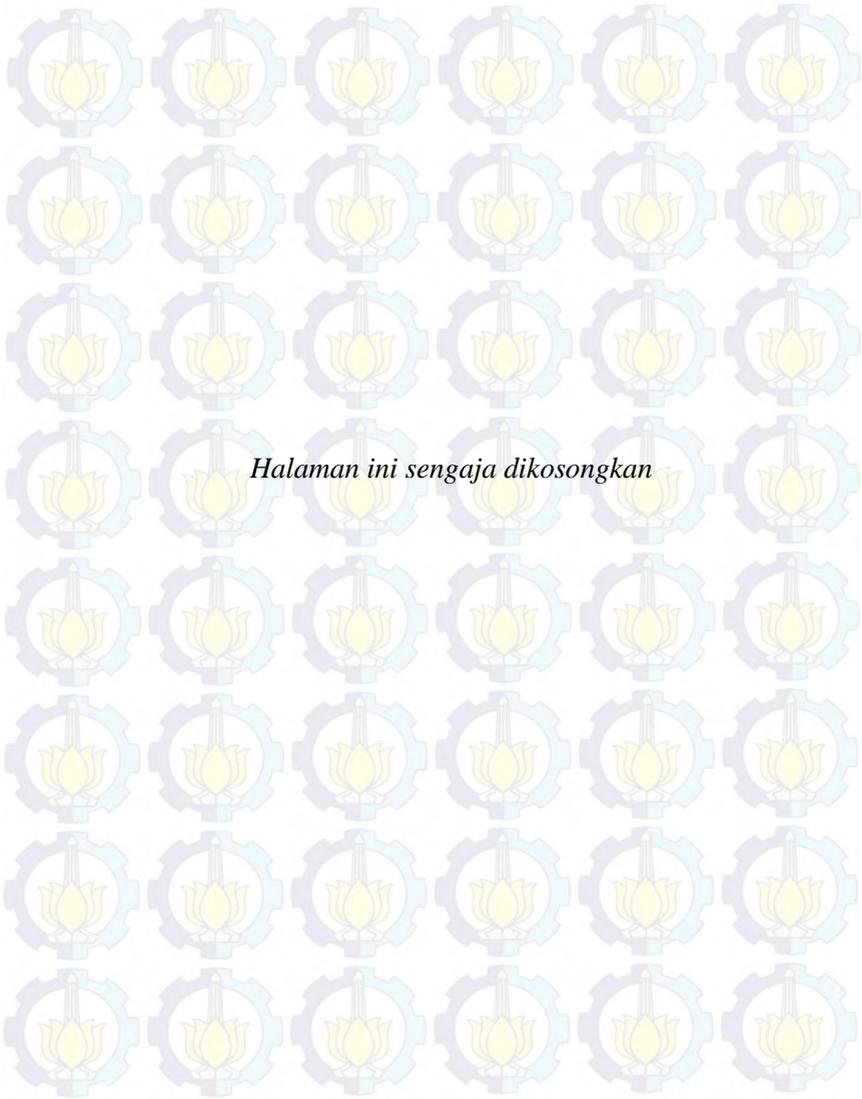
## DAFTAR TABEL

### BAB II

Tabel II.1 Komposisi kimia secara umum pasir kuarsa di Indonesia .....	8
Tabel II.2 Sifat fisis pasir kuarsa .....	9
Tabel II.3 Sifat kimia dari Asam Oksalat .....	11

### BAB IV

Tabel IV.1 Hasil Analisa XRF pasir silika sebelum dicuci .	38
Tabel IV.2 Hasil Analisa XRF pasir silika setelah dicuci ...	38



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pasir silika atau pasir kuarsa adalah salah satu material alam yang melimpah di Indonesia. Pasir silika dapat ditemukan di beberapa daerah Indonesia khususnya daerah Jawa (daerah Tuban dan Rembang), Sumatera (daerah Bangka Belitung), dan Kalimantan (daerah Palangkaraya). Pada tahun 2010 tercatat bahwa total sumber daya pasir silika sebesar 18 miliar ton. Permintaan pasir silika dengan kadar kemurnian yang tinggi untuk pemenuhan kebutuhan industri sangat tinggi. Pasir silika juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Di dunia perindustrian pemakaian pasir silika saat ini cukup pesat, seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain (Byantech, 2011).

Pasir silika mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Sifat-sifat fisik pasir silika, antara lain: warna putih bening atau warna lain tergantung kepada senyawa pengotornya misalnya warna kuning mengandung Fe oksida, warna merah mengandung Cu oksida (Fhendy, 2011).

Fungsi pasir silika sangat beraneka ragam, antara lain sebagai berikut:

- Sebagai bahan utama industri berbentuk silika tepung/silika flour yaitu untuk industri gelas/kaca ( $\text{SiO}_2 > 98\%$ ).
- Industri semen ( $\text{SiO}_2$  sebanyak 21,3%)
- Industri tegel/keramik (pembentuk sifat licin/mudah dibersihkan)
- Industri pembuatan ferrosilikon dan silikon carbida.
- Industri mikrochip/komponen elektronika (ukuran nano silika) (Byantech, 2011).

Di alam, silika sulit didapatkan sebagai unsur dengan kemurnian tinggi, karena memiliki afinitas tinggi terhadap oksida dan atom lain dengan elektronegativitas tinggi. Secara kimia, ikatan antara oksigen dengan silikon bersifat 50% kovalen dan 50% ionik, sehingga membentuk ikatan yang kuat (White, 2005). Kandungan pengotor yang terdapat didalam pasir silika dapat mempengaruhi kualitas pasir silika dan produk berbahan baku pasir silika seperti merusak transmisi dari fiber optik dan transparansi pada industri kaca, menghitamkan produk keramik dan menurunkan titik leleh dari material refraktori. Sehingga dalam penggunaannya pasir silika perlu dimurnikan terlebih dahulu.

Proses pemurnian silika dapat dilakukan dengan metode kimia, fisika, biologi, atau gabungan antara ketiga metode tersebut. Pemilihan metode pemurnian yang tepat didasarkan pada bentuk dan distribusi mineralogi pengotor didalam biji partikel silika. Pengotor yang melapisi permukaan silika dapat dibersihkan secara fisik dengan *mechanical scrubbing* atau *magnetic separation* tetapi tidak efektif. Selain itu juga proses pemurnian silika dapat dilakukan dengan proses leaching asam, dimana proses ini menggunakan asam organik dan asam anorganik (Ming Tsai, dkk., 2012). Proses pemurnian silika juga dapat dilakukan dengan metode leaching dengan treatment sonikasi. Sonikasi pada proses pemurnian silika digunakan sebagai energi untuk mempercepat proses leaching (Garcia & Castro, 2003).

Veglio, dkk. (1999) melakukan penghilangan besi untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian tinggi yang menggunakan asam oksalat sebagai media leaching. Dalam proses leaching ukuran partikel sampel akan mempengaruhi *yield*. Oleh karena itu dilakukan variasi waktu grinding sampel, sehingga dihasilkan ukuran partikel yang berbeda. Pemurnian pasir silika dilakukan dalam reaktor berpengaduk pada suhu operasi sebesar 80°C dan konsentrasi asam oksalat 3 g/L. Diperoleh ukuran partikel sebesar 20µm adalah ukuran yang

optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi setelah proses leaching selama 3 jam dengan yield besi yang terekstrak sebesar 85-98%.

Swamy & Narayan (2001) melakukan pemurnian bijih logam dengan proses sonikasi. Proses sonikasi ini dapat mempercepat waktu leaching dan menurunkan penggunaan reaktan. Pengaruh dari sonikasi yaitu terbentuknya gelembung kavitasi yang merusak serta menghancurkan bijih logam secara cepat, sehingga akan mereduksi ukuran partikel dari bijih logam. Pengaruh dari sonikasi juga dapat mempermudah media leaching untuk mengekstrak impuritis, sehingga dihasilkan bijih logam dengan kemurnian tinggi.

Zhang Jian, dkk. (2009) melakukan optimalisasi leaching asam menggunakan metode sonikasi untuk proses pemurnian silika. Digunakan HCl sebagai media leaching. Proses leaching dengan sonikasi menyebabkan terjadinya interaksi mekanik antara gelombang suara dengan cairan, sehingga memunculkan fenomena kavitasi. Namun penggunaan HCl sebagai media leaching membentuk silicon tetrachloride ( $\text{SiCl}_4$ ) yang tidak dapat dihilangkan secara cepat, sehingga menyebabkan rate dari leaching akan menurun. Selain itu juga penggunaan asam kuat memerlukan *treatment* lebih lanjut untuk menangani limbah asam yang dihasilkan.

Feihu, dkk. (2010) melakukan pemurnian pasir silika dengan menggunakan sonikasi yang dibantu dengan asam oksalat. Pada percobaan ini terjadi peningkatan penghilangan besi dari pasir silika. Proses pemurnian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu dari sonikasi dan konsentrasi asam yang digunakan. Suhu dari sonikasi berpengaruh pada pada rate leaching, semakin tinggi suhu maka rate leaching semakin maksimal. Selain itu proses pemurnian silika ini dipengaruhi oleh konsentrasi asam oksalat yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi asam oksalat yang digunakan maka rate leaching semakin cepat. Kondisi optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi pada percobaan ini diperoleh pada suhu

95°C dengan konsentrasi 4 g/L, dimana pada kondisi tersebut rate leaching meningkat dan proses penghilangan impuritis dari pasir silika mencapai kondisi yang optimum.

Dari uraian di atas proses pemurnian silika dengan metode yang ramah lingkungan yaitu dilakukan proses sonikasi dengan menggunakan asam. Proses sonikasi ini akan mempercepat rate dari leaching, selain itu juga akan menurunkan penggunaan dari reaktan yang digunakan. Dengan metode diatas, maka proses pemurnian silika dengan sonikasi dan penggunaan asam sebagai media leaching perlu dipelajari lebih lanjut.

## **I.2 Perumusan Masalah**

Pemurnian silika untuk mendapatkan silika dengan kemurnian tinggi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya yaitu metode sonikasi dengan menggunakan asam sebagai media leaching. Dengan sonikasi rate leaching menjadi semakin cepat. Berdasarkan penelitian Feihu, dkk. (2010) membuktikan bahwa metode sonikasi lebih efisien dalam proses pemurnian silika. Hal ini dipengaruhi adanya peristiwa pecahnya *bubble* kavitasi yang diakibatkan karena pengaruh dari gelombang suara yang dihasilkan, dimana *bubble* tersebut berkembang pada siklus tertentu serta mengalami proses *compression* dan *rarefaction* yang berlangsung secara terus menerus, dan pada saat tertentu *bubble* tersebut mencapai keadaan yang tidak stabil karena tekanan yang terus menerus bertambah. Pecahnya *bubble* kavitasi ini bertindak sebagai lokal "hotspot". Kemudian *bubble* kavitasi tersebut membentuk *microjet* yang menghasilkan tumbukan dengan permukaan padatan. Terjadinya peristiwa tersebut yang dapat mempercepat rate leaching dalam proses pemurnian silika. Asam yang digunakan sebagai media leaching yaitu asam oksalat, dimana asam akan melarutkan impuritis dari pasir silika. Selain itu juga asam oksalat merupakan asam anorganik yang baik karena kekuatan asamnya memiliki karakteristik kompleks yang baik dan

kekuatan untuk untuk mereduksi yang tinggi, bila dibandingkan dengan asam organik lainnya. Pada penelitian ini menggunakan *direct sonication* dengan sistem heterogen, yaitu energi dialirkan langsung ke dalam sistem heterogen yang terdiri dari asam oksalat dan pasir silika yang tidak saling larut. Oleh karena itu proses pemurnian pasir silika untuk mendapatkan kemurnian yang tinggi dengan metode sonikasi dan penggunaan asam oksalat sebagai media leaching perlu dipelajari lebih lanjut.

### **I.3 Tujuan Penelitian**

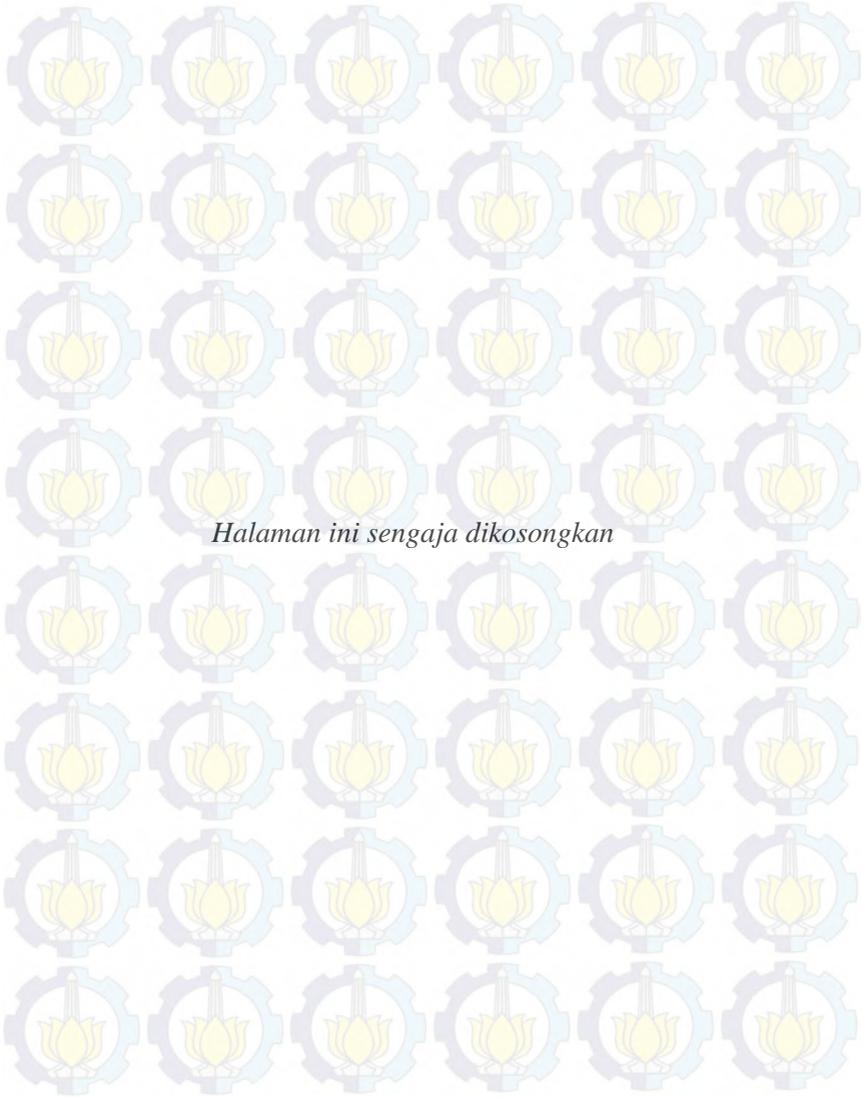
Tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mempelajari pengaruh sonikasi pada proses pemurnian pasir silika untuk memperoleh pasir silika dengan kemurnian tinggi dan kandungan impuritis sekecil mungkin.
2. Menemukan konsentrasi asam oksalat dan waktu sonikasi untuk memperoleh pasir silika dengan kemurnian tinggi dan kandungan impuritis sekecil mungkin.

### **I.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan pasir silika dengan kemurnian tinggi.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode sonikasi dengan bantuan leaching asam untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian yang tinggi.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Pasir Silika

Pasir Silika atau pasir kuarsa (*silica sand*) adalah salah satu material tambang dan merupakan varietas pasir tambang yang paling umum ditemukan. Di dunia perindustrian, pemakaian pasir silika cukup pesat, baik langsung sebagai bahan baku industri maupun bahan pelengkap. Biasanya bentuk silika yang tersedia di alam bebas berikatan dengan oksigen (sebagai oksida) contohnya saja silika oksida yang terdapat pada pasir kuarsa, batuan kuarsit. Pasir silika tersebut banyak terdapat di beberapa daerah di Indonesia khususnya di Jawa (daerah Tuban dan Rembang), di Sumatra (daerah Bangka Belitung), dan di Kalimantan (daerah Palangkaraya).



Gambar II.1 Bentuk dari pasir silika

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih

yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldstar. Pada umumnya senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan hasil hewan dan tumbuhan. Secara umum pasir kuarsa di Indonesia mempunyai komposisi kimia seperti yang ditampilkan pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Komposisi kimia secara umum pasir kuarsa di Indonesia

Komponen	Kandungan (%)
SiO <sub>2</sub>	55,30 – 99,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01 – 9,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01 – 19,00
TiO <sub>2</sub>	0,01 – 0,49
CaO	0,01 – 3,24
MgO	0,01 – 0,26
K <sub>2</sub> O	0,01 - 1,00

( sumber : Fhendy, 2011)

### II.1.1 Sifat Fisik Pasir Silika

Silika biasanya diperoleh melalui proses penambangan, dimulai dari menambang pasir kuarsa sebagai bahan baku. Pasir kuarsa tersebut kemudian dilakukan proses pencucian untuk membuang kotoran yang kemudian dipisahkan dan dikeringkan kembali sehingga diperoleh pasir dengan kadar SiO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari sebelumnya (Horizon, 2011). Sifat-sifat fisik pasir mineral silika dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II.2 Sifat fisis pasir kuarsa

Warna	Putih atau warna lain tergantung senyawa pengotornya, misalnya warna kekuningan untuk yang mengandung Fe
Kekerasan	7 (skala mohs)
Berat Jenis	2,65
Titik lebur	1715°C
Bentuk kristal	Hexagonal
Panas spesifik	0,185
Panas konduktifitas	12-100°C

(sumber: profil bahan Galian Golongan C untuk bahan baku Industri )

Ada beberapa kriteria yang menjadi pertimbangan pelaku industri dalam hal pemakaian *pasir silika*, kriteria ini meliputi :

1. Kadar SiO<sub>2</sub> (Silikat)
2. Ukuran yang seragam
3. Warna

Namun, pertimbangan yang paling utama yang utama sebenarnya adalah kadar *silikat* dan ukuran yang seragam. Sedangkan factor warna (putih, abu-abu, kuning, coklat) hanyalah persoalan estetika atau selera saja karena faktor warna pada *pasir silika* tidak memberikan pengaruh apapun terhadap kualitas kadarnya.

### II.1.2 Kegunaan pasir silika

Pasir silika dimanfaatkan dalam berbagai industri, diantaranya:

1. Pasir silika untuk sand blasting. Sand blasting adalah teknik membersihkan kerak / karat di mesin / logam dengan semprotan pasir silika tekanan tinggi. biasanya ukuran mesh 8×30 yang dipakai di sana. ada beberapa industri yang rutin membutuhkan pasir silika.

2. Sebagai bahan tambahan pada industri genteng metal/logam agar meredam suara hujan
3. Sebagai bahan baku semen / mortar / ready mix.
4. Sebagai bahan baku pabrik keramik.
5. Pada pengolahan air untuk penjernihan dengan menyerap lumpur, tanah, dan sedimen.
6. Pada industri bahan abrasif yaitu amplas / sand blasting.
7. Sebagai bahan utama industri berbentuk silika tepung/silika flour yaitu untuk industri gelas/kaca ( $\text{SiO}_2 > 98\%$ ), industri semen ( $\text{SiO}_2$  sebanyak 21,3%), industri tegel/keramik (pembentuk sifat licin/mudah dibersihkan), industri pembuatan ferosilikon dan silikon carbida, dan industri mikrochip/komponen elektronika (ukuran nano silika)
8. Bahan tambahan/campuran dalam industri cor/precast (ukuran mikro silika), perminyakan/pertambangan, bata tahan api (refraktori).
9. Bahan campuran sebagai bahan pengeras pada industri karet/ban /cat (ukuran nano silika).

## **II.2 Asam Oksalat**

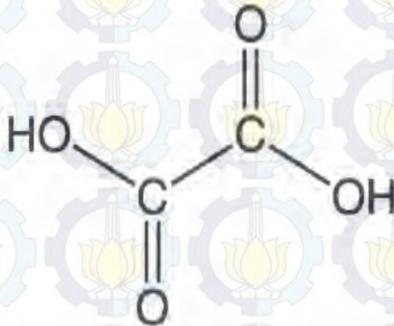
Asam oksalat adalah senyawa kimia yang memiliki rumus  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  dengan nama sistematis asam etanadioat. Asam dikarboksilat paling sederhana ini biasa digambarkan dengan rumus  $\text{HOOC-COOH}$ . Asam oksalat merupakan asam organik yang relatif kuat, 10.000 kali lebih kuat daripada asam asetat. Di-anionnya, dikenal sebagai oksalat, juga agen pereduksi. Banyak ion logam yang membentuk endapan tak larut dengan asam oksalat, contoh terbaik adalah kalsium oksalat ( $\text{CaOOC-COOCa}$ ), penyusun utama jenis batu ginjal yang sering ditemukan.

### **II.2.1 Sifat Kimia dan Fisika Asam Oksalat**

1. Berikut ini merupakan sifat kimia dari Asam oksalat yang ditampilkan pada Tabel II.3. Rumus bangun asam oksalat dapat dilihat pada Gambar II.2.

Tabel II.3 Sifat kimia dari Asam Oksalat

Rumus kimia	$C_2H_2O_4$
Massa Molar	90,03 g/mol
Warna dan bentuk	Kristal, putih
Densitas	1,90 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	-
Kelarutan dalam air	90 g pada 20%



Gambar II.2 Rumus bangun Asam Oksalat

(sumber: wikipedia.org)

## 2. Sifat – sifat umum Asam Oksalat

Asam oksalat dalam keadaan murni berupa senyawa kristal, larut dalam air dan larut dalam alkohol. Asam oksalat membentuk garam netral dengan logam alkali (NaK), sementara itu dengan logam dari alkali tanah termasuk Mg atau dengan logam berat mempunyai kelarutan yang sangat kecil dalam air. Jadi kalsium oksalat secara praktis tidak larut dalam air. Berdasarkan sifat tersebut asam oksalat digunakan untuk menentukan jumlah kalsium. Asam oksalat ini terionisasi dalam media asam kuat.

### II.2.2 Kegunaan Asam Oksalat

#### 1. Metal Treatment

Asam oksalat digunakan pada industri logam untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada

permukaan logam yang akan di cat. Hal ini dilakukan karena kotoran tersebut dapat menimbulkan korosi pada permukaan logam setelah proses pengecatan selesai dilakukan.

## 2. Oxalate Coatings

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dapat digunakan untuk melapisi logam stainless steel, nickel alloy, kromium dan titanium. Sedangkan lapisan lain seperti phosphate tidak dapat bertahan lama apabila dibandingkan dengan menggunakan pelapisan oksalat.

## 3. Anodizing

Proses pengembangan asam oksalat dikembangkan di Jepang dan dikenal lebih jauh di Jerman. Pelapisan asam oksalat menghasilkan tebal lebih dari 60  $\mu\text{m}$  dapat diperoleh tanpa menggunakan teknik khusus. Pelapisannya bersifat keras, abrasi dan tahan terhadap korosi dan cukup atraktif warnanya sehingga tidak diperlukan pewarnaan. Tetapi bagaimanapun juga proses asam oksalat lebih mahal apabila dengan dibandingkan dengan proses asam sulfat.

## 4. Metal Cleaning

Asam oksalat adalah senyawa pembersih yang digunakan untuk automotiveradiator, boiler, "railroad cars" dan kontaminan radioaktif untuk plant reaktor pada proses pembakaran. Dalam membersihkan logam besi dan non besi asam oksalat menghasilkan kontrol pH sebagai indikator yang baik. Banyak industri yang mengaplikasikan cara ini berdasarkan sifatnya dan keasamannya.

## 5. Textiles

Asam oksalat banyak digunakan untuk membersihkan tenun dan zat warna. Dalam pencucian, asam oksalat digunakan sebagai zat asam, kunci penetralan alkali dan melarutkan besi pada pewarnaan tenun pada suhu pencucian, selain itu juga asam oksalat juga digunakan untuk membunuh bakteri yang ada didalam kain.

## 6. Dyeing

Asam oksalat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan

wool. Asam oksalat sebagai agen pengatur mordan kromium florida. Mordan yang terdiri dari 4kromium florida dan 2% berat asam oksalat. Wool di didihkan dalam waktu 1 jam. Kromic oksida pada wool diangkat dari pewarnaan. Ammonium oksalat juga digunakan sebagai pencetakan Vigoreus pada wool, dan juga terdiri dari mordan (zat kimia) pewarna (Fessenden & Fessenden, 1982).

Asam oksalat anhidrat ada sebagai dua polimorf, disalah satu hydrogen ikatan. Hasil dalam struktur seperti rantai sedang pola ikatan hydrogen dalam bentuk lain mendefinisikan struktur lembaran. Karena bahan anhidrat bersifat asam dan hidrofilik digunakan dalam esterifikasi (Gusnidar, 2008). Rumus bangun asam oksalat dapat dilihat pada Gambar II.2.

### **II.3 Sonikasi**

Sonikasi adalah proses mengubah sinyal listrik menjadi getaran fisik yang dapat diarahkan untuk suatu bahan dengan menggunakan alat yang bernama sonikator. Sonikasi ini biasanya dilakukan untuk memecah senyawa atau sel untuk pemeriksaan lebih lanjut. Getaran ini memiliki efek yang sangat kuat pada larutan, menyebabkan pecahnya molekul dan putusnya sel. Sebuah contoh utama adalah dalam pengujian DNA, di mana sel-sel yang berisi informasi DNA dikenai sonikasi untuk memisahkan dan melepaskan protein DNA sehingga dapat diuji.

Bagian utama dari perangkat sonikasi adalah generator listrik ultrasonik. Perangkat ini membuat sinyal (biasanya sekitar 20 kHz) yang berkekuatan ke transduser. Transduser ini mengubah sinyal listrik dengan menggunakan kristal piezoelektrik, atau kristal yang merespon langsung ke listrik dengan menciptakan getaran mekanis dan kemudian dikeluarkan melewati *probe*. *Probe* sonikasi mengirimkan getaran ke larutan yang disonikasi. *Probe* ini akan bergerak seiring dengan getaran dan mentransmisikan ke dalam larutan. *Probe* bergerak naik dan turun pada tingkat kecepatan yang tinggi, meskipun amplitudo dapat

dikontrol dan dipilih berdasarkan kualitas larutan yang disonikasi. Gerakan cepat probe menimbulkan efek yang disebut kavitasi. Kavitasi terjadi ketika getaran membuat serangkaian gelembung mikroskopis dalam larutan, jarak dari kantong yang berada diantara molekul yang terbentuk dan kemudian jatuh dibawah berat dari larutan, mengirimkan gelombang listrik kecil ke dalam substansi sekitarnya. Ribuan gelembung ini terbentuk dan jatuh terus menerus membentuk siklus gelombang dengan getaran yang kuat ke dalam larutan dan memecahkan bagian sel didalam larutan. (Tyler Lacoma, eHow Contributor)

Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kHz. Hanya beberapa hewan, seperti lumba-lumba menggunakannya untuk komunikasi, sedangkan kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik).

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap. Frekuensi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonik pada aplikasi elektronik dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa yang diinduksikan oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan (efek piezoelektrik). Kadang gelombang ultrasonik menjadi tidak periodik yang disebut derau (noise), dimana dapat dinyatakan sebagai superposisi gelombang-gelombang periodik, tetapi banyaknya komponen adalah sangat besar. Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Jarak suatu benda yang memanfaatkan *delay* gelombang pantul dan gelombang datang seperti pada sistem radar dan deteksi gerakan oleh sensor pada robot atau hewan.(wikipedia.org)

Dalam hal kinetika kimia, ultrasonik dapat meningkatkan kereaktifan kimia pada suatu sistem yang secara efektif bertindak sebagai katalis untuk lebih mereaktifkan atom – atom dan molekul dalam sistem. Pada reaksi yang menggunakan bahan padat, ultrasonik ini berfungsi untuk memecah padatan dari energi yang ditimbulkan akibat runtuhnya kavitasi. Dampaknya ialah luas permukaan padatan lebih besar sehingga laju reaksi meningkat (Suslick, 1989).

Semakin lama waktu sonikasi, ukuran partikel cenderung lebih homogen dan mengecil yang akhirnya menuju ukuran nanopartikel yang stabil serta penggumpalan pun semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena gelombang kejut pada metode sonikasi dapat memisahkan penggumpalan partikel (*agglomeration*) dan terjadi dispersi sempurna dengan penambahan surfaktan sebagai penstabil (Betti, 2013).

### II.3.1 Jenis-jenis Sonikasi

1. *Direct Sonication* atau sonikasi langsung (memasukkan *probe* langsung ke dalam pembuluh sampel) adalah cara yang paling umum untuk memproses sampel. Energi dialirkan dari *probe* langsung ke sampel dengan tinggi intensitas dan sampel diproses dengan cepat. Diameter ujung *probe* menentukan volume cairan yang dapat diproses secara efektif. Diameter ujung yang lebih kecil (*probe microtip*) memberikan sonikasi dengan intensitas yang lebih tinggi dan energi yang terfokus. Diameter ujung yang lebih besar dapat memproses volume yang lebih besar, tetapi menghasilkan intensitas yang lebih rendah. *Booster* dan *High Gain Horns* dapat digunakan untuk meningkatkan output *probe* yang memiliki diameter besar. *Probe* yang digunakan sebaiknya terbuat dari titanium.



Gambar II.3 Gambar dari *Direct sonication*

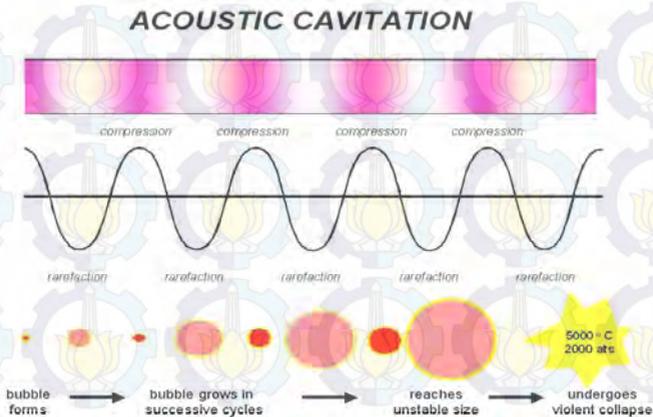
2. *Indirect sonication* atau sonikasi tidak langsung ini tidak menggunakan probe untuk dikontakkan dengan larutan. Teknik ini sering digambarkan sebagai *bath ultrasonic* intensitas tinggi. Energi ultrasonik dialirkan melalui *probe*, dan kontak dengan air lalu masuk ke dalam vessel yang berisi sampel. Sonikasi tidak langsung adalah metode sonikasi yang paling efektif untuk sampel yang berukuran sangat kecil karena resiko pembentukan busa dan kehilangan sampel dapat dihilangkan serta mencegah kontaminasi silang. Piala Horn dan lempeng Horn menunjukkan sonikasi tidak langsung ini sangat ideal untuk banyak pengaplikasian.



Gambar II.4 Alat untuk *Indirect Sonication*

### II.3.2 Acoustic Cavitation

Daya ultrasonik meningkatkan perubahan kimia dan fisik dalam media cair melalui generasi dan pecah dari gelembung kavitasi. Seperti ultrasonik, gelombang suara disebarkan melalui serangkaian kompresi dan penghalusan gelombang diinduksi dalam molekul medium yang dilewatinya. Pada daya yang cukup tinggi siklus penghalusan dapat melebihi kekuatan menarik dari molekul cairan dan kavitasi gelembung akan terbentuk. Gelembung tersebut tumbuh dengan proses yang dikenal sebagai difusi yang dikoreksi yaitu sejumlah kecil uap (atau gas) dari media memasuki gelembung selama fase ekspansi dan tidak sepenuhnya dikeluarkan selama kompresi. Gelembung berkembang selama periode beberapa siklus untuk ukuran kesetimbangan untuk frekuensi tertentu digunakan. Ini adalah fenomena gelembung ketika pecah dalam siklus kompresi yang menghasilkan energi untuk efek kimia dan mekanik (Gambar II.5). Pecahnya gelembung kavitasi merupakan fenomena luar biasa yang disebabkan oleh kekuatan suara. Dalam sistem cair pada frekuensi ultrasonik 20kHz setiap pecahnya gelembung kavitasi bertindak sebagai lokal "hotspot" menghasilkan suhu sekitar 4.000 K dan tekanan lebih dari 1000 atmosfer.



Gambar II.5 Generasi gelembung akustik

Menurut Gogate (2002) berkaitan dengan reaksi kimia, kavitasi dapat mempengaruhi hal berikut:

- a. Mengurangi waktu reaksi
- b. Meningkatkan yield dalam reaksi kimia
- c. Mengurangi "force" suhu dan tekanan
- d. Mengurangi periode induksi dan reaksi yang diinginkan
- e. Meningkatkan selektivitas
- f. Membangkitkan radikal bebas

Sebagai tambahan terhadap timbulnya kondisi-kondisi ekstrem di dalam gelembung juga dihasilkan efek mekanik seperti terjadinya *collaps* gelembung yang sangat cepat. Hal ini juga sangat penting dalam bidang sintesis dan termasuk juga *degassing* yang sangat cepat dari kavitasi cairan serta dalam hal pembentukan kristal yang cepat.

### II.3.3 Jenis Sistem Proses Sonikasi

Pada kavitasi gelembung memiliki berbagai efek dalam media cair tergantung pada jenis sistem di mana ia dihasilkan. Sistem ini secara garis besar dapat dibagi ke dalam cairan homogen, heterogen padat / cair dan heterogen cair / cair. Dalam sistem kimia ini tiga kelompok mewakili kebanyakan situasi pengolahan.

#### 1. Sistem Homogen

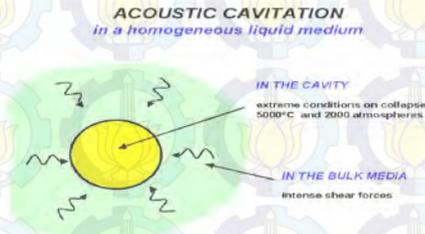
Sistem homogen adalah sistem yang terdiri dari campuran 2 bahan atau lebih dalam fase yang sama. Misalnya, sejumlah kecil garam (NaCl) dimasukkan kedalam air, garam perlahan akan menghilang. Garam yang telah dimasukkan larut dalam air membentuk suatu zat yang berbeda dengan sifat murninya.

Karakteristik sistem homogen antara lain:

- a. Bidang batas antar komponen penyusun tidak ada.
- b. Komposisi komponen penyusun di setiap bagian campuran sama.
- c. Komponen padat dan komponen cair tidak memisah.

Pada reaksi homogen fase cair, seluruh liquid berada di sekitar gelembung di mana gelembung menghasilkan gaya geser yang dapat menghasilkan efek mekanik dan dalam gelembung itu

sendiri di mana berbagai jenis pembentukannya akan mengalami kondisi ekstrim dari suhu dan tekanan pada pecahnya gelembung menyebabkan efek kimia seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut:



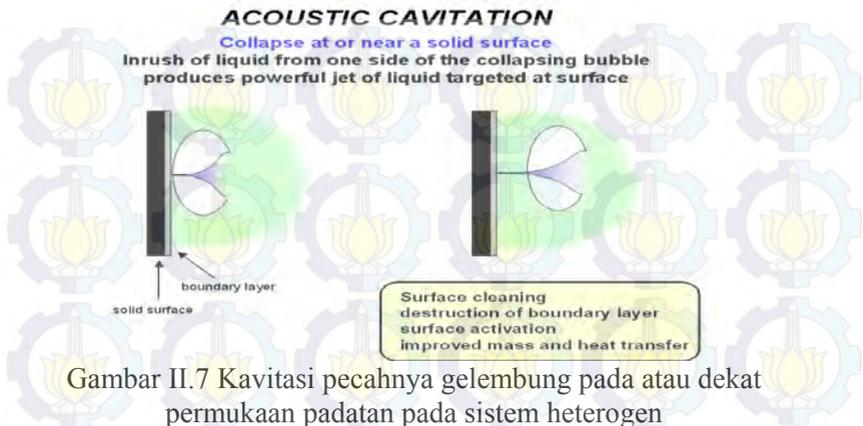
Gambar II.6 Kavitasi akustik dalam cairan homogen

## 2. Sistem Heterogen

Sistem heterogen adalah sistem yang terdiri dari dua bahan atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda, misalnya pasir yang dimasukkan kedalam air. Sistem ini merupakan suatu campuran dengan fase yang berbeda yaitu pasir dalam fase padat dan air dalam fase cair. Karakteristik sistem heterogen antara lain:

- a. Ada bidang batas antar komponen penyusunnya.
- b. Komposisi komponen penyusun disetiap bagian ampurannya tidak sama.
- c. Komponen padat akan memisah jika ditinggalkan.

Tidak seperti kavitasi yang memecahkan gelembung dalam *bulk* cairan, pecahnya gelembung kavitasi pada atau dekat dengan permukaan padatan pada sistem heterogen solid-liquid adalah tidak simetris karena permukaan memberikan resistensi terhadap aliran cairan dari sisi itu. Hasilnya adalah arus masuk cairan terutama dari sisi gelembung dari permukaan menghasilkan tumbukan cairan yang kuat (Gambar II.7). Efeknya adalah setara dengan pengaliran tekanan tinggi dan merupakan penyebab ultrasonik digunakan untuk membersihkan. Efek ini juga dapat mengaktifkan katalis padat dan meningkatkan massa dan transfer panas ke permukaan oleh gangguan dari lapisan batas antar muka.



## II.4 Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat dari campurannya dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. 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).

Pemisahan zat-zat terlarut antara dua cairan yang tidak saling mencampur antara lain menggunakan alat corong pisah. Ada suatu jenis pemisahan lainnya dimana pada satu fase dapat berulang-ulang dikontakkan dengan fase yang lain, misalnya ekstraksi berulang-ulang suatu larutan dalam pelarut air dan pelarut organik, dalam hal ini digunakan suatu alat yaitu ekstraktor sokhlet. Metode sokhlet merupakan metode ekstraksi dari padatan dengan pelarut cair secara *kontinue*. Alatnya dinamakan sokhlet (ekstraktor sokhlet) yang digunakan untuk

ekstraksi *kontinue* dari sejumlah kecil bahan. Istilah-istilah berikut ini umumnya digunakan dalam teknik ekstraksi:

1. Bahan ekstraksi : Campuran bahan yang akan diekstraksi
2. Ekstraktan (cairan penarik) : Pelarut yang digunakan untuk mengekstraksi
3. Pelarut (media ekstraksi) : Cairan yang digunakan untuk melangsungkan ekstraksi
4. Ekstrak : Bahan yang dipisahkan dari bahan ekstraksi
5. Larutan ekstrak : Pelarut setelah proses pengambilan ekstrak
6. Rafinat (residu ekstraksi) : Bahan ekstraksi setelah diambil ekstraknya
7. Ekstraktor : Alat ekstraksi (Indra Wibawa, 2012).

#### **II.4.1 Ekstraksi Cair-Cair**

Pada ekstraksi cair-cair, satu komponen bahan atau lebih dari suatu campuran dipisahkan dengan bantuan pelarut. Ekstraksi cair-cair terutama digunakan apabila pemisahan campuran dengan cara destilasi tidak mungkin dilakukan (misalnya karena pembentukan azeotrop atau karena kepekaannya terhadap panas) atau tidak ekonomis. 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. Pada ekstraksi cair-cair, 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 (Indra Wibawa, 2012).

#### **II.4.2 Ekstraksi Padat-Cair (Leaching)**

Pada ekstraksi padat-cair, komponen yang dapat larut dipisahkan dari bahan padat dengan bantuan pelarut (ekstraktan). Pada ekstraksi ini, ketika bahan ekstraksi dicampur dengan pelarut maka pelarut akan bereaksi dengan bahan padat dan membentuk larutan ekstrak. Larutan ekstrak dengan konsentrasi yang tinggi terbentuk di bagian dalam bahan ekstraksi. Dengan cara difusi akan terjadi kesetimbangan konsentrasi antara larutan tersebut dengan larutan di luar bahan padat. Syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai kecepatan ekstraksi yang tinggi pada ekstraksi padat-cair adalah sebagai berikut:

- a. Karena perpindahan massa berlangsung pada bidang kontak antara fase padat dan fase cair, maka bahan itu perlu memiliki permukaan yang seluas mungkin.
- b. Kecepatan alir pelarut sedapat mungkin besar dibandingkan dengan laju alir bahan ekstraksi.
- c. Suhu yang lebih tinggi (viskositas pelarut lebih rendah, kelarutan ekstrak lebih besar) pada umumnya menguntungkan kecepatan ekstraksi.

Ekstraksi padat-cair merupakan suatu proses yang melibatkan perpindahan massa antar fasa. Perbedaan aktivitas kimia antara fasa padatan dan fasa pelarut mencerminkan seberapa jauh sistem berada dari kesetimbangan, sehingga akan menentukan pula laju zat terlarut antar fasa. Proses ini merupakan proses yang bersifat fisik karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan semula tanpa mengalami perubahan kimiawi (Lucas, 1949).

Dalam 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 & Suhardi 1996).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi antara lain :

a. Jenis pelarut

Jenis pelarut mempengaruhi senyawa yang terekstrak, 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).

Leaching dalam hidrometalurgi adalah poses pembebasan logam dari bijih dengan proses pelarutan kimia, dan penyebab proses ekstraksi hidrometalurgi. Tujuan utama leaching adalah untuk membebaskan sejumlah logam secara selektif. Unit operasi ini adalah salah satu metode yang relatif baik dalam proses pemurnian bijih, terutama untuk pemurnian bijih dengan kualitas tinggi. Sebaliknya untuk penanganan bijih dengan kualitas rendah

akan membutuhkan biaya yang sangat mahal, terutama larutan yang dihasilkan ekstraksi akan mengandung sedikit logam yang terekstraksi pada suatu bijih dan yang paling banyak terkandung pada larutan hasil ekstraksi adalah kontaminan. Leaching lebih dekat dihubungkan pada ekstraksi pelarut, yang mengandung larutan dari liquid yang saling bercampur (Castro & Capote, 2006).

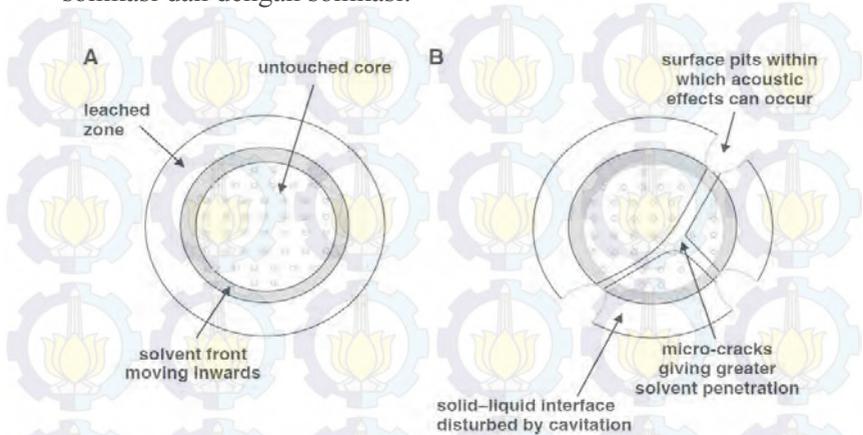
## **II.5 Sonikasi Assisted Leaching Asam**

Pada proses sonikasi dengan bantuan leaching terjadi mekanisme kelarutan dan terjadi proses transport fenomena. Pada proses sonikasi dengan bantuan leaching terjadi beberapa tahapan proses yaitu:

- a. Media leaching membawa kontak kedalam permukaan matriks dari suatu sampel, kemudian dimulai proses pemisahan logam dari matriks sampel tersebut.
- b. Analit (sasaran leaching) ditahan dengan memindahkan sisi aktif dari matriks sebagai suatu hasil dari afinitas tinggi dan konsentrasi media leaching. Setelah itu diikuti oleh pelarutan dalam media leaching.
- c. Analit ditransportasikan dari dalam matriks ke luar permukaan melalui proses difusi, dan matriks pada bagian luar melalui proses konvektif.

Pada proses leaching tanpa sonikasi hanya terjadi proses difusi dari dalam matriks sampel ke media leaching yang dapat melarutkan analit. Proses leaching yang dihubungkan dengan proses sonikasi, dimana efek dari sonikasi yang menghasilkan fenomena kavitasasi. Pada fenomena ini menghasilkan ledakan bubble yang terjadi selama proses sonikasi ketika menyerap energi yang besar, ledakan yang dihasilkan berlangsung secara berulang terjadi secara kompresi adiabatik dari gas dan uap dari bubble sebagai konsekuensi dari suhu dan tekanan yang dihasilkan akibat fenomena kavitasasi. Suhu tinggi yang dihasilkan akan meningkatkan solibilitas (kelarutan) dari analit dalam proses

leaching dan difusivitas pada analit dari matriks sampel ke daerah luar. Peningkatan tekanan dapat menembus media leaching kedalam matriks sampel dan terjadi perpindahan antara matriks padatan dan fase liquid pada bagian permukaan. Seperti terlihat pada Gambar II.8 yang menjelaskan mekanisme leaching tanpa sonikasi dan dengan sonikasi.

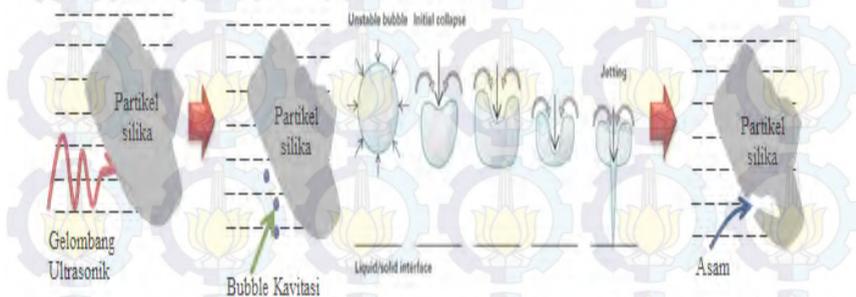


Gambar II.8 Mekanisme leaching (A) tanpa Sonikasi (B) dengan Sonikasi (Castro & Capote, 2006).

Proses leaching yang dihubungkan dengan proses sonikasi tergantung pada beberapa hal diantaranya:

1. Runtuhnya atau hancurnya bubble yang terbentuk dekat permukaan solid yang menghasilkan microjet dengan kecepatan tinggi yang dapat mencapai laju perpindahan dan peningkatan area permukaan melalui permukaan celah.
2. Partikel yang terbagi melalui tabrakan antar partikel juga meningkatkan luas permukaan dan dalam penambahan media leaching akan menembus kedalam matriks sampel.
3. Acoustic kavitasi yang dihasilkan mengganggu lapisan difusi dari permukaan matriks sampel.
4. Terjadi difusi energi sonikasi pada analit ke daerah luar sampe

Fenomena 1 dan 2 menghasilkan *microjetting*, sedangkan fenomena 3 dapat diidentifikasi dengan efek *microstreaming*. Ilustrasi mekanisme proses sonikasi yang dihubungkan dengan proses leaching asam dapat dilihat pada Gambar II.9.



Gambar II.9 Mekanisme Proses Sonikasi dan Leaching Asam (Zhang Jian et al, 2009).

Energi sonikasi yang dihubungkan dengan kinetika leaching yaitu dapat meningkatkan efisiensi melalui peningkatan proses difusi dari analit yang terdapat dalam matriks ke daerah luar sampel. Sonikasi juga memiliki peranan penting ketika terjadi batasan dari ikatan analit pada suatu matriks yang tidak dapat ditembus oleh media leaching, akan tetapi dengan adanya sonikasi maka batasan analit yang terdapat dalam matriks dapat diekstrak oleh media leaching yang digunakan. Pemilihan media leaching ditentukan pada tujuan utamanya, hal ini ditentukan dari kelarutan yang selektif dari analit target (Castro & Capote, 2006).

## II.6 Parameter yang Mempengaruhi Sonikasi Assisted Leaching Asam

Parameter operasional sonikasi berdasarkan jenis analit tertentu dan matriks sangat penting untuk mencapai efisiensi leaching yang tinggi. Adapun parameter dalam meningkatkan efisiensi leaching yaitu jumlah sampel, ukuran partikel, konsentrasi pelarut, power sonikasi yang

diterapkan, frekuensi, waktu leaching dan suhu leaching. Faktor-faktor ini dan pengaruhnya dalam proses leaching dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Jumlah sampel

Jumlah sampel berpengaruh pada proses leaching, sejumlah sampel yang sesuai dengan perbandingan penggunaan pelarut maka akan meningkatkan efisiensi dari leaching.

2. Ukuran partikel sampel

Ukuran partikel sampel yang kecil dapat meningkatkan efisiensi dari leaching.

3. Konsentrasi pelarut

Konsentrasi pelarut yang digunakan akan mempengaruhi proses dari leaching, semakin tinggi konsentrasi pelarut yang digunakan maka semakin banyak analit target yang dapat terekstrak (Martinez, 2009).

4. Power sonikasi

Power sonikasi akan mempengaruhi intensitas yang dihasilkan. Intensitas akan mempengaruhi bubble yang terbentuk.

5. Frekuensi

Frekuensi sonikasi akan mempengaruhi pembentukan bubble kavitasi. Pada frekuensi tinggi bubble kavitasi sulit untuk dibentuk.

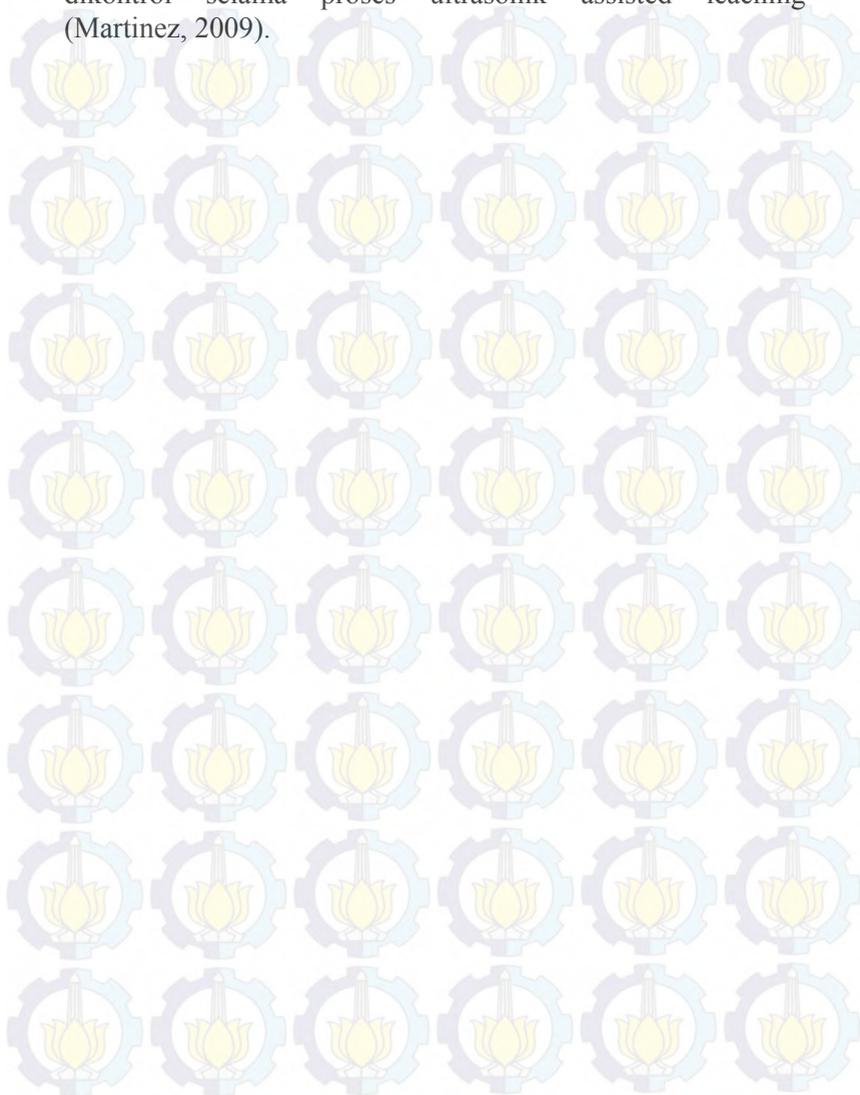
6. Waktu leaching

Waktu leaching harus disesuaikan untuk memperoleh hasil yang sesuai. Efisiensi leaching akan meningkat dengan bertambahnya waktu sonikasi sampai diperoleh kesetimbangan. Waktu leaching antara 3 dan 60 menit dijelaskan dalam beberapa literatur. Waktu leaching yang lama dapat menghasilkan pengurangan yang signifikan, hal dikarenakan adanya degradasi dari bahan atau dekomposisi dari pelarut organik yang disebabkan oleh gelombang ultrasound (Martinez, 2009).

7. Suhu leaching

Secara umum proses ekstraksi berlangsung pada suhu tinggi, seperti Soxhlet. Pada saat recovery yang lebih rendah dapat

diharapkan dengan adanya kenaikan suhu, parameter ini harus dikontrol selama proses ultrasonik assisted leaching (Martinez, 2009).



## **BAB III**

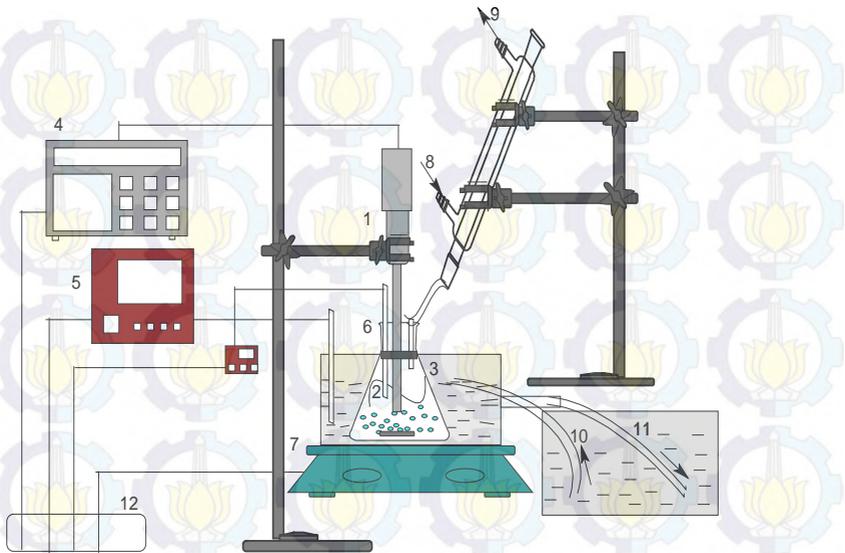
### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini diawali dengan membuat campuran antara pasir silika dan larutan (tanpa atau dengan asam oksalat) dengan perbandingan 1:10 (w/v) didalam reaktor. Setelah itu mengkondisikan suhu *water bath* sesuai dengan suhu operasi, kemudian meletakkan reaktor pada *water bath*. Lalu melakukan proses sonikasi sesuai variabel waktu. Setelah proses sonikasi selesai, hasil sonikasi didinginkan secara cepat, kemudian memisahkan antara pasir silika dan larutan. Pasir silika hasil sonikasi dicuci dengan menggunakan aquadest sampai pH air cucian sama dengan pH aquadest (pH 5), sedangkan untuk larutan disentrifugasi selama 15 menit, lalu dipisahkan antara filtrat dan endapan hasil sentrifugasi. Sampel padatan pasir silika hasil sonikasi dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *X-Ray Flouorescence* (XRF), sedangkan untuk larutan hasil sonikasi dianalisa dengan Spektrofotometer UV-Vis.

#### **III.1 Bahan Penelitian**

1. Pasir silika
2. Asam oksalat (p.a)
3. Aquadest

### III.2 Peralatan Penelitian



Gambar III.1 Skema Peralatan Proses Sonikasi pada Pemurnian Silika

#### Keterangan:

1. Probe ultrasonic
2. Reaktor
3. *Water bath*
4. Generator Ultrasonik
5. *Thermostat*
6. *Termocouple*
7. *Magnetic Stirrer*
8. Air pendingin masuk
9. Air pendingin keluar
10. Air masuk
11. Air keluar
12. Sumber Listrik

Spesifikasi :

Alat ultrasonik: *high-intensity ultrasonic processor VCX 500 Sonics and Materials Inc* (500 W, 20 kHz, 50% Amplitude) dilengkapi dengan *Titanium Alloy probe transducer*. Konverter dibuat dari *piezoelectric lead zirconate titanate crystals*.

### III.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Variabel tetap

- Perbandingan pasir silika:larutan (1:10 w/v)
- Suhu operasi sonikasi (30°C)

b. Variabel berubah : waktu (t) dan konsentrasi (C)

- Waktu (menit) : 10, 15, 25, 40, 60, 90, dan 120
- Konsentrasi (g/L): 0 (aquadest); 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; dan 1,5

### III.4. Prosedur Penelitian

A. Persiapan Reaktan

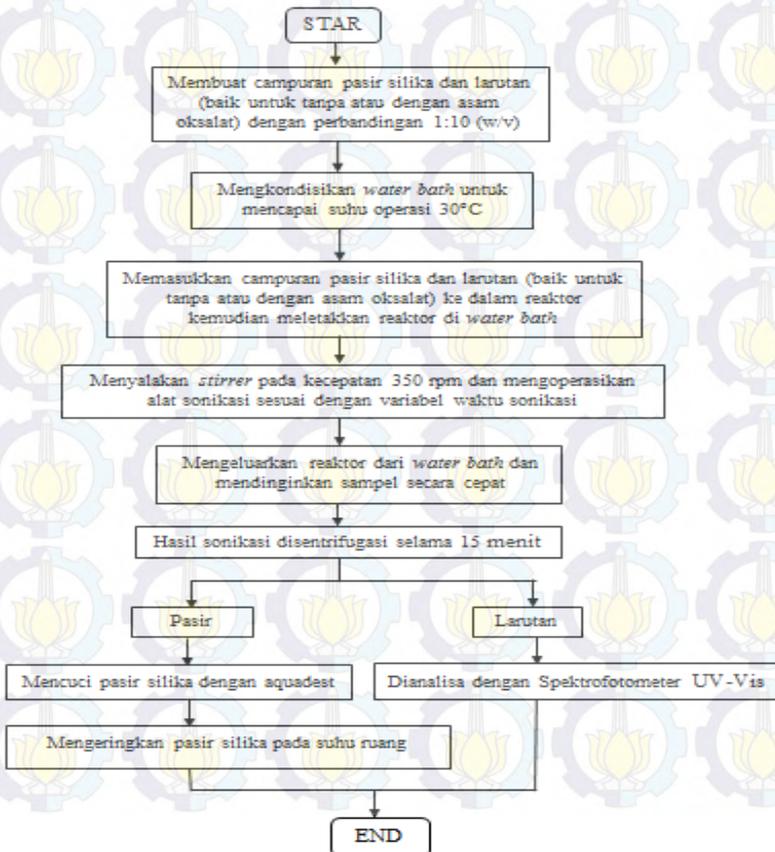
1. Membuat larutan asam oksalat dengan berbagai variasi konsentrasi.
2. Membuat campuran antara pasir silika dan larutan (baik untuk tanpa atau dengan asam oksalat) dengan perbandingan 1 : 10 (w/v).

B. Proses Sonikasi

1. Memasukan campuran pasir silika dan larutan (baik untuk tanpa atau dengan asam oksalat) ke dalam reaktor.
2. Mengkondisikan suhu operasi pada *water bath*, setelah suhu operasi tercapai meletakkan reaktor pada *water bath* dan menyambungkan reaktor pada alat sonikasi.
3. Menyalakan *strirrer* pada kecepatan 350 rpm.
4. Memulai proses sonikasi sesuai variabel waktu.
5. Melepaskan reaktor setelah proses sonikasi selesai, kemudian mendinginkan hasil sonikasi secara cepat.

6. Memisahkan antara pasir silika dengan larutan hasil sonikasi.
7. Mencuci padatan (pasir silika) dengan aquadest sampai pH air cucian sama dengan pH aquadest.
8. Padatan dikeringkan pada suhu ruang.
9. Untuk larutan hasil sonikasi disentrifugasi selama 15 menit, kemudian dipisahkan antara endapan dan filtrat hasil sentrifugasi.

### C. Diagram Blok



#### D. Analisis Produk

Analisis produk dilakukan dengan terlebih dahulu memisahkan padatan dan *liquidnya*. Untuk padatan dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Flourosense* (XRF), dan untuk *liquidnya* dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

1) *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui struktur dan morfologi dari pasir silika setelah proses pemurnian dengan variabel konsentrasi asam oksalat, dan waktu sonikasi. Sehingga dapat dibandingkan perubahan yang terjadi pada berbagai kondisi.

2) *X-Ray Flourosense* (XRF) digunakan untuk mengetahui kadar dari silika serta kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terdapat dalam pasir silika setelah dilakukan proses sonikasi pada berbagai kondisi.

3) Spektrofotometer ultraviolet-visibel (UV-Vis) digunakan untuk analisis kimia secara kuantitatif maupun kualitatif spesies kimia. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui kadar Fe yang terdapat pada liquid hasil sonikasi. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultraviolet dan sinar tampak (*visible*). Daerah ultraviolet berada di sekitar 100 nm-400 nm, sedangkan spektrum tampak berada pada daerah sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah) (Fessenden & Fessenden, 2001). Prosedur Analisa Fe dengan Spektrofotometer UV-Vis

##### a. Preparasi Pereaksi

- Pembuatan larutan baku  $\text{Fe}(\text{NH}_4\text{OH})_2\text{SO}_4$  konsentrasi 1000 ppm

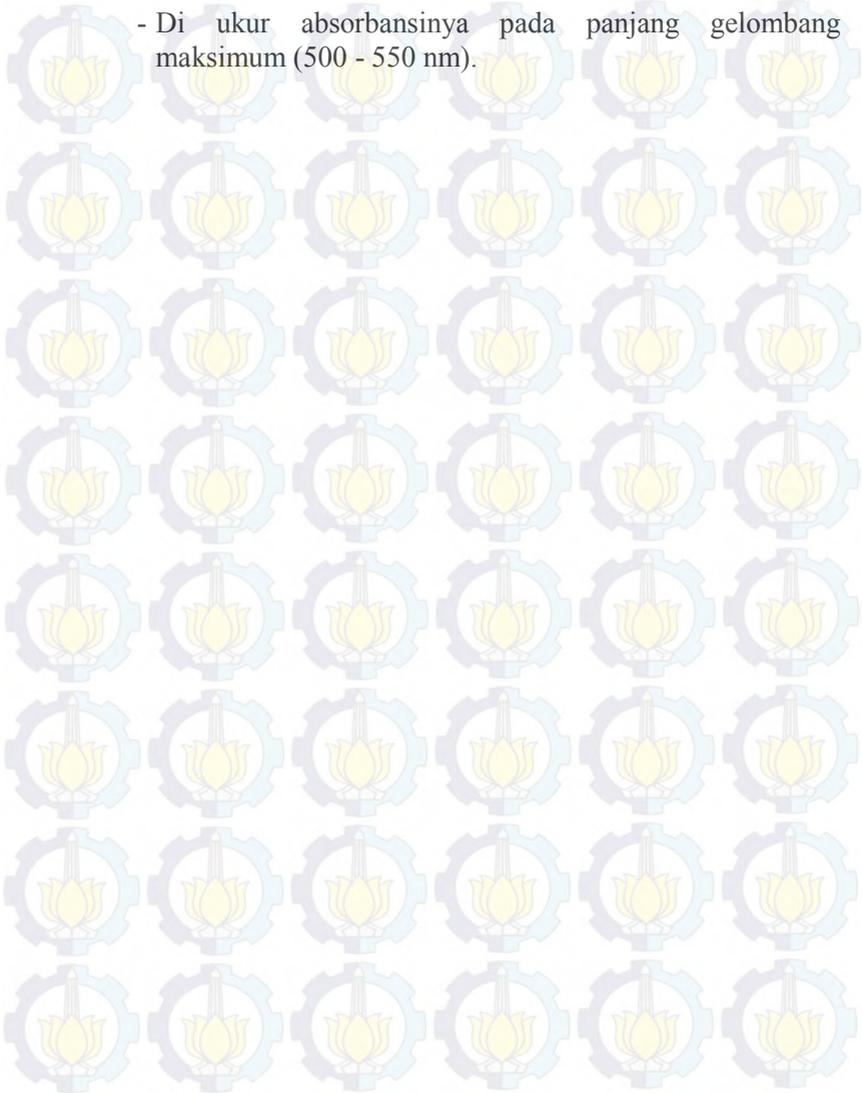
1) Ditimbang sebanyak  $\pm 0,7$  gram  $\text{Fe}(\text{NH}_4\text{OH})_2\text{SO}_4$

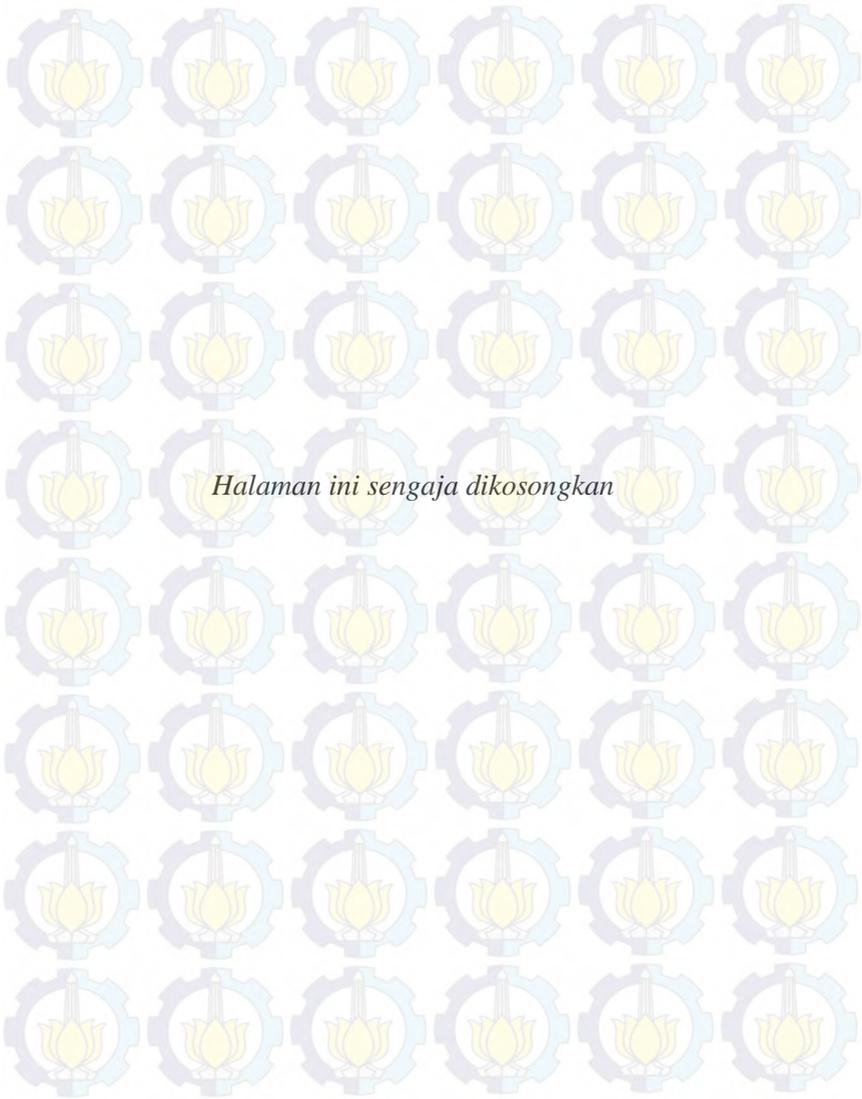
2) Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 m L, ditambahkan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 M

3) Ditambahkan aquadest sampai tanda batas

- Pembuatan 1,10-orthophenantrolin 0,1%
  - 1) Ditimbang sebanyak  $\pm 0,105$  gram 1,10-orthophenantrolin
  - 2) Dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL
  - 3) Ditambahkan 0,1 mL HCl
  - 4) Ditambahkan aquadest sampai tanda batas
- Pembuatan larutan Hidroksilamin-HCl 5%
  - 1) Ditimbang sebanyak  $\pm 2,5$  gram Hidroksilamin-HCl
  - 2) Dilarutkan dalam labu ukur 50 mL
- Pembuatan larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  5%
  - 1) Ditimbang sebanyak  $\pm 5$  gram  $\text{CH}_3\text{COONa}$
  - 2) Dilarutkan dalam labu ukur 100 mL
- b. Pembuatan Larutan Blanko
  - Dipipet sebanyak 0,4 mL Hidroksiamin-HCl 5% ke dalam labu ukur 10 mL
  - Ditambahkan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sebanyak 3,2 mL
  - Ditambahkan 1,10-orthophenantrolin 0,1% sebanyak 2 mL
  - Ditambahkan aquadest sampai tanda batas
- c. Pembuatan Larutan Standar dan Sampel
  - Larutan standar pada variasi konsentrasi dipipet dalam jumlah tertentu ke dalam sebanyak 10 mL
  - Ditambahkan 2 mL Hidroksiamin-HCl 5%
  - Ditambahkan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  sebanyak 3,2 mL
  - Ditambahkan 1,10-orthophenantrolin 0,1% sebanyak 2 mL
  - Ditambahkan aquadest sampai tanda batas
  - Dilakukan hal yang sama untuk sampel
- d. Pengukuran panjang gelombang maksimum
  - Larutan standar pada konsentrasi 3 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang 500–550 nm, hasil pembacaan nilai absorbansi tertinggi merupakan panjang gelombang maksimum yang digunakan untuk pengukuran.
- e. Pengukuran absorbansi larutan blanko, standar, dan sampel

- Larutan blanko, standar dan sampel yang telah dibuat didiamkan terlebih dahulu selama 10 menit.
- Di ukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum (500 - 550 nm).





## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pemurnian pasir silika pada penelitian ini menggunakan metode sonikasi *assisted leaching* asam. Metode sonikasi merupakan suatu metode pemanfaatan gelombang ultrasonic yang dapat membantu untuk mempercepat rate leaching pada pemurnian pasir silika (Feihu dkk., 2010). Energi sonikasi yang dihubungkan dengan rate leaching yaitu dapat meningkatkan efisiensi melalui proses difusi dari impuritis kedaerah luar yang memiliki langkah terbatas dari transfer massa. Sonikasi juga memiliki peranan penting ketika terjadi suatu batasan dari ikatan impuritis pada matriks pasir silika (Castro & Capote, 2006). Parameter yang dipelajari pada penelitian ini yaitu waktu sonikasi dan konsentrasi asam oksalat yang digunakan.

#### **IV.1 Karakterisasi Pasir Silika**

Pasir silika yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari tambang. Adapun karakterisasi dari pasir silika dapat diperoleh dari hasil analisa kuantitatif dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil dari analisa XRF dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Sebelum pasir silika dimurnikan dengan proses sonikasi, pasir silika dicuci terlebih dahulu,  $\pm 200$  gram Pasir silika dicuci dengan 500 mL air dengan pengadukan 800 r pm selama 1 menit sebanyak 10 kali pencucian. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan clay yang terdapat pada pasir silika serta untuk menghilangkan impuritis yang terdapat diluar permukaan pasir silika. Selain itu juga proses pencucian pasir silika bertujuan untuk mengurangi beban leaching pada saat proses sonikasi. Hasil analisa secara kuantitatif dengan menggunakan analisa XRF dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV.1 Hasil Analisa XRF pasir silika sebelum dicuci

<b>Komponen</b>	<b>Kadar (wt.%)</b>
SiO <sub>2</sub>	96,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,61
CaO	0,424
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,302
MgO	0,200
K <sub>2</sub> O	0,158
Na <sub>2</sub> O	0,124
S	0,0417
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0360
TiO <sub>2</sub>	0,0307
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0120
MnO <sub>2</sub>	0,0094
ZnO	0,0015

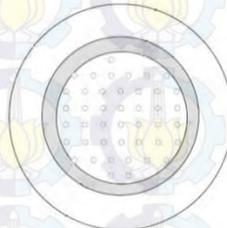
Tabel IV.2 Hasil analisa XRF pasir silika setelah dicuci

<b>Komponen</b>	<b>Kadar (wt.%)</b>
SiO <sub>2</sub>	97,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,38
CaO	0,302
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,149
MgO	0,115
K <sub>2</sub> O	0,106
Na <sub>2</sub> O	0,0954
S	0,0282
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0276
TiO <sub>2</sub>	0,0255
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0124
MnO <sub>2</sub>	0,0071
ZnO	0,0015

Pada Tabel IV.2 kadar silika yang terdapat pada pasir silika mengalami peningkatan setelah dilakukan proses pencucian. Kadar  $\text{SiO}_2$  awal yaitu sebesar 96,06% meningkat menjadi 97,75%. Impuritis yang berada dipermukaan pasir silika terbawa oleh air pencuci sehingga kadar impuritis semakin menurun dan kemurnian silika meningkat.

#### IV.2 Proses Sonikasi

Proses sonikasi bertujuan untuk merenggangkan jarak antar molekul yang terdapat didalam suatu matriks partikel pasir silika, selain itu juga proses sonikasi bertujuan untuk proses *cleaning* impuritis baik yang terdapat pada permukaan pasir silika dan juga impuritis yang terdapat didalam matriks pasir silika (Castro & Capote, 2006). Ilustrasi matriks pasir silika dapat dilihat seperti pada Gambar IV.1.



Gambar IV.1 Ilustrasi Matriks Pasir Silika  
(Castro & Capote, 2006)

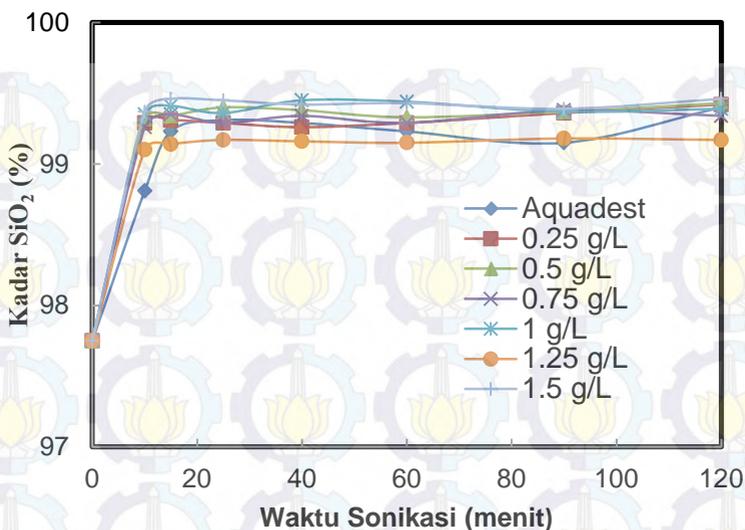
Pada proses pemurnian pasir silika ini disertai dengan peristiwa *leaching* dimana mineral-mineral selain  $\text{SiO}_2$  yang dianggap sebagai impuritis didalam pasir silika akan terlarut oleh media *leaching* yang digunakan yaitu aquadest maupun asam oksalat. Asam oksalat merupakan pelarut yang baik untuk mineral impuritis yang terkandung didalam pasir silika baik pada suhu tinggi maupun rendah, misalnya  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan impuritis lainnya (Vogel, 1985).

### **IV.3 Analisa Hasil Sonikasi**

Setelah proses sonikasi terdapat perbedaan fisik yang dapat dibuktikan dengan melakukan analisa padatan yang sebelumnya dipisahkan dari filtratnya dengan cara sentrifugasi yang kemudian dicuci, dikeringkan dan selanjutnya dilakukan analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), sedangkan liquidnya dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

#### **IV.3.1 Analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF)**

Analisa XRF bertujuan untuk mengetahui kadar komponen-komponen yang terkandung didalam sampel pasir silika sebelum dan setelah sonikasi. Dari analisa ini, diperoleh kadar komponen yang terkandung didalam pasir silika seperti kadar  $\text{SiO}_2$ (%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ (%) dan lain-lain. Sehingga dapat dibuat grafik profil hubungan antara waktu sonikasi dengan kadar masing-masing komponen yang terkandung didalam pasir silika. Pada Gambar IV.2 dapat dilihat profil kadar  $\text{SiO}_2$  pada berbagai variasi konsentrasi asam oksalat dan variasi waktu sonikasi.

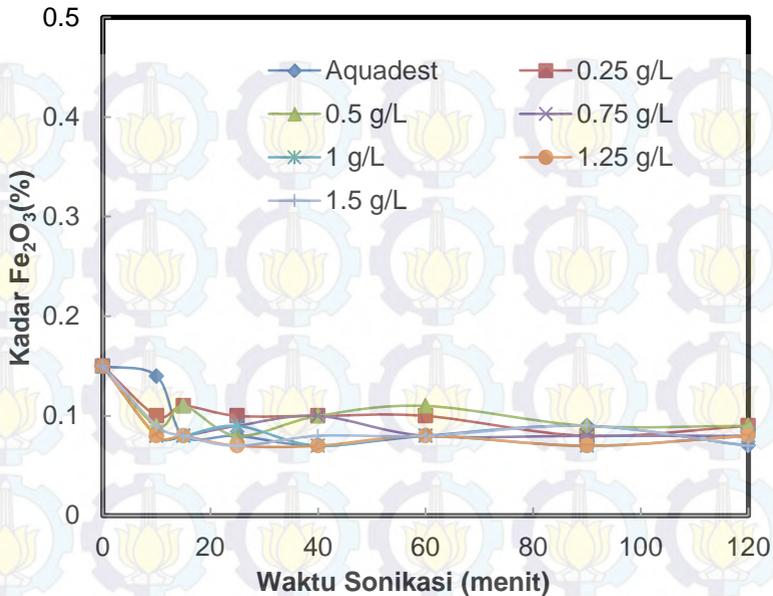


**Gambar IV.2** Profil Kadar  $\text{SiO}_2$  Setelah Proses Sonikasi ( $T=30^\circ\text{C}$ ) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Dari Gambar IV.2 diatas menunjukkan bahwa proses sonikasi dengan media leaching aquadest, kadar  $\text{SiO}_2$  yang diperoleh semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu sonikasi sehingga diperoleh kadar  $\text{SiO}_2$  tertinggi 99,40% dengan waktu sonikasi 120 menit. Sedangkan, proses sonikasi dengan media leaching asam oksalat pada setiap konsentrasi yang digunakan diperoleh kadar  $\text{SiO}_2$  yang meningkat secara signifikan pada waktu sonikasi 10 menit apabila dibandingkan dengan kadar  $\text{SiO}_2$  sebelum dilakukan sonikasi yaitu dari 97,75% menjadi 98,81% dengan media leaching aquadest dan 99,37% dengan media leaching asam oksalat, semakin meningkat sampai waktu sonikasi 15 menit dan mulai mengalami penurunan kadar  $\text{SiO}_2$  pada waktu sonikasi antara 25 sampai dengan 60 menit dan kembali mengalami kenaikan kadar  $\text{SiO}_2$  pada waktu sonikasi 90 sampai dengan 120 menit. Karena pada proses sonikasi dengan

bantuan leaching terjadi peristiwa *microjetting* yang dihasilkan dari tumbukan antar partikel padatan dan bubble kavitasi, dimana peristiwa ini mengakibatkan *cracking* dari partikel dan membantu media leaching untuk mengekstrak impuritis yang terdapat didalam matriks pasir silika, sehingga dihasilkan kadar  $\text{SiO}_2$  dengan kemurnian tinggi. Kenaikan kadar  $\text{SiO}_2$  pada produk hasil sonikasi menunjukkan hasil tidak signifikan pada waktu sonikasi setelah 10 menit. Hal ini dikarenakan efisiensi leaching akan meningkat dengan bertambahnya waktu sonikasi sampai diperoleh kesetimbangan. Waktu leaching antara 3 dan 60 menit dijelaskan dalam beberapa literatur merupakan waktu yang dapat menghasilkan pengurangan yang signifikan. Hal dikarenakan adanya degradasi dari bahan atau dekomposisi dari pelarut organik yang disebabkan oleh gelombang ultrasound. Variabel waktu sonikasi yang digunakan sampai dengan 120 menit, hal ini bertujuan untuk memperoleh kandungan  $\text{SiO}_2$  yang setinggi-tingginya sesuai dengan kualifikasi pasir kuarsa yang dibutuhkan pada berbagai industri yaitu dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  diatas 99%.

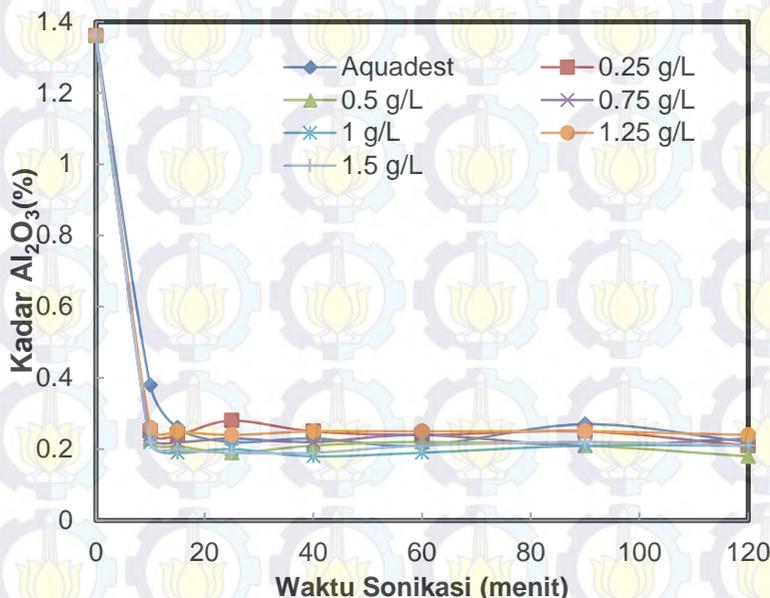




**Gambar IV.3** Profil Kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Setelah Proses Sonikasi ( $T=30^\circ\text{C}$ ) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Gambar IV.3 menunjukkan bahwa waktu sonikasi dan konsentrasi larutan mempengaruhi kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  didalam sampel pasir silika. Semakin lama waktu sonikasi maka semakin kecil kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang terkandung pada partikel silika setelah proses sonikasi dengan berbagai media leaching aquadest dan asam oksalat dalam berbagai konsentrasi. Penurunan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ini diakibatkan karena adanya media leaching yang dapat menembus kedalam matriks pasir silika, sehingga dapat melarutkan impuritis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang terdapat dalam matriks pasir silika. Penembusan media leaching ini diakibatkan karena adanya peristiwa microjet dari hasil fenomena kavitasi. Selain itu, penurunan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ini diakibatkan karena adanya proses difusi, dimana terjadi perpindahan massa dari impuritis dari konsentrasi tinggi ke

konsentrasi yang rendah (Castro & Capote, 2006). Dimana kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  didalam matriks tinggi sedangkan pada media leaching konsentrasi dari  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sangat rendah. Proses difusi ini akan terjadi sampai seluruh partikel tersebar secara luas merata atau mencapai suatu kesetimbangan dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak terjadi perubahan konsentrasi.



**Gambar IV.4** Profil Kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Setelah Proses Sonikasi ( $T=30^\circ\text{C}$ ) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

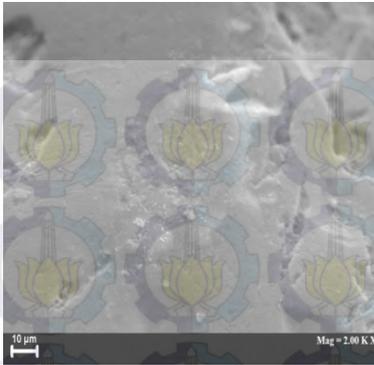
Gambar IV.4 menunjukkan bahwa waktu sonikasi dan konsentrasi larutan mempengaruhi kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  didalam sampel pasir silika. Penurunan kadar dari  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sama halnya seperti penurunan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , semakin lama waktu sonikasi maka semakin kecil kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terkandung pada partikel silika

setelah proses sonikasi dengan berbagai media leaching aquadest dan asam oksalat dalam berbagai konsentrasi. Hal ini dikarenakan adanya media leaching yang dapat menembus kedalam matriks pasir silika, sehingga dapat melarutkan impurities  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terdapat dalam matriks pasir silika. Sama halnya seperti peristiwa pelarutan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

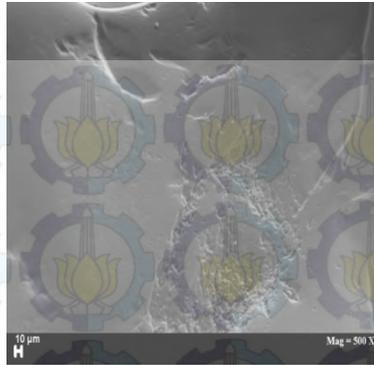
Dari Gambar IV.2, Gambar IV.3, dan Gambar IV.4 penggunaan media leaching aquadest pada waktu sonikasi 120 menit menghasilkan silika dengan kemurnian 99,4% dengan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,07% dan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,22%. Sedangkan untuk media leaching asam oksalat diperoleh konsentrasi optimum yaitu pada 1,5 g/L dengan waktu sonikasi 120 menit diperoleh kadar paling rendah dari  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 0,07% dan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 0,21% dan didapatkan kadar  $\text{SiO}_2$  yang tertinggi yaitu sebesar 99,46%. Pemurnian pasir silika dengan media leaching asam oksalat menghasilkan silika dengan kemurnian yang tinggi dibandingkan dengan media leaching aquadest dengan selisih kadar  $\text{SiO}_2$  0,06%. Proses sonikasi pada waktu 15 menit dengan konsentrasi asam oksalat 1,5 g/L menghasilkan kemurnian  $\text{SiO}_2$  yang sama seperti pada proses sonikasi dengan asam oksalat 1,5 g/L dan waktu sonikasi 120 menit, akan tetapi impuritis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada waktu sonikasi lebih tinggi yaitu 0,08%. Oleh karena itu waktu yang optimum untuk menghasilkan pasir silika dengan kemurnian tinggi yaitu pada waktu 120 menit dengan konsentrasi asam oksalat 1,5 g/L.

### **IV.3.2 Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

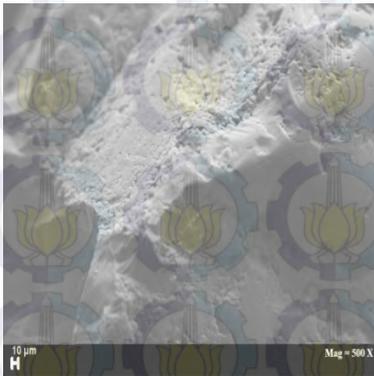
Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk morfologi dari pasir silika sebelum proses sonikasi dan setelah dilakukan proses sonikasi. Analisa morfologi dari pasir silika sebelum dan sesudah proses sonikasi dapat dilihat pada Gambar IV.5.



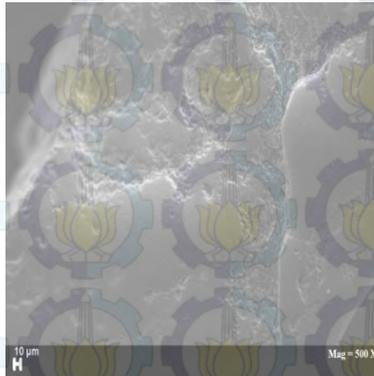
(a)



(b)



(c)



(d)

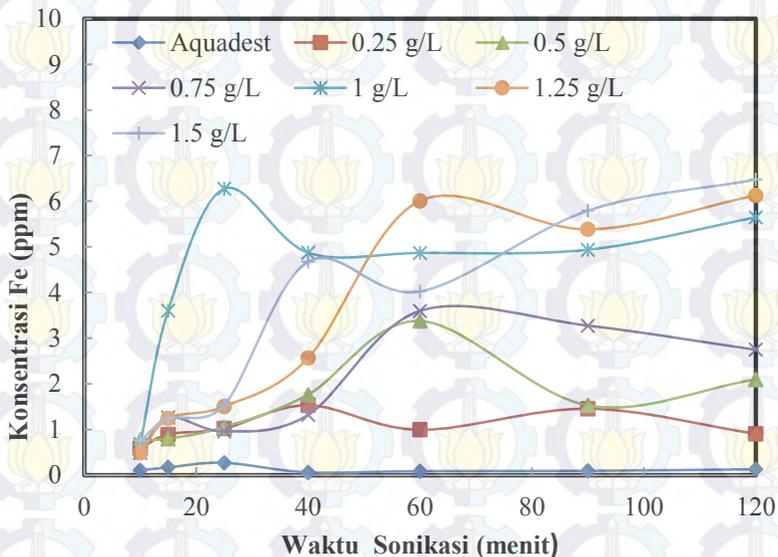
**Gambar IV.5** Morfologi pasir silika (a) sebelum proses sonikasi (b) sonikasi aquadest 120 menit (c) Sonikasi asam oksalat 15 menit (d) Sonikasi asam oksalat 120 menit

Gambar IV.5. menunjukkan bentuk morfologi pasir silika sebelum dan setelah p roses sonikasi dengan media leaching aquadest dan asam oksalat pada suhu 30°C dan waktu sonikasi 25 menit untuk media leaching asam oksalat 1,5 g/L dan 120 menit

untuk media leaching aquadest dan asam oksalat 1,5 g /L menggunakan Analisa *Scanning Electrone Microscopy* (SEM). Pada Gambar IV.5 (a) merupakan bentuk morfologi pasir silika yang sebelum dilakukan proses sonikasi, menunjukkan komponen pengotor/impuritis terlihat pada permukaan mineral coating. Gambar IV.5 (b) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika yang telah disonikasi dengan menggunakan aquadest selama 120 menit, beberapa mineral masih menempel pada permukaan pasir silika tetapi jumlahnya sangat sedikit serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Gambar IV.5 (c) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika setelah proses sonikasi menggunakan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g /L dengan waktu sonikasi 15 menit, menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya impurities yang terdapat pada permukaan pasir silika serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang apabila dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Gambar IV.5 (d) menunjukkan bentuk morfologi pasir silika setelah proses sonikasi menggunakan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dengan waktu sonikasi 120 menit, menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya impurities yang terdapat pada permukaan pasir silika serta menunjukkan permukaan pasir yang lebih kasar dan berlubang apabila dibandingkan dengan morfologi permukaan pasir silika sebelum proses sonikasi. Fenomena ini dapat terjadi karena adanya peranan dari gelombang impuls yang kuat yaitu gelombang sonikasi, yang dapat mengeluarkan impuritis dari pasir silika kedalam fase cair dan kemudian impurities berupa  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  dan komponen lainnya dapat bereaksi dengan asam oksalat dengan mudah (Feihu dkk., 2010). Hal ini berarti bahwa gabungan metode sonikasi dan leaching asam dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan gabungan metode sonikasi dan media leaching aquadest.

### IV.3.3 Analisa Spektrofotometer UV-Vis

Analisa dengan spektrofotometer UV-Vis ini bertujuan untuk mengetahui jumlah Fe yang terlarut kedalam media leaching melalui proses sonikasi. Pada analisa ini menggunakan metode orthopenantrolin yang membentuk kompleks berwarna merah orange yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum untuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  yaitu antara 500–550 nm. Dari hasil analisa ini diperoleh jumlah Fe dalam satuan konsentrasi ppm. Hasil analisa Fe dengan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar IV.6.



**Gambar IV.6** Profil kadar Fe Setelah Proses Sonikasi ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Pada Gambar IV.6 menunjukkan bahwa semua larutan pencuci yang telah melalui proses sonikasi mengandung Fe baik media leaching aquadest maupun media leaching asam oksalat dalam berbagai konsentrasi. Dari analisa ini diperoleh bahwa

konsentrasi Fe yang terdapat pada media leaching aquadest lebih kecil apabila dibandingkan dengan konsentrasi Fe yang terdapat pada media leaching asam oksalat dalam berbagai variasi konsentrasi dan waktu sonikasi. Pada media leaching aquadest kadar Fe tertinggi yaitu pada waktu sonikasi 25 menit dengan kadar Fe sebesar 0,269 ppm. Sedangkan pada penggunaan asam oksalat sebagai media leaching terjadi perubahan kadar Fe seiring dengan bertambahnya waktu sonikasi dan variasi konsentrasi asam oksalat yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi asam oksalat yang digunakan semakin tinggi pula kadar Fe yang dihasilkan. Proses pelarutan impuritis Fe ini diakibatkan karena adanya efek dari sonikasi yang menghasilkan fenomena kavitasi. Pada fenomena ini menghasilkan ledakan bubble yang terjadi secara berulang secara kompresi dan ekspansi. Siklus kompresi mengerahkan tekanan positif yang mendorong molekul bersama-sama sedangkan siklus ekspansi mengerahkan tekanan negatif yang menarik molekul jauh dari satu sama lain (Suslick, 1994). Fenomena kavitasi ini menyebabkan peristiwa *microjetting*, yaitu suatu peristiwa terjadinya tumbukan antara bubble dengan permukaan padatan yang membentuk cracking pada matriks pasir silika. Sehingga dapat memudahkan pelarutan impuritis yang berada didalam matriks pasir silika (Castro & Capote, 2006). Penggunaan media leaching asam oksalat menghasilkan kadar Fe yang lebih tinggi mencapai 6,474 ppm dibandingkan dengan penggunaan media leaching aquadest. Hal ini membuktikan asam oksalat merupakan media leaching yang baik untuk digunakan sebagai media leaching dalam pemurnian pasir silika dengan metode sonikasi dan bantuan leaching asam karena dapat melarutkan komponen impurities yang terkandung didalam partikel pasir dengan baik.

Dari hasil analisa XRF dan Spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat bahwa pasir silika hasil sonikasi dengan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L pada waktu 120 menit memiliki kadar  $\text{SiO}_2$  tinggi dan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  rendah yang dianalisa dengan XRF dari padatan pasir silika hasil sonikasi, sedangkan pada

larutan hasil sonikasi yang dianalisa dengan Spektrofotometer UV-Vis diperoleh konsentrasi Fe tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa impuritis dari pasir silika telah berkurang setelah dilakukan proses sonikasi dengan media leaching asam oksalat, dengan removal Fe dari pasir silika sebesar 53,33% dan removal Al 84,56%.

Apabila ditinjau dari segi penentuan neraca massa, diketahui bahwa kandungan Fe pada pasir silika sebelum proses sonikasi adalah 0,03 gram dalam 20 gram pasir. Setelah proses sonikasi, dilakukan pemisahan antara pasir silika dan media leaching. Pasir silika kemudian dianalisa dengan XRF dan diperoleh massa Fe pada pasir silika berkurang menjadi 0,014 gram pada waktu sonikasi 120 menit dengan media leaching asam oksalat 1,5 g/L. Kemudian, untuk media leaching asam oksalat yang telah digunakan pada proses sonikasi dianalisa dengan Spektrofotometer UV-Vis dan diperoleh massa Fe yang terdapat pada larutan adalah 0,00129 gram. Hilangnya massa Fe berdasarkan perhitungan neraca massa terdapat pada endapan yang dipisahkan dari media leaching hasil sonikasi sebelum dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis.

## **BAB V**

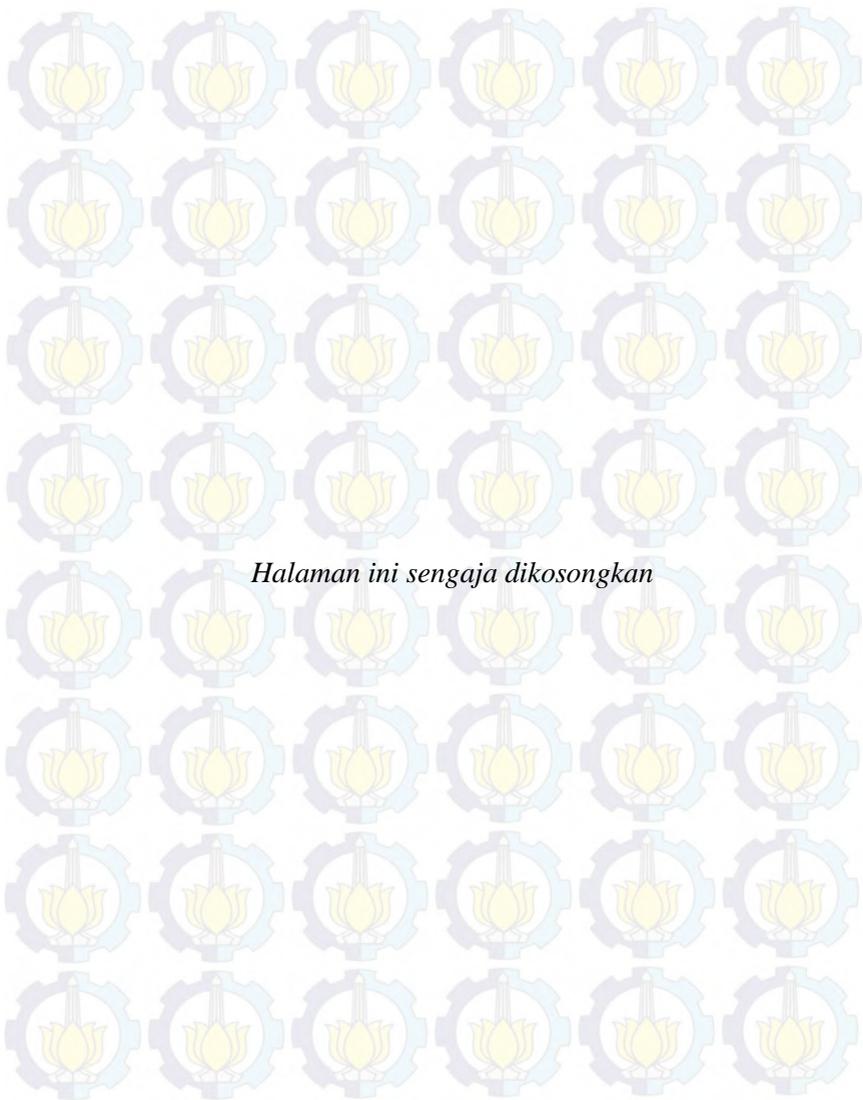
### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

1. Proses sonikasi dapat digunakan untuk pemurnian pasir silika dengan kemurnian tinggi. Kemurnian silika tertinggi yang diperoleh yaitu 99,46%.
2. Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Fluoroscense* (XRF) diperoleh pasir silika dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  99.37% pada waktu sonikasi 10 menit sedangkan pada waktu sonikasi 120 menit diperoleh pasir silika dengan kadar  $\text{SiO}_2$  tertinggi sebesar 99,46% dan kadar impurits  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,07% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,21% pada media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi selama 120 menit.
3. Berdasarkan hasil analisa spektrofotometer UV-Vis diperoleh konsentrasi Fe tertinggi yaitu 6,474 ppm pada pemurnian pasir silika dengan media leaching asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi 120 menit.
4. Berdasarkan hasil analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) diperoleh morfologi pasir silika yang bebas dari impuritis pada pasir silika setelah proses sonikasi dengan asam oksalat konsentrasi 1,5 g/L dan waktu sonikasi selama 120 menit.

#### **V.2 Saran**

Untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian yang tinggi perlu dipelajari parameter lainnya selain waktu sonikasi dan konsentrasi asam oksalat yang digunakan. Seperti kecepatan pengadukan salah satu parameter yang mempengaruhi rate leaching dan yield yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Byan Technology Indonesia. 2011. *Pengolahan Pasir Silika*. [http:// www.byantech.com/ kategori-pabrik/pengolahan-pasir-silika/](http://www.byantech.com/kategori-pabrik/pengolahan-pasir-silika/) (diakses pada tanggal 5 Agustus 2014).
- Castro, M. D. L., and Capote F. P. 2006. “*Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry*”. Analytical Applications of Ultrasound. 26, 99-137.
- Feihu D., Jingsheng L., Xiaoxia L., & Zhang Z. 2010. “*Improvement of Iron Removal Silica Sand Using Ultrasound Assisted Oxalic Acid*”. Ultrasonics Sonochemistry. 18, 389-393.
- Fessenden, R. J. & J. S. Fessenden. 2001. *Kimia Organik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Fhendy. 2011. *Pasir Kuarsa*. <http://uvrimining.blogspot.com/2011/12/pasir-kuarsa.html/> (diakses pada tanggal 5 Agustus 2014).
- Garcia, J.L. & Castro, M.D. 2003. “*Ultrasound: a Powerful Tool for Leaching*.” Trends in Analytical Chemistry. 22, 41-47.
- Hielscher Ultrasonics GmbH, AmDobelbach, 19 D-70184 Stuttgart, Germany; [www.hielscher.com](http://www.hielscher.com), last accessed 13 Agustus 2014.
- Jian Zhang, Tingju, L., Xiadong, M., Dawei, L., Ning L., & Dehua L. 2009. “*Optimization of the Leaching Process by Using an Ultrasonic Field for Metallurgical Grade Silicon*”. Journal of Semiconductors. 30, 53002-1.

Lucas, Howard J, David Pressman. 1949. *Principles and Practice In Organic Chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Martinaz, J. L. C. 2009. *Ultrasound In Chemistry, Analytical Applications*. Portugal:Wiley-VCH.

Mason, T.J. 2014. *Introduction to Sonochemistry*. <http://www.sonochemistry.info/introduction.htm/> (diakses pada tanggal 14 Agustus 2014).

Ming-Tsai, L., Yi-Chin, Y., Ru-Chien, L., Bo-Han, C., Jen-Chieh C., “Yung-Fang, & Yu-Chang. 2012. *Silica Purification By Subcritical Water Leaching*”. Institute of Nuclear Energy Research.

Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian.145 Liberti*. Yogyakarta.

Suslick Kenneth S. 1994. “*The Chemistry of Ultrasound.*” Encyclopedia Britannica: Chicago, pp 138-155.

Swamy K.M. & Narayana K.L. 2001. “*Intensification of Leaching Process by Dual-Frequency Ultrasound*”. Ultrasonics Sonochemistry. 8, 341-346.

Ubay, bey. 2011. *Ekstraksi padat-cair*. [www.ekstraksi-padat-cair.html](http://www.ekstraksi-padat-cair.html) diakses pada tanggal 10 Desember 2014.

Veglio F., Passariello B., & Abburuzzese, C. 1999. “*Iron Removal Process for High-Purity Silica Sand Production by Oxalic Acid Leaching*”. Ind. Eng. Chem. Res. 38, 4443-4448.

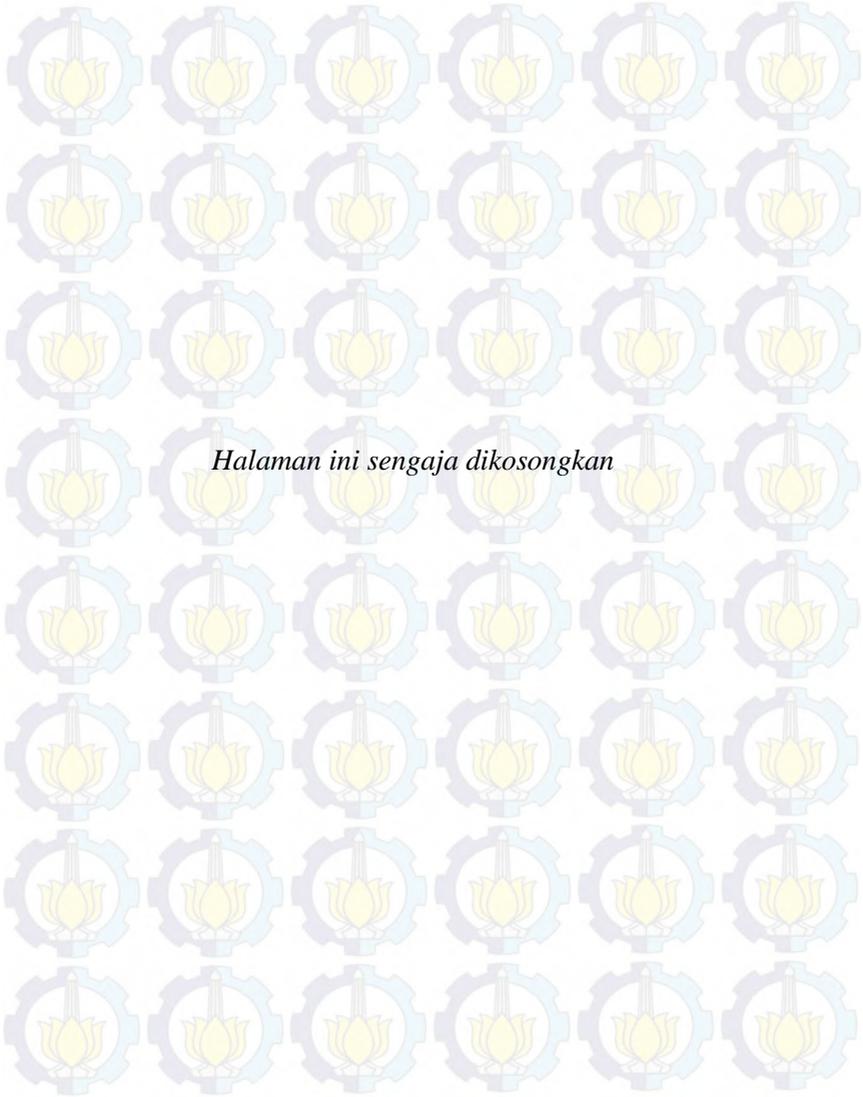
Vogel, A.I. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Edisi kelima. Bagian II. Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A.H. dkk. Jakarta: PT Kalman Pustaka.

Wang, dkk.. 2007. *Preparation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Spherical Nanoporous Part Facilitated by Polyethylene Glycol 4000*. Vol.4, 1439-1446.

White, H.M. 2005. *Geochemistry*. John-Hopkins University Press.

Wibawa, Indra. 2012. *Ekstraksi Cair-Cair*. Lampung: Teknik Kimia Universitas. Lampung

Wilson I. D, Michael C, Colin F P, Edward R A. 2000. "Encyclopedia of Separation Science". *Academic Press*. 118-119.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## APPENDIKS

### 1. Pembuatan Larutan Asam Oksalat untuk Variasi Konsentrasi

#### a. Konsentrasi 0,25 g/L

$$\text{Konsentrasi A.O} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{V \text{ (mL)}}$$
$$0,25 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{200 \text{ mL}}$$

$$\text{massa A.O} = 0,05 \text{ g}$$

#### b. Konsentrasi 0,5 g/L

Untuk konsentrasi asam oksalat 0,5 g/L diperlukan asam oksalat 0,1 g

#### c. Konsentrasi 0,75 g/L

Untuk konsentrasi asam oksalat 0,75 g/L diperlukan asam oksalat 0,15 g

#### d. Konsentrasi 1 g/L

Untuk konsentrasi asam oksalat 1 g/L diperlukan asam oksalat 0,2 g

#### e. Konsentrasi 1,25 g/L

Untuk konsentrasi asam oksalat 1,25 g/L diperlukan asam oksalat 0,25 g

#### f. Konsentrasi 1,5 g/L

Untuk konsentrasi asam oksalat 1,5 g/L diperlukan asam oksalat 0,3 g

## 2. Hasil analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) setelah Proses Sonikasi

### a. Kadar $\text{SiO}_2$ (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	97.75	97.75	97.75	97.75	97.75	97.75	97.75
10	98.81	99.29	99.32	99.26	99.35	99.1	99.37
15	99.23	99.31	99.34	99.35	99.41	99.14	99.46
25	99.31	99.29	99.4	99.29	99.36	99.17	99.45
40	99.29	99.26	99.38	99.34	99.45	99.16	99.42
60	99.23	99.29	99.33	99.29	99.44	99.15	99.43
90	99.15	99.36	99.37	99.38	99.37	99.18	99.39
120	99.4	99.42	99.43	99.34	99.39	99.17	99.46

### b. Kadar $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi Asam Oksalat (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
10	0.14	0.1	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09
15	0.08	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08
25	0.08	0.1	0.08	0.09	0.09	0.07	0.07
40	0.07	0.1	0.1	0.1	0.07	0.07	0.08
60	0.08	0.1	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08
90	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.09
120	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07

**c. Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>10</b>	0.38	0.25	0.23	0.24	0.22	0.26	0.22
<b>15</b>	0.26	0.24	0.21	0.22	0.19	0.25	0.2
<b>25</b>	0.22	0.28	0.19	0.23	0.2	0.24	0.19
<b>40</b>	0.23	0.25	0.21	0.22	0.18	0.25	0.19
<b>60</b>	0.21	0.24	0.22	0.24	0.19	0.25	0.21
<b>90</b>	0.27	0.25	0.21	0.21	0.21	0.25	0.22
<b>120</b>	0.22	0.21	0.18	0.23	0.21	0.24	0.21

**d. Konsentrasi MgO (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>10</b>	0.25	0.07	0.08	0.12	0.07	0.21	0.05
<b>15</b>	0.13	0.06	0.07	0.1	0.06	0.18	0.04
<b>25</b>	0.31	0.07	0.07	0.11	0.07	0.2	0.05
<b>40</b>	0.14	0.06	0.06	0.09	0.05	0.19	0.05
<b>60</b>	0.15	0.08	0.07	0.11	0.06	0.19	0.03
<b>90</b>	0.18	0.07	0.07	0.08	0.07	0.2	0.03
<b>120</b>	0.08	0.06	0.05	0.1	0.05	0.2	0.04

**e. Konsentrasi CaO(%)**

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
10	0.18	0.16	0.12	0.15	0.15	0.2	0.14
15	0.15	0.17	0.11	0.14	0.12	0.19	0.11
25	0.2	0.14	0.12	0.14	0.13	0.18	0.12
40	0.13	0.15	0.1	0.11	0.11	0.19	0.13
60	0.13	0.15	0.12	0.12	0.12	0.2	0.11
90	0.15	0.11	0.11	0.1	0.14	0.18	0.14
120	0.09	0.09	0.1	0.11	0.14	0.19	0.12

**f. Konsentrasi Na<sub>2</sub>O (%)**

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
10	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03
15	0.04	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.02
25	0.05	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03
40	0.03	0.01	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03
60	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03
90	0.04	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.02
120	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02

**g. Konsentrasi K<sub>2</sub>O (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
<b>10</b>	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0	0.01
<b>15</b>	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>25</b>	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
<b>40</b>	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0	0.01
<b>60</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
<b>90</b>	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
<b>120</b>	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01

**h. Konsentrasi S (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
<b>10</b>	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.01
<b>15</b>	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.01
<b>25</b>	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.02
<b>40</b>	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03
<b>60</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03
<b>90</b>	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03
<b>120</b>	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.01

**i. Konsentrasi  $P_2O_5$  (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
<b>10</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>15</b>	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>25</b>	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>40</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>60</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>90</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>120</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

**j. Konsentrasi  $Cr_2O_3$  (%)**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi (g/L)</b>						
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>0</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>10</b>	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>15</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>25</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>40</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>60</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>90</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>120</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

**k. Konsentrasi MnO<sub>2</sub> (%)**

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.02	0	0.01	0	0	0	0
15	0.01	0	0.01	0	0	0	0
25	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0
40	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0
60	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0
90	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0
120	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0

**l. Konsentrasi TiO<sub>2</sub> (%)**

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
40	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
60	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
90	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01
120	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01

### 3. Removal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

#### a. Menghitung Removal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{\text{Kadar Fe}_2\text{O}_3 \text{ akhir}}{\text{Kadar Fe}_2\text{O}_3 \text{ awal}}\right) \times 100$$

- Removal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada Konsentrasi 1,5 g/L pada waktu 15 menit

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{0.15}{0.08}\right) \times 100$$

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = 46.67\%$$

- Removal Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada berbagai kondisi

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0	0	0	0	0	0	0
10	6.67	33.33	40.00	46.67	46.67	46.67	40.00
15	46.67	26.67	26.67	46.67	46.67	46.67	46.67
25	46.67	33.33	46.67	40.00	40.00	53.33	53.33
40	53.33	33.33	33.33	33.33	53.33	53.33	46.67
60	46.67	33.33	26.67	46.67	46.67	46.67	46.67
90	40.00	46.67	40.00	46.67	53.33	53.33	40.00
120	53.33	40.00	40.00	46.67	46.67	46.67	53.33

#### b. Menghitung Removal Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

$$\text{Removal Al}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{\text{Kadar Al}_2\text{O}_3 \text{ akhir}}{\text{Kadar Al}_2\text{O}_3 \text{ awal}}\right) \times 100$$

- Removal Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada Konsentrasi 1,5 g/L pada waktu 15 menit

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{1.36}{0.2}\right) \times 100$$

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = 85.29\%$$

- Removal Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada berbagai kondisi

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0	0	0	0	0	0	0
10	72.06	81.62	83.09	82.35	83.82	80.88	83.82
15	80.88	82.35	84.56	83.82	86.03	81.62	85.29
25	83.82	79.41	86.03	83.09	85.29	82.35	86.03
40	83.09	81.62	84.56	83.82	86.76	81.62	86.03
60	84.56	82.35	83.82	82.35	86.03	81.62	84.56
90	80.15	81.62	84.56	84.56	84.56	81.62	83.82
120	83.82	84.56	86.76	83.09	84.56	82.35	84.56

#### 4. Analisa Spektrofotometer UV-Vis

##### a. Perhitungan Pembuatan Pereaksi Larutan Standar Fe(NH<sub>4</sub>OH)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan Konsentrasi 1000 ppm

$$\text{Mr Fe} = 56 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr Fe(NH}_4\text{OH)}_2\text{SO}_4 = 392 \text{ g/mol}$$

$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{Mr Fe}}{\text{Mr Fe(NH}_4\text{OH)}_2\text{SO}_4} \times \frac{\text{massa (mg)}}{\text{V (L)}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{56 \text{ g/mol}}{392 \text{ g/mol}} \times \frac{\text{massa}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = 700 \text{ mg}$$

$$\text{massa} = 0,7 \text{ g}$$

**b. Pembuatan Larutan Standar  $\text{Fe}(\text{NH}_4\text{OH})_2\text{SO}_4$   
Konsentrasi 10 ppm**

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Keterangan:

$V_1$  = Volume larutan induk (mL)

$C_1$  = Konsentrasi larutan induk (ppm)

$V_2$  = Volume larutan standar

$C_2$  = Konsentrasi larutan standar

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Volume larutan induk yang digunakan untuk membuat larutan standar konsentrasi 10 ppm sebanyak 1 mL

**c. Deret Standar Larutan  $\text{Fe}(\text{NH}_4\text{OH})_2\text{SO}_4$**

- Konsentrasi 0,5 ppm

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Keterangan:

$V_1$  = Volume larutan standar (mL)

$C_1$  = Konsentrasi larutan standar (ppm)

$V_2$  = Volume larutan deret standar

$C_2$  = Konsentrasi larutan deret standar

$$V_1 \times 10 \text{ ppm} = 10 \text{ mL} \times 0,5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 1 ppm sebanyak 0,5 mL.

- Konsentrasi 1 ppm

Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 2 ppm sebanyak 1 mL.

- Konsentrasi 1,5 ppm

Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 3 ppm sebanyak 1,5 mL.

- Konsentrasi 2 ppm  
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 4 ppm sebanyak 2 mL.
- Konsentrasi 2,5 ppm  
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 5 ppm sebanyak 2,5 mL.

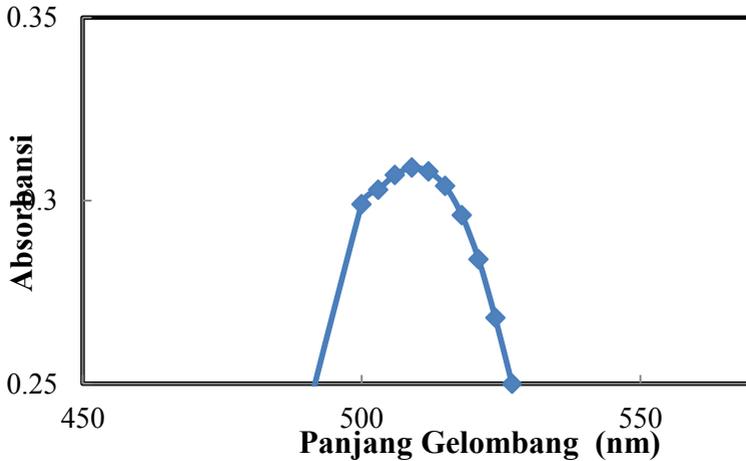
**d. Menentukan Panjang Gelombang Maksimum**

- Tabel penentuan gelombang maksimum

$\lambda$	blanko	2,5 ppm
450	0	0
500	0	0.299
503	0	0.303
506	0	0.307
509	0	0.309
512	0	0.308
515	0	0.304
518	0	0.296
521	0	0.284
524	0	0.268
527	0	0.250
530	0	0.233
533	0	0.209
536	0	0.188
539	0	0.162
542	0	0.142
545	0	0.123
548	0	0.105

- Grafik penentuan panjang gelombang maksimum

### Mencari panjang gelombang maksimum



#### e. Kurva Kalibrasi

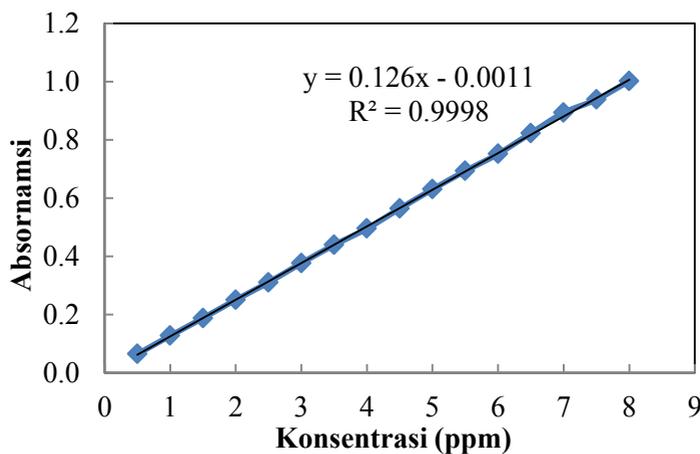
- Tabel kurva kalibrasi

Absorbansi	Konsentrasi					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
1	0.067	0.129	0.190	0.252	0.308	0.379
2	0.063	0.126	0.188	0.250	0.314	0.376
3	0.063	0.127	0.186	0.251	0.310	0.376
<b>Rata-rata</b>	<b>0.064</b>	<b>0.127</b>	<b>0.188</b>	<b>0.251</b>	<b>0.311</b>	<b>0.377</b>

Absorbansi	Konsentrasi					
	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	0.439	0.496	0.565	0.632	0.692	0.751
2	0.440	0.495	0.564	0.629	0.694	0.753
3	0.438	0.496	0.563	0.630	0.694	0.752
<b>Rata-rata</b>	<b>0.439</b>	<b>0.496</b>	<b>0.564</b>	<b>0.630</b>	<b>0.693</b>	<b>0.752</b>

Absorbansi	Konsentrasi			
	6.5	7	7.5	8
1	0.824	0.893	0.939	1.002
2	0.822	0.895	0.940	1.001
3	0.824	0.892	0.938	1.004
<b>Rata-rata</b>	<b>0.823</b>	<b>0.893</b>	<b>0.939</b>	<b>1.002</b>

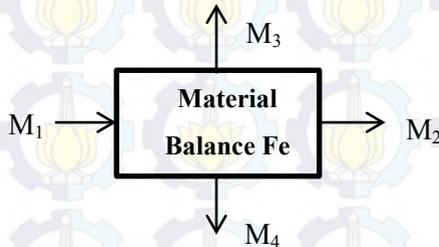
- Grafik kurva kalibrasi



### f. Hasil Analisa Fe dengan Spektrofotometer UV-Vis

Waktu (menit)	Konsentrasi Asam Oksalat (g/L)						
	Aq.	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
10	0.104	0.582	0.774	0.484	0.677	0.487	0.754
15	0.168	0.892	0.799	1.264	3.603	1.239	1.239
25	0.269	1.019	1.052	0.958	6.273	1.503	1.529
40	0.060	1.529	1.762	1.319	4.872	2.563	4.673
60	0.085	0.992	3.376	3.597	4.867	6.007	4.022
90	0.093	1.453	1.526	3.274	4.937	5.384	5.793
120	0.127	0.905	2.095	2.746	5.645	6.126	6.474

### 5. Material Balance Fe



Keterangan:

$M_1$  : Massa Fe awal sebelum proses sonikasi

$M_2$  : Massa Fe akhir setelah proses sonikasi

$M_3$  : Massa Fe pada media leaching

$M_4$  : Massa Fe pada endapan

**a. Massa Fe dalam 20 gram pasir silika**

$$\text{Massa Fe} = \text{Kadar Fe (\%)} \times 20 \text{ gram}$$

- Massa Fe pada konsentrasi 0.25 g/L dan waktu sonikasi 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa Fe} &= 0.1\% \times 20 \\ &= 0.02 \text{ gram} \end{aligned}$$

- Massa Fe pada berbagai kondisi

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
10	0.028	0.02	0.018	0.016	0.016	0.016	0.018
15	0.016	0.022	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016
25	0.016	0.02	0.016	0.018	0.018	0.014	0.014
40	0.014	0.02	0.02	0.02	0.014	0.014	0.016
60	0.016	0.02	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016
90	0.018	0.016	0.018	0.016	0.014	0.014	0.018
120	0.014	0.018	0.018	0.016	0.016	0.016	0.014

**b. Massa Fe dalam 200 mL media leaching**

$$\text{Massa Fe} = \text{Kadar Fe} \left( \frac{mg}{L} \right) \times 0.2 \text{ L} \times \frac{1 g}{1000 mg}$$

- Massa Fe pada konsentrasi 0.25 g/L dan waktu sonikasi 10 menit

$$\text{Massa Fe} = 0.58201 \left( \frac{mg}{L} \right) \times 0.2 \text{ L} \times \frac{1 g}{1000 mg}$$

$$\text{Massa Fe} = 0.00012 \text{ gram}$$

- Massa Fe pada berbagai kondisi

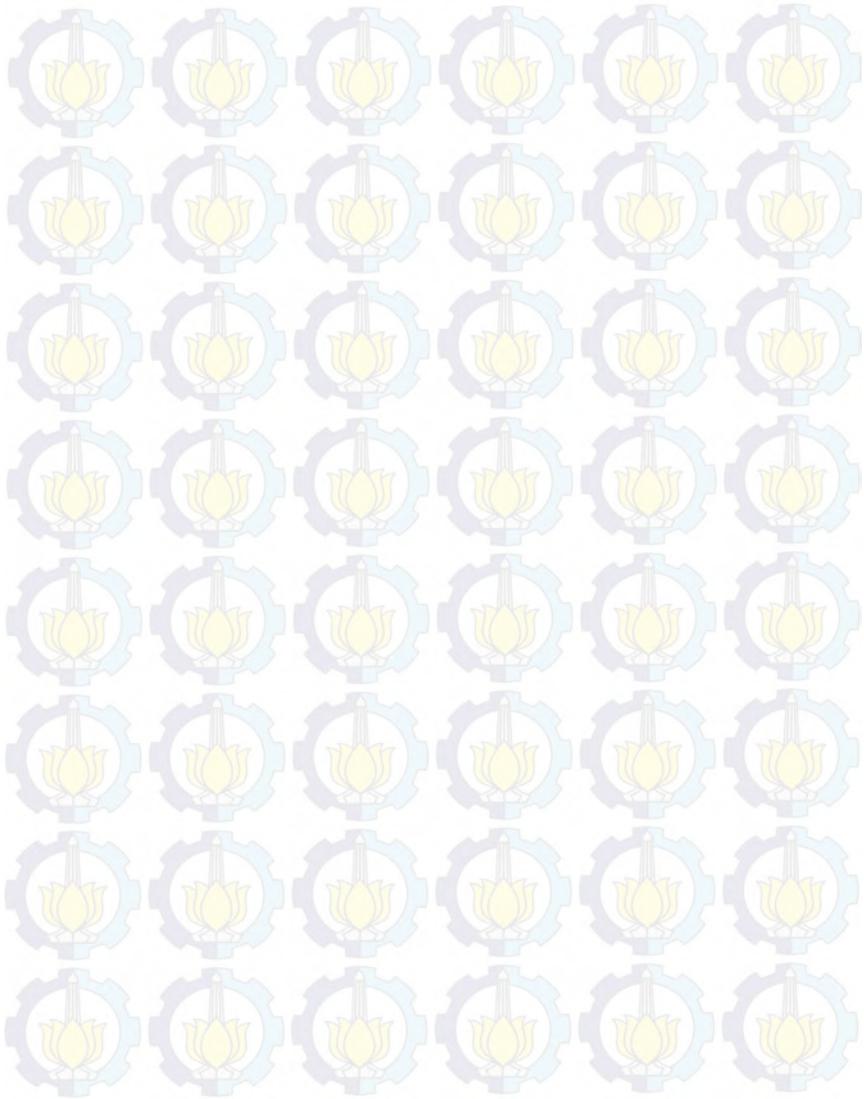
<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi</b>			
	<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>
<b>10</b>	0.00002	0.00012	0.00015	0.00010
<b>15</b>	0.00003	0.00018	0.00016	0.00025
<b>25</b>	0.00005	0.00020	0.00021	0.00019
<b>40</b>	0.00001	0.00031	0.00035	0.00026
<b>60</b>	0.00002	0.00020	0.00068	0.00072
<b>90</b>	0.00002	0.00029	0.00031	0.00065
<b>120</b>	0.00003	0.00018	0.00042	0.00055

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi</b>		
	<b>1</b>	<b>1.25</b>	<b>1.5</b>
<b>10</b>	0.00014	0.00010	0.00015
<b>15</b>	0.00072	0.00025	0.00025
<b>25</b>	0.00125	0.00030	0.00031
<b>40</b>	0.00097	0.00051	0.00093
<b>60</b>	0.00097	0.00120	0.00080
<b>90</b>	0.00099	0.00108	0.00116
<b>120</b>	0.00113	0.00123	0.00129

### c. Menghitung Massa Fe yang hilang

No.	Fe awal pada padatan (g)	Fe akhir pada padatan (g)	Fe yang terekstrak = Fe pada larutan (g)	Selisih Fe (g)	Error (%)
1	0.03	0.028	0.00002	0.00198	98.96
2	0.03	0.02	0.00012	0.00988	98.84
3	0.03	0.018	0.00015	0.01185	98.71
4	0.03	0.016	0.00010	0.01390	99.31
5	0.03	0.016	0.00014	0.01386	99.03
6	0.03	0.016	0.00010	0.01390	99.30
7	0.03	0.018	0.00015	0.01185	98.74
8	0.03	0.016	0.00003	0.01397	99.76
9	0.03	0.022	0.00018	0.00782	97.77
10	0.03	0.022	0.00016	0.00784	98.00
11	0.03	0.016	0.00025	0.01375	98.19
12	0.03	0.016	0.00072	0.01328	94.85
13	0.03	0.016	0.00025	0.01375	98.23
14	0.03	0.016	0.00025	0.01375	98.23
15	0.03	0.016	0.00005	0.01395	99.62
16	0.03	0.02	0.00020	0.00980	97.96
17	0.03	0.016	0.00021	0.01379	98.50
18	0.03	0.018	0.00019	0.01181	98.40
19	0.03	0.018	0.00125	0.01075	89.54
20	0.03	0.014	0.00030	0.01570	98.12
21	0.03	0.014	0.00031	0.01569	98.09
22	0.03	0.014	0.00001	0.01599	99.93

23	0.03	0.02	0.00031	0.00969	96.94
24	0.03	0.02	0.00035	0.00965	96.48
25	0.03	0.02	0.00026	0.00974	97.36
26	0.03	0.014	0.00097	0.01503	93.91
27	0.03	0.014	0.00051	0.01549	96.80
28	0.03	0.016	0.00093	0.01307	93.32
29	0.03	0.016	0.00002	0.01398	99.88
30	0.03	0.02	0.00020	0.00980	98.02
31	0.03	0.022	0.00068	0.00732	91.56
32	0.03	0.016	0.00072	0.01328	94.86
33	0.03	0.016	0.00097	0.01303	93.05
34	0.03	0.016	0.00120	0.01280	91.42
35	0.03	0.016	0.00080	0.01320	94.25
36	0.03	0.018	0.00002	0.01198	99.84
37	0.03	0.016	0.00029	0.01371	97.92
38	0.03	0.018	0.00031	0.01169	97.46
39	0.03	0.016	0.00065	0.01335	95.32
40	0.03	0.014	0.00099	0.01501	93.83
41	0.03	0.014	0.00108	0.01492	93.27
42	0.03	0.018	0.00116	0.01084	90.35
43	0.03	0.014	0.00003	0.01597	99.84
44	0.03	0.018	0.00018	0.01182	98.49
45	0.03	0.018	0.00042	0.01158	96.51
46	0.03	0.016	0.00055	0.01345	96.08
47	0.03	0.016	0.00113	0.01287	91.94
48	0.03	0.016	0.00123	0.01277	91.25
49	0.03	0.014	0.00129	0.01471	91.91



## BIODATA PENULIS



### **Magvirah Januaryty**

Penulis dilahirkan di Ujung Pandang pada 25 Januari 1991, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Sudirman II Makassar, SMPN 6 Makassar, Sekolah Menengah Analis Kimia Makassar, DIII Politeknik Negeri Ujung Pandang. Setelah lulus dari Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2012, penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Email : [magvirah.januaryty@yahoo.co.id](mailto:magvirah.januaryty@yahoo.co.id)

## **BIODATA PENULIS**



### **Yuyun Yuniarti**

Penulis dilahirkan di Jakarta pada 29 Juni 1991, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu MI At-taqwa 08 Bekasi, MTS At-taqwa 02 Bekasi, MAN 1 Kota Bekasi, DIII Universitas Padjadjaran Bandung. Setelah lulus dari Universitas Padjadjaran Bandung pada tahun 2012, penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Email : [yuyunyuniarti91@gmail.com](mailto:yuyunyuniarti91@gmail.com)