



SKRIPSI – TK 141581

**PEMURNIAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN PROSES
SONIKASI DALAM MEDIA ASAM OKSALAT**

Oleh:

**Bahang Surya Diwanta
NRP. 2312 106 005**

**Nurdina Bestari
NRP. 2312 106 018**

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 141581

**PURIFICATION OF SILICA SAND USING ULTRASOUND
PROCESSES ON OXALIC ACID MEDIA**

by:

**Bahang Surya Diwanta
NRP. 2312 106 005**

**Nurdina Bestari
NRP. 2312 106 018**

Academic 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**

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

LEMBAR PENGESAHAN

PEMURNIAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN PROSES SONIKASI DALAM MEDIA ASAM OKSALAT

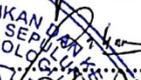
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Bahang Surya Diwanta	2312 106 005
Nurdina Bestari	2312 106 018

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng
(Pembimbing I)
2. Prida Novarita T., ST., M.T.
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng
(Penguji I)
4. Dr. Yeni Rahmawati, ST., M.T.
(Penguji II)
5. Hikmatun Ni'mah, ST., MS, Ph.D
(Penguji III)



PEMURNIAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN PROSES SONIKASI DALAM MEDIA ASAM OKSALAT

Nama/NRP : 1. Bahang Surya Diwanta (2312106005)
2. Nurdina Bestari (2312106018)
Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing: 1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.
2. Prida Novarita T., S.T., M.T.

ABSTRAK

Silika dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku beberapa industri, salah satunya adalah industri kaca. Industri kaca memerlukan pasir silika dengan kemurnian tinggi yang memiliki kandungan besi (Fe) maksimum 0,03% serta kandungan silika (SiO_2) minimum 99%. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kemurnian silika yang tinggi perlu dilakukan proses pemurnian. Salah satu metode pemurnian pasir silika dapat dilakukan dengan proses sonikasi menggunakan bantuan asam lemah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh sonikasi pada proses pemurnian silika serta memperoleh konsentrasi asam dan waktu proses pemurnian silika yang optimal. Produk padatan dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan produk cair dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Pada proses pemurnian pasir silika Rembang hasil analisa XRF menunjukkan bahwa kemurnian tertinggi diperoleh dari penggunaan media *leaching* aquadest dengan waktu sonikasi 60 menit dimana kemurnian meningkat dari 94,16 menjadi 97,97%. Sedangkan kadar pengotor besi terkecil diperoleh pada sonikasi 60 menit menggunakan asam oksalat 1 g/L, yang menghasilkan kandungan Fe 0,07%. Hasil analisa SEM menunjukkan adanya perubahan morfologi pada pasir silika sebelum dan setelah proses sonikasi baik menggunakan aquadest dan asam oksalat. Sedangkan analisa spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa pada larutan hasil sonikasi terdapat kandungan Fe.

Kata kunci : Pasir silika, pemurnian, sonikasi, asam oksalat

PURIFICATION OF SILICA SAND USING ULTRASOUND PROCESSES ON OXALIC ACID MEDIA

Name/NRP : 1. Bahang Surya Diwanta (2312106005)
2. Nurdina Bestari (2312106018)
Departmen : Teknik Kimia FTI-ITS
Counsellor Lecturer: 1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.
2. Prida Novarita T., S.T., M.T.

ABSTRACT

Silica sand can be used as raw material for several industries , one of which is a glass industry. For glass industry silica sand must have hight purify, with contents of iron (Fe) maximum 0,03% and minimum of Silika (SiO_2) is 99%. Therefore purification process must be performed, one of several ways is using ultrasound with assistance of waek acid. The purpose of this study is to study the effect of ultrasound on silica sand purification and find the concentration of the acid with the optimum processing time to obtain purity silica sand with a high content. The result were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Fluorescence (XRF) for solid, and liquid using Spectrophotometer UV-Vis. In the purification process of Rembang 's silica sand, XRF analysis results showed that the purity of silica sand with aquadest for 60 minutes ultrasound can increased from 94,16% to 97,97% while the lowest impurities content get form ultrasound with 1 g/L oxalic acid for 60 minutes. While the results of SEM analysis showed morphological changes of silica sand after ultrasound process with leaching media are aquadest and oxalic acid. For analysis of the results of ultrasound solution by UV-Vis spectrophotometer showed that the presence of dissolved Fe in both media media leaching with aquadest and oxalic acid.

Key word: Silica sand, purification, ultrasound, oxalic acid

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, penulis akhirnya dapat menyelesaikan dengan baik penyusunan Laporan Skripsi dengan judul:

“PEMURNIAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN PROSES SONIKASI DALAM MEDIA ASAM OKSALAT”

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

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS
2. Bapak Setiyo Gunawan, S.T., PhD selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS serta Koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng. selaku Kepala Laboratorium Teknologi Material serta Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan saran kepada kami selama proses penyusunan Laporan Skripsi ini.
4. Ibu Prida Novarita T., S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan saran kepada kami selama proses penyusunan Laporan Skripsi ini.
5. Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., MSc., P.hD yang telah membimbing dan memberikan saran kepada kami selama proses penyusunan Laporan Skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu yang menjadi inspirator sekaligus motivator dan selalu setia mendampingi dan memberikan dukungan moril.
7. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Kimia FTI – ITS atas semua jasa serta bimbingan selama kami kuliah.
8. Rekan-rekan “*polimer crew*” yang telah memberikan motivasi.

9. 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 memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak. Pada akhirnya, kami selaku penyusun memohon maaf kepada semua pihak, apabila selama penyusunan laporan ini terdapat kesalahan. Kami berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 14 Juli 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pasir Silika.....	6
II.2 Asam Oksalat.....	8
II.3 Sonikasi.....	9
II.4 Ekstraksi.....	15
II.5 Sonikasi dengan Bantuan Leaching Asam.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	
III.1 Bahan Penelitian.....	22
III.2 Peralatan Penelitian.....	23
III.3 Variabel Penelitian.....	24
III.4 Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1. Karakterisasi Pasir Silika.....	28
IV.2. Proses Sonikasi.....	30
IV.2.1. Pengaruh waktu sonikasi.....	31
IV.2.2. Pengaruh Konsentrasi Asam Oksalat.....	33
IV.3. Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	36
IV.4. Analisa Spektrofotometri UV – Vis.....	38
IV.5. Pasir Silika dengan Dua Kali Proses Sonikasi.....	40
IV.6. Proses Sonikasi pada Pasir Silika dari Kepulauan Bangka.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan.....	45
V.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR NOTASI
APPENDIKS A
APPENDIKS B

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Komposisi Kimia Secara Umum Pasir Kuarsa Di Indonesia.....	7
Tabel II.2	Sifat kimia dari Asam Oksalat.....	9
Tabel IV.1	Hasil Analisa XRF Pasir Silika Sebelum Dicuci.....	29
Tabel IV.2	Hasil Analisa XRF Pasir Silika Setelah Dicuci.....	30
Tabel IV.3	Hasil Analisa XRF Pasir Silika.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Gambar dari <i>Direct sonication</i>	11
Gambar II.2	Alat untuk <i>Indirect Sonication</i>	12
Gambar II.3	Generasi Gelembung Akustik.....	13
Gambar II.4	Kavitasi Akustik dalam Cairan Homogen.....	14
Gambar II.5	Kavitasi Pecahnya Gelembung pada atau Dekat Permukaan Padatan pada Sistem Heterogen.....	15
Gambar II.6	Mekanisme Leaching (A) Tanpa Sonikasi (B) dengan Sonikasi.....	20
Gambar II.7	Mekanisme Proses Sonikasi dan Leaching Asam.....	21
Gambar III.1	Skema Peralatan Proses Sonikasi.....	23
Gambar IV.1	Profil Kadar SiO ₂ Pasir silika Rembang Setelah Proses Sonikasi pada Variasi Konsentrasi Asam Oksalat dan Waktu Sonikasi.....	32
Gambar IV.2	Ilustrasi Matriks Pasir Silika.....	33
Gambar IV.3	Profil kadar Al ₂ O ₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi....	34
Gambar IV.4	Profil Kadar Al ₂ O ₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi.....	35
Gambar IV.5	Morfologi pasir silika perbesaran 500x (a) sebelum proses sonikasi (b) sonikasi menggunakan aquadest selama 60 menit (c) Sonikasi menggunakan asam oksalat dengan konsentrasi 1 g/L selama 60 menit.....	37
Gambar IV.6	Profil konsentrasi Fe Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi.....	39
Gambar IV.7	Profil Konsentrasi SiO ₂ Setelah Proses	

	Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi.....	42
Gambar IV.8	Profil Kadar Fe ₂ O ₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi.....	43
Gambar IV.9	Profil Kadar Al ₂ O ₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi.....	43

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
C	Konsentrasi	g/L
t	Waktu	menit
T	Suhu	°C
A.O	Asam Oksalat	gram

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pasir silika merupakan salah satu material tambang yang jumlahnya sangat melimpah di Indonesia. Pasir silika dapat ditemukan di beberapa daerah di Indonesia khususnya daerah Jawa (daerah Tuban dan Rembang), Sumatera (daerah Bangka Belitung), dan Kalimantan daerah Palangkaraya). Pasir silika merupakan salah satu bahan baku yang digunakan untuk berbagai industri misalnya industri semen, kaca, keramik, *sand blasting*, bata ringan, dan lain sebagainya. Masing-masing industri tersebut memiliki persyaratan kualitas pasir silika yang berbeda-beda. Misalnya, industri kaca membutuhkan pasir silika dengan kemurnian tinggi, dengan kandungan besi (Fe) maksimum 0,003% dan kandungan silika mencapai (SiO_2) minimum 99%. Berdasarkan kondisi tersebut, maka banyak dilakukan usaha untuk menghilangkan kandungan pengotor yang terkandung dalam pasir silika, baik secara kimia dan fisik. Terkadang beberapa metode tersebut dikombinasikan untuk meningkatkan kualitas pasir silika, dimana tingkat kecocokan metode tergantung dari kandungan mineral dan distribusi besi pada pasir silika tersebut.

Dalam perkembangannya, metode pemurnian pasir silika secara kimia telah menggunakan asam organik dan anorganik. Dimana asam anorganik yang paling banyak digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida. Namun penggunaan jenis asam tersebut membutuhkan biaya yang tinggi serta meninggalkan limbah yang mengganggu lingkungan sehingga penggunaannya tidak dapat diterima. Terlebih lagi, asam anorganik seperti asam sulfat dan asam klorida dapat mengkontaminasi mineral dengan SO_4^{2-} dan Cl^- secara mudah. Karena itulah banyak yang tertarik untuk mengembangkan metode alternatif seperti *leaching* dengan asam organik yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Bukan hanya itu, asam oksalat juga dipilih sebagai media *leaching* karena jenis asam ini memiliki kekuatan asam yang

tinggi serta memiliki karakteristik dan kemampuan reduksi yang baik dibandingkan asam organik lainnya.

Hingga kini, proses penghilangan besi dari pasir silika menggunakan metode kimia telah banyak diteliti demi mendapatkan parameter proses terbaik dan derajat penghilangan besi yang tinggi dengan biaya operasi sekecil mungkin. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah dengan menggabungkan penggunaan asam oksalat dengan metode fisik, yaitu dengan menambahkan proses *ultrasound*. *Ultrasound* sebagai energi pembantu telah sukses digunakan pada industri pertambangan. *Ultrasound* dapat membantu proses penghilangan kandungan besi dari permukaan pasir silika lebih baik jika dibandingkan dengan pembersihan secara mekanis, sehingga penambahan *ultrasound* tersebut diharapkan dapat meningkatkan laju penghilangan besi dari pasir silika (Feihu, dkk. 2010).

Penggunaan asam organik dan anorganik sebagai media *leaching* dalam proses penghilangan besi dari pasir silika juga pernah dikemukakan oleh M. Taxiarchou, dkk. (1996) dalam jurnalnya yang berjudul “Mekanisme Pelarutan Besi Oksida pada Larutan Asam Oksalat”, dimana pada asam organik banyak digunakan asam oksalat, asam sitrat dan asam askorbat sedangkan pada anorganik digunakan HF, HCl, H₂SO₄, dan HClO₄.

Veglio, dkk. (1999) juga telah melakukan percobaan mengenai penghilangan besi untuk memperoleh pasir silika dengan kemurnian yang tinggi dengan menggunakan asam oksalat sebagai media *leaching*. Proses penghilangan besi dari pasir silika bergantung pada ukuran pasir silika yang akan di ekstraksi dengan asam oksalat. Dimana asam oksalat tersebut akan mengekstrak besi yang terkandung dalam pasir silika. Semakin kecil ukuran dari pasir silika maka besi yang terekstrak oleh asam oksalat juga semakin banyak. Dari hasil percobaan tersebut, ditemukan ukuran partikel optimum sebesar 20µm yang dapat menghasilkan pasir silika dengan kemurnian tinggi setelah proses *leaching* berlangsung selama 3 jam.

Proses *ultrasound* dapat mempercepat waktu *leaching* dan menurunkan penggunaan reaktan. *Ultrasound* berpengaruh pada terbentuknya gelembung kavitasasi yang dapat merusak serta menghancurkan bijih logam secara cepat, sehingga akan

mereduksi ukuran partikel dari bijih logam. Selain itu, *ultrasound* juga dapat mempermudah media *leaching* untuk mengekstrak impuritis, sehingga dihasilkan bijih logam dengan kemurnian tinggi. Hal tersebut dikemukakan oleh Swamy & Narayana (2001) pada percobaan pemurnian bijih logam dengan proses *ultrasound*.

Zhang Jian, dkk. (2009) juga telah melakukan optimalisasi *leaching* asam menggunakan metode *ultrasound* untuk proses pemurnian silika. Percobaan tersebut menggunakan HCl sebagai media *leaching*. Menurut Zhang Jian, dkk (2009), proses *leaching* menggunakan *ultrasound* akan menyebabkan interaksi mekanik antara gelombang suara dengan cairan sehingga menyebabkan fenomena kavitasi. Akan tetapi penggunaan HCl sebagai media *leaching* akan membentuk *silicon tetrachloride* (SiCl_4) yang tidak dapat dihilangkan secara cepat, sehingga menyebabkan *rate leaching* menurun. Selain itu, penggunaan asam kuat dalam proses ini juga memerlukan *waste water treatment* untuk menangani limbah asam yang dihasilkan agar tidak membahayakan lingkungan sekitar.

Feihu, dkk. (2010) juga telah melakukan pemurnian pasir silika menggunakan *ultrasound* yang dibantu dengan asam oksalat. Pada percobaan ini, terjadi peningkatan penghilangan besi dari pasir silika dengan media *leaching* yang digunakan yaitu asam oksalat. Proses pemurnian silika ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya suhu dari *ultrasound*, serta konsentrasi asam yang digunakan. Suhu dari sonikasi dapat berpengaruh pada *rate leaching*, dimana semakin tinggi suhu maka *rate leaching* yang diperoleh akan semakin maksimal. Selain itu, proses pemurnian silika ini juga dipengaruhi oleh konsentrasi asam oksalat yang digunakan, dimana semakin tinggi konsentrasi asam oksalat yang digunakan maka peningkatan *rate leaching* semakin cepat, namun peningkatan *rate leaching* yang terjadi sangat sedikit. Kondisi optimum yang dapat 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, dapat diketahui bahwa proses pemurnian silika dapat dilakukan menggunakan metode yang ramah

lingkungan yaitu menggunakan proses *ultrasound* dengan pemanfaatan asam. Proses *ultrasound* ini akan mempercepat *rate leaching* serta menurunkan jumlah reaktan yang digunakan. Dengan kondisi tersebut, maka proses pemurnian silika menggunakan *ultrasound* dan asam sebagai media leaching perlu dipelajari lebih lanjut.

I.2 Perumusan Masalah

Pemurnian pasir silika dapat dilakukan dengan berbagai cara, yakni secara kimiawi (dengan penggunaan asam), fisika (sonikasi), dan gabungan keduanya. Seperti yang telah dilakukan oleh Feihu, dkk. (2010), bahwa proses pemurnian pasir silika dengan menggunakan proses sonikasi yang dibantu dengan asam oksalat dapat meningkatkan kemurnian silika yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan gelombang ultrasonik dapat menimbulkan akustik kavitasi. Selama proses kavitasi gelembung yang berada didekat padatan akan menghasilkan *microjetting* yang setara dengan pengaliran tekanan tinggi sehingga meningkatkan momentum dari solid dalam larutan yang menyebabkan partikel padatan berbenturan dengan kuat. Terjadinya peristiwa tersebutlah yang dapat mempercepat *rate leaching* dalam proses pemurnian silika.

Hal yang sama dilakukan oleh Magvirah dan Yuyun (2014), diperoleh pasir silika dengan kemurnian tertinggi sebesar 99,46%. Proses pemurnian tersebut lebih dipengaruhi oleh konsentrasi asam oksalat, dibandingkan waktu sonikasi. Hal ini disebabkan karena pada proses *leaching*, asam oksalat dapat melarutkan impuritas dari pasir silika. Apalagi dengan adanya bantuan sonikasi yang dapat membantu proses leaching tersebut pada waktu yang singkat. Sehingga perlu dipelajari lebih lanjut tentang proses pemurnian pasir silika menggunakan proses sonikasi dengan bantuan asam oksalat pada berbagai konsentrasi asam dan waktu sonikasi yang lebih pendek.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, antara lain:

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pasir Silika

Pasir silika merupakan salah satu bahan galian yang cukup melimpah di Indonesia. Hal ini dimungkinkan akibat kondisi Indonesia yang hampir setengahnya berupa batuan beku asam sebagai sumber pembentuk bahan galian tersebut. Pasir kuarsa banyak ditemukan pada daerah pesisir sungai, danau, pantai dan sebagian pada lautan yang dangkal. Mineral ini memegang peranan cukup penting bagi industri, baik sebagai bahan baku utama maupun sebagai bahan ikutan. 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).

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal silika (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 sebagai berikut:

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

Komponen	Kandungan (%)
SiO ₂	55,30 – 99,87
Fe ₂ O ₃	0,01 – 9,14
Al ₂ O ₃	0,01 – 18,00
TiO ₂	0,01 – 0,49
CaO	0,01 – 3,24
MgO	0,01 – 0,26
K ₂ O	0,01 - 17,00

(sumber : Obdum, 2010)

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 SiO₂ yang lebih tinggi dari sebelumnya (Horizon. 2011).

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

1. Kadar SiO₂ (Silikat)
2. Kadar pengotor Fe
3. Ukuran yang seragam
4. Warna

Kegunaan pasir silika

Pasir silika dimanfaatkan dalam berbagai industri, diantaranya:

- **Pasir Silika Untuk *Sand Blasting***

Sand blasting adalah teknik membersihkan kerak atau karat di mesin dan logam dengan penyemprotan pasir silika bertekanan tinggi. biasanya ukuran mesh 8×30 yang dipakai di sana. ada beberapa industri yang rutin membutuhkan pasir silika.

- **Industri Pertambangan dan Perminyakan**

Pemanfaatan pasir kuarsa pada industri pertambangan dan perminyakan (pemboran) adalah sebagai filter yang lebih dikenal dengan istilah gravel pack sand (GPS).

- **Industri Semen**

Pasir kuarsa pada pembuatan semen berfungsi sebagai pelengkap kandungan silika dalam semen yang dihasilkan. Kandungan silika untuk pabrik semen berkisar 21,3% SiO_2 . Apabila komposisi SiO_2 belum tercapai ditambahkan pasir kuarsa. Pemakaian pasir kuarsa di industri ini bervariasi tergantung kandungan silika bahan baku lainnya, biasanya berkisar antara 6 - 7 %.

- **Sebagai bahan utama industri berbentuk *silica flour***

Silica flour digunakan untuk industri gelas/kaca ($\text{SiO}_2 > 98\%$), industri semen (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).

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 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 (CaOOC-COOCa), penyusun utama jenis batu ginjal yang sering ditemukan. Berikut ini merupakan sifat kimia dari asam oksalat:

Tabel II.2 Sifat kimia dari Asam Oksalat

Rumus kimia	C₂H₂O₄
Massa Molar	90,03 g/mol
Warna dan bentuk	Kristal, putih
Densitas	1,90 g/cm ³
Titik lebur	-
Kelarutan dalam air	90 g pada 20%

(sumber: wikipedia.org)

Sifat – sifat umum Asam Oksalat

Asam oksalat dalam keadaan murni berupa senyawa kristal, larut dalam air (8% pada 10^o C) dan larut dalam alkohol. Asam oksalat membentuk garam netral dengan logam alkali (NaK), yang larut dalam air (5-25 %), 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.

Kegunaan Asam Oksalat

- Sebagai bahan pelapis yang melindungi logam dari kerak.
- Menetralkan kelebihan alkali pada pencucian dan sebagai bleaching.
- Bahan pencampur zat warna dalam industri tekstil dan cat.
- Sebagai inisiator dalam pabrik polimer

II.3. Sonikasi

Sonikasi merupakan aplikasi dari penggunaan energi suara untuk mengaduk partikel dalam suatu sampel dengan tujuan yang bermacam-macam. Sonikasi dapat digunakan untuk mempercepat pelarutan suatu materi dengan memecah reaksi intermolekuler, sehingga terbentuk partikel berukuran nano. Sonikasi berarti memberi perlakuan ultrasonik pada suatu bahan dengan kondisi tertentu, sehingga bahan tersebut mengalami reaksi kimia akibat perlakuan tersebut. Metode ini termasuk jenis metode top down dalam pembuatan material nano. cara menggunakan gelombang ultrasonik dengan rentang frekuensi 20 KHz-10 MHz yang

ditembakkan ke dalam medium cair untuk menghasilkan gelembung kavitasi yang dapat membuat partikel memiliki diameter dalam skala nano (Suslick dan Price 1999).

Gelombang ultrasonik bila berada di dalam medium cair akan dapat menimbulkan kavitasi akustik. Selama proses kavitasi akan terjadi *bubble collapse* (ketidakstabilan gelembung), yaitu pecahnya gelembung kecil akibat suara. Akibatnya akan terjadi peristiwa hotspot yang melibatkan energi yang sangat tinggi. Hotspot adalah pemanasan lokal yang sangat intens yaitu sekitar 5000 K dengan tekanan sekitar 1000 atm, laju pemanasan dan pendinginannya bisa sangat cepat yaitu 1010 K/s (Suslick dan Price 1999).

Pemberian gelombang ultrasonik pada suatu larutan menyebabkan molekul-molekul yang terkandung di dalam larutan berosilasi terhadap posisi rata-ratanya. Larutan akan mengalami regangan dan rapatan. Ketika energi yang diberikan oleh gelombang ultrasonik ini cukup besar, regangan gelombang bisa memecah ikatan antar molekul larutan, dan molekul larutan yang terpecah ikatannya ini akan memerangkap gas-gas yang terlarut didalam larutan ketika timbul rapatan kembali. Akibatnya timbul bola-bola berongga atau gelembung-gelembung yang berisi gas yang terperangkap, yang dikenal dengan efek kavitasi. Gelembung-gelembung ini bisa memiliki diameter yang membesar hingga ukuran maksimumnya, kemudian berkonstraksi, mengecil sehingga berkurang volumenya, bahkan beberapa hingga menghilang seluruhnya.

Pada beberapa kasus, ukuran gelembung bisa membesar dan mengecil (berosilasi) mengikuti regangan dan rapatan gelombang ultrasonik yang diberikan. Ketika gelembung mengecil (*collapse*), terjadi tekanan yang sangat besar di dalam gelembung. Demikian pula suhu di dalam gelembung, menjadi sangat besar. Daerah persambungan (*interface*) antara gelembung dan larutan memiliki temperatur dan tekanan yang menengah. Sementara itu daerah di sekitar gelembung akan menerima gaya geser (*shear force*) yang sangat tinggi akibat pengecilan ukuran gelembung. Reaksi kimia bisa berlangsung di dalam gelembung akibat tekanan dan temperatur yang sangat tinggi di dalam gelembung ini. Untuk itu, senyawa kimia yang diharapkan

bereaksi harus memasuki gelembung, dan karenanya harus bersifat *volatile* (mudah menguap). Selain itu, akibat pengecilan tiba-tiba dari gelembung, cairan di sekeliling gelembung mengalami gaya geser yang cukup besar. Gaya ini juga bisa membantu terjadinya reaksi kimia.

Penggunaan gelombang ultrasonik sangat efektif dalam pembentukan materi berukuran nano. Gelombang ultrasonik banyak diterapkan pada berbagai bidang seperti bidang instrumentasi, kesehatan dan sebagainya. Salah satu yang terpenting dari aplikasi gelombang ultrasonik adalah pemanfaatannya dalam pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi (Suslick dan Price 1999). Dalam Prosesnya sonikasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu *Direct Sonication* dan *Indirect Sonication*.

- **Direct Sonication**

Direct Sonication atau sonikasi 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.1 Gambar dari *Direct sonication*

- **Indirect Sonication**

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.2 Alat untuk *Indirect Sonication*

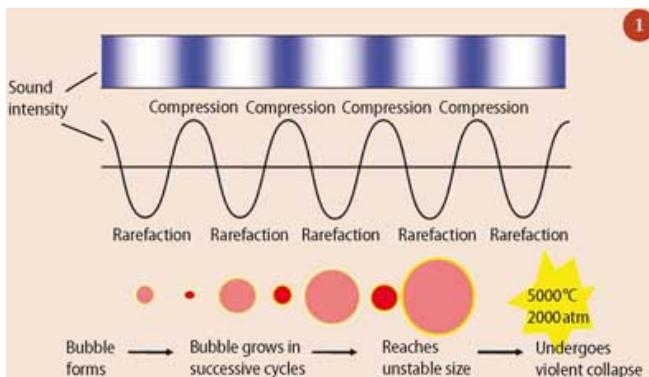
Acoustic Cavitation

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

II-9

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 5.000 K dan tekanan lebih dari 1000 atmosfer.



Gambar II.3 Generasi gelembung akustik

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.

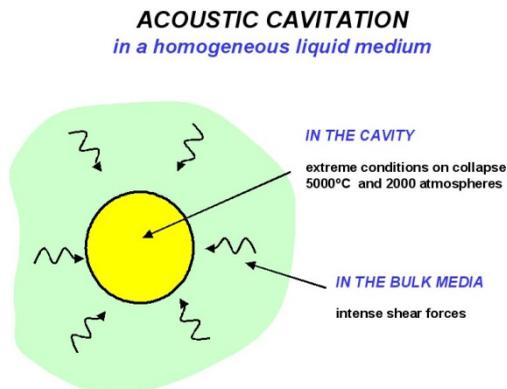
Sistem homogen dan sistem heterogen

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:

- Bidang batas antar komponen penyusun tidak ada.
- Komposisi komponen penyusun di setiap bagian campuran sama.
- 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.4 Kavitasi Akustik dalam Cairan Homogen

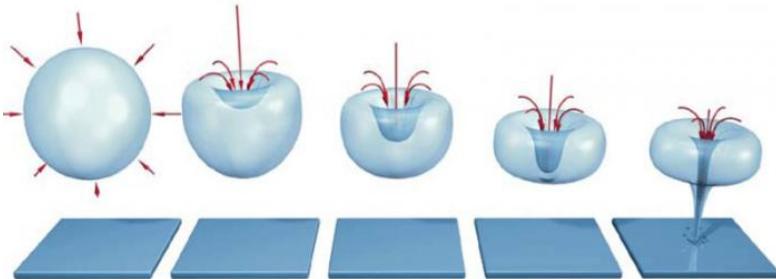
Sedangkan sistem heterogen adalah sistem yang terdiri dari dua bahan atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda, misalnya pasir yang dimasukkan kedalam air. Sistem ini merupakan suatu campuran dengan fase yang berbeda yaitu pasir dalam fase padat dan air dalam fase cair.

Karakteristik sistem heterogen

- Ada bidang batas antar komponen penyusunnya.
- Komposisi komponen penyusun disetiap bagian campurannya tidak sama.

- Komponen padat akan memisah jika didiamkan.

Tidak seperti kavitasasi yang memecahkan gelembung dalam bulk cairan, pecahnya gelembung kavitasasi 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.



Gambar II.5 Kavitasasi Pecahnya Gelembung pada atau Dekat Permukaan Padatan pada Sistem Heterogen

(metro-acoustics, 2011)

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 kontinudari 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).

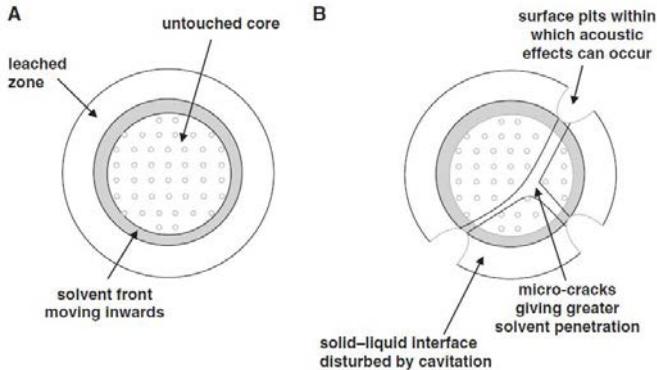
II.5. Sonikasi dengan Bantuan Leaching Asam

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 fenomenakavitasi. 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 kavitasi. Suhu tinggi yang dihasilkan akan meningkatkan solubilitas (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.6 Mekanisme leaching (A) tanpa Sonikasi (B) dengan Sonikasi

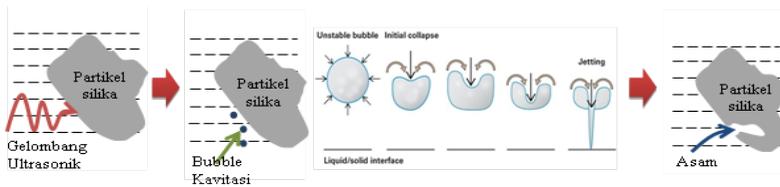
(Castro & Capote, 2006)

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 sampel.

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.7 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).

BAB III

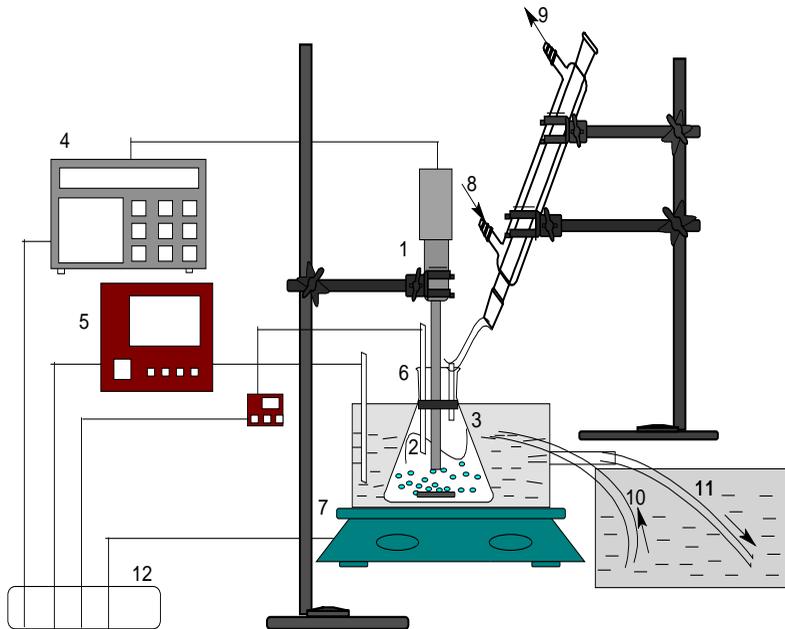
METODOLOGI PERCOBAAN

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 *waterbath* sesuai dengan suhu operasi, setelah *waterbath* mencapai suhu operasi, meletakkan reaktor pada *waterbath* dan melakukan proses sonikasi sesuai variabel waktu. Setelah proses sonikasi selesai, melepaskan reaktor lalu mendinginkan hasil sonikasi secara cepat, kemudian memisahkan antara pasir silika dan larutan. Setelah itu mencuci pasir silika hasil sonikasi dengan menggunakan akuades, sedangkan untuk larutan disentrifugasi selama 15 menit, lalu memisahkan antara filtrat dan endapan hasil sentrifugasi. Hasil akhir sonikasi dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Flouoscense* (XRF) untuk padatan ,dan cairan 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

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. Proses sonikasi dengan aquadest :

Variabel tetap : Perbandingan pasir silika dan larutan 1:10 (w/v), suhu 30°C

Variabel berubah : Jenis pasir silika: Pulau Bangka, Rembang

Waktu (menit) : 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 40 ; 60

b. Proses sonikasi dengan asam oksalat:

Variabel tetap : Perbandingan pasir silika dan larutan 1:10 (w/v), suhu 30°C

Variabel berubah : Jenis pasir silika: Pulau Bangka, Rembang

Waktu (menit) : 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 40 ; 60

Konsentrasi (g/L) : 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; dan 1,5

III.4. Prosedur Penelitian

A. Persiapan Reaktan

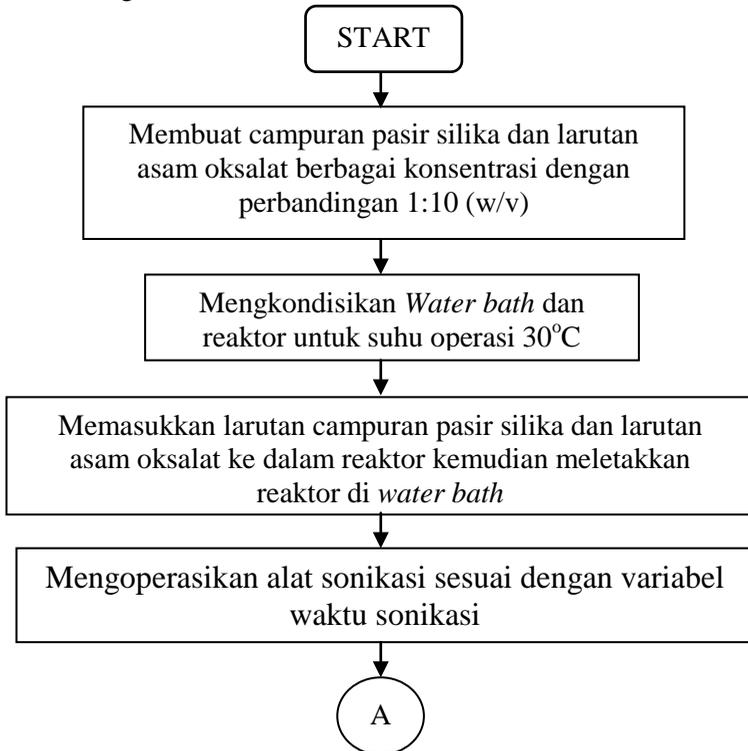
1. Membuat larutan asam oksalat dengan berbagai variasi konsentrasi
2. Membuat campuran antara pasir silika dan larutan (baik tanpa atau dengan asam oksalat) dengan perbandingan 1 : 10 (w/v)

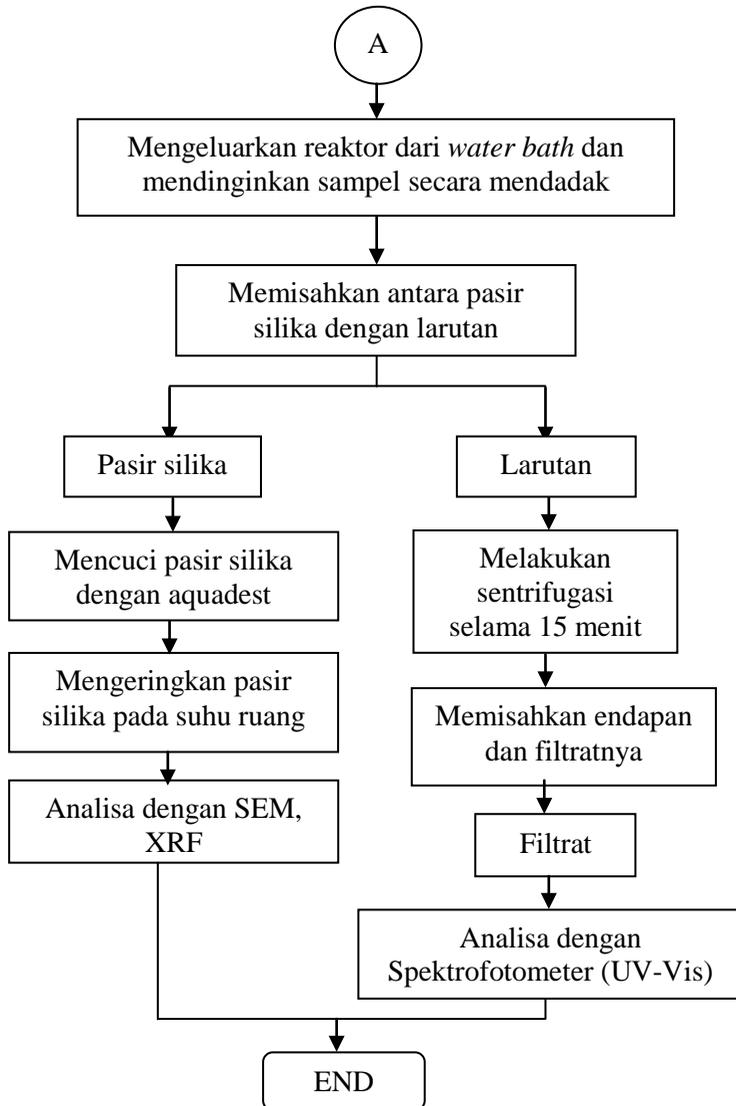
B. Proses Sonikasi

1. Memasukan campuran pasir silika dan larutan (baik untuk tanpa atau dengan asam oksalat) ke dalam reaktor.
2. Mengkondisikan suhu operasi *water bath* dan sistem pada suhu 30°C, setelah suhu operasi tercapai meletakkan reaktor pada *water bath* dan menyambungkan reaktor pada alat sonikasi.
3. Memulai proses sonikasi sesuai variabel waktu

4. Melepaskan reaktor setelah proses sonikasi selesai, kemudian mendinginkan hasil sonikasi secara cepat.
5. Memisahkan antara pasir silika dengan larutan hasil sonikasi.
6. Mencuci padatan (pasir silika) dengan aquadest sampai pH air cucian sama dengan pH aquadest.
7. Padatan dikeringkan pada suhu ruang.
8. 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 Fluorescence* (XRF), sedangkan untuk *liquid* dianalisa dengan Spektrofotometer.

- SEM dilakukan untuk mengetahui struktur dan morfologi dari pasir silika setelah proses pemurnian dengan variabel konsentrasi asam oksalat, suhu dan waktu. Sehingga dapat dibandingkan perubahan yang terjadi pada berbagai kondisi.
- Spektrofotometer ultraviolet-visibel (UV-Vis) digunakan untuk analisis kimia secara kuantitatif maupun kualitatif spesies kimia. 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, 2001).
- *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk mengetahui kadar dari silika serta yang terdapat dalam pasir silika setelah dilakukan proses sonikasi pada berbagai kondisi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebaran pasir silika di Indonesia cukup luas dimana kualitas pasir silika ini cukup bervariasi, tergantung pada pengaruh mineral pengotor yang ikut terbentuk saat proses sedimentasi. Material pengotor ini bersifat sebagai pemberi warna pada pasir kuarsa. Butiran yang mengandung banyak senyawa oksida besi akan terlihat berwarna kuning, kandungan unsur aluminium dan titan secara visual akan lebih jernih, dan kandungan unsur kalsium, magnesium dan kalium cenderung membentuk warna kemerahan, karena kandungan pengotor itulah diperlukan adanya proses pemurnian. Pemurnian pasir silika pada penelitian ini menggunakan metode sonikasi dalam media asam. Asam digunakan sebagai media *leaching* yang dikhususkan untuk pengotor Fe. 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. Parameter yang dipelajari pada penelitian ini yaitu waktu sonikasi dan konsentrasi asam oksalat yang digunakan (Castro & Capote, 2006).

IV.1 Karakterisasi Pasir Silika

Sampel pasir silika yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari daerah Rembang dan Kepulauan Bangka. Pasir silika Rembang dan Kepulauan Bangka memiliki karakteristik yang berbeda baik secara visual dan kimia. Secara visual, pasir silika Rembang memiliki ukuran yang kecil dan warna yang kuning kecoklatan. Sedangkan pasir silika Kepulauan Bangka memiliki ukuran yang lebih besar dan memiliki warna yang lebih jernih.

Secara kimia, karakteristik kedua sampel pasir silika dapat diketahui secara rinci menggunakan metode analisa kuantitatif menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang dijelaskan pada Tabel IV.1 berikut ini.

Tabel IV.1 Hasil Analisa XRF pasir silika sebelum dicuci

Komponen	Pasir Silika Rembang	Pasir Silika Bangka
	Kadar (wt.%)	Kadar (wt.%)
SiO ₂	90,94	96,06
Al ₂ O ₃	5,93	2,61
CaO	0,487	0,424
Fe ₂ O ₃	0,53	0,302
MgO	0,563	0,2
K ₂ O	0,893	0,158
Na ₂ O	0,310	0,124
S	0,125	0,0417
P ₂ O ₅	0,0294	0,036
TiO ₂	0,109	0,0307
Cr ₂ O ₃	0,0181	0,012
MnO ₂	0,0094	0,0094
ZnO	0,0074	0,0015

Dari tabel diatas diketahui bahwa kemurnian pasir silika dari kedua daerah memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pasir silika yang berasal dari Kepulauan Bangka memiliki kandungan SiO₂ yang sangat tinggi, yaitu mencapai 96,06%. Hal ini sangat berbanding terbalik dengan kandungan SiO₂ pasir silika Rembang yang hanya mencapai 90,04%.

Pada penelitian ini, sampel pasir silika yang akan dimurnikan menggunakan proses sonikasi dicuci terlebih dahulu. Sebanyak ±200 gram pasir silika dicuci menggunakan 500 mL air dengan pengadukan 800 rpm selama 1 menit sebanyak 10 kali pencucian. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan impuritis yang terdapat diluar permukaan pasir silika. Selain itu, 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 berikut ini.

Tabel IV.2 Hasil analisa XRF pasir silika setelah dicuci

Komponen	Pasir Silika Rembang	Pasir Silika Bangka
	Kadar (wt.%)	Kadar (wt.%)
SiO ₂	94,19	97,75
Al ₂ O ₃	3,57	1,38
CaO	0,118	0,302
Fe ₂ O ₃	0,211	0,149
MgO	0,265	0,115
K ₂ O	1,11	0,106
Na ₂ O	0,275	0,0954
S	0,0793	0,0282
P ₂ O ₅	0,0186	0,0276
TiO ₂	0,136	0,0255
Cr ₂ O ₃	0,0146	0,0124
MnO ₂	0,066	0,0071
ZnO	0,028	0,0015

Dari tabel di atas, diketahui bahwa setelah proses pencucian, kadar silika dari kedua sampel mengalami peningkatan. Kadar SiO₂ pada sampel Kepulauan Bangka yang awalnya 96,06% meningkat menjadi 97,75% setelah proses pencucian. Sedangkan kadar SiO₂ dari sampel Rembang yang awalnya 90,04% meningkat menjadi 94,19%. Hal tersebut membuktikan bahwa impuritis yang berada dipermukaan pasir silika terbawa oleh air pencuci sehingga kadar impuritis semakin menurun dan kemurnian silika semakin meningkat.

IV.2. Proses Sonikasi

Pada proses sonikasi terjadi suatu peristiwa pecahnya *bubble* kavitasi, peristiwa ini diakibatkan karena adanya pengaruh dari gelombang suara yang menghasilkan *bubble* 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.

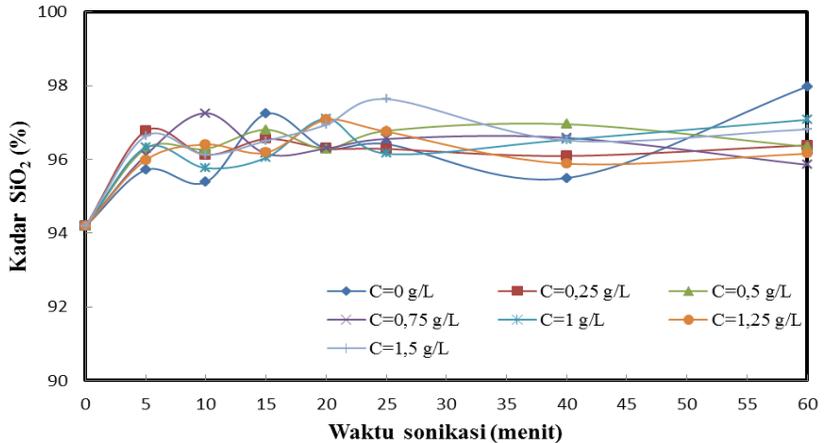
Proses sonikasi ini bertujuan untuk merenggangkan jarak antar molekul yang terdapat didalam suatu matriks partikel pasir silika, selain itu juga proses sonikasi bertujuan untuk proses *cleaning* impuritis baik yang terdapat pada permukaan pasir silika dan juga impuritis yang terdapat didalam matriks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

Pada sonikasi variabel utama yang bisa digunakan pada sistem *leaching* adalah: amplitudo, frekuensi, mode pengoperasian gelombang, waktu kontak, posisi sonikasi terhadap reaktor, jarak antara probe tip dengan sample, volume dan daya hantar cairan yang digunakan (castro & capote, 2006). Dimana pada penelitian ini difokuskan pada pengaruh waktu proses sonikasi dan konsentrasi asam oksalat yang digunakan dengan menggunakan jarak probe tip ± 1 cm.

IV.2.1. Pengaruh Waktu Sonikasi

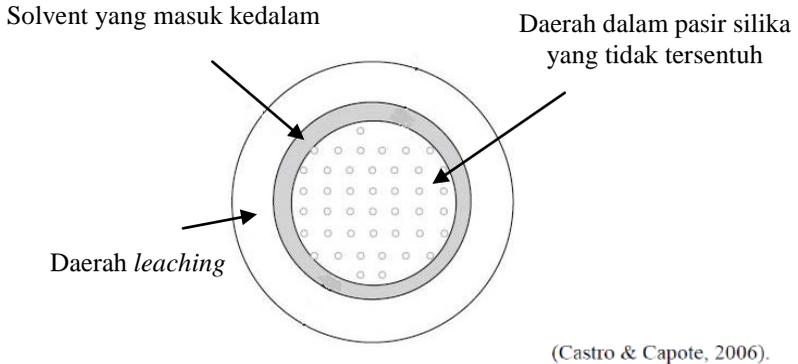
Waktu sonikasi merupakan variabel yang sering disertakan dalam tes optimasi, dimana nilai optimum itu sendiri bergantung pada kondisi operasi yang digunakan, seperti kekuatan dari gelombang ultrasonik, pelarut, jenis sampel dan analit yang terlibat dalam proses (castro & capote, 2006). Dengan mengetahui waktu optimum pada kondisi operasi yang diterapkan diharapkan proses pemurnian pasir silika dengan sonikasi ini dapat menghasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan.

Guna mempelajari pengaruh proses sonikasi untuk menghilangkan pengotor yang terkandung didalam pasir silika, maka digunakan beberapa variabel waktu sonikasi yang terdiri dari 5, 10, 15, 20, 25, 40 dan 60 menit.



Gambar IV.1 Profil Kadar SiO_2 Pasir silika Rembang Setelah Proses Sonikasi pada Variasi Konsentrasi Asam Oksalat dan Waktu Sonikasi

Gambar IV.1. menunjukkan bahwa ketika 5 menit waktu sonikasi pertama laju *leaching* meningkat tajam sedangkan waktu selanjutnya kemurnian mengalami kenaikan dan penurunan laju pemurnian pasir silika. Hal tersebut membuktikan pernyataan (Castro & Capote, 2006) bahwa sonikasi dapat meningkatkan rate *leaching*. Dalam proses sonikasi 5 menit pertama kemurnian meningkat tajam dikarenakan jumlah pengotor yang terdapat dipermukaan pasir silika masih sangat banyak sedangkan menit berikutnya sonikasi melakukan penghilangan impuritis yang terkandung didalam matriks pasir silika. Ilustrasi matriks pasir silika dapat dilihat seperti pada Gambar IV.1 berikut



Gambar IV.2. Ilustrasi Matriks Pasir Silika

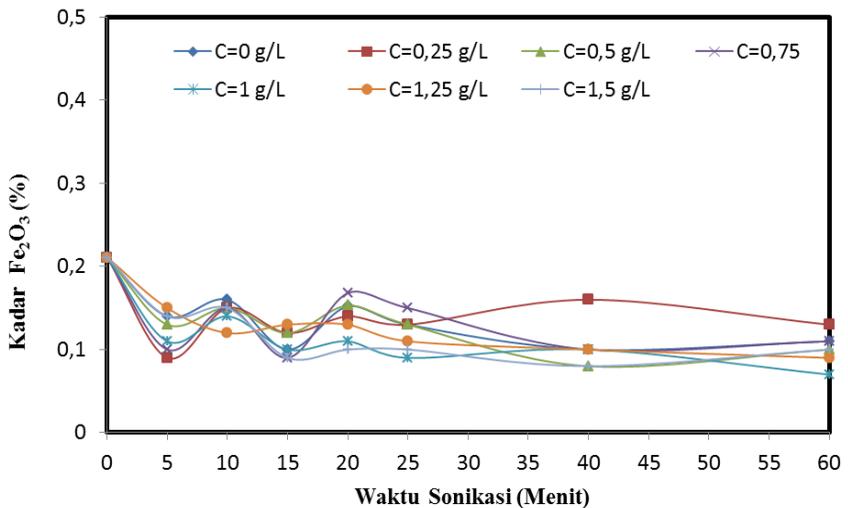
Gambar IV.2. menunjukkan bahwa pengotor pasir silika juga terdapat pada bagian dalam pasir silika dimana proses pemurnian ini disertai dengan peristiwa *leaching* dari mineral-mineral selain SiO_2 yang dianggap sebagai impuritis akan terlarut oleh media *leaching* yang digunakan yaitu aquadest maupun asam oksalat. Dengan terbawanya media *leaching* oleh peristiwa *bubble colapse* yang diakibatkan oleh sonikasi sampai kedalam matriks pasir silika ini maka pengotor dibagian dalam dapat dibersihkan Pada proses ini didapatkan pada penggunaan asam oksalat sebagai media *leaching* untuk mendapatkan kemurnian tertinggi terdapat pada penggunaan asam oksalat dengan konsentrasi 1,5 g/L selama 25 menit, kemurnian yang didapatkan mencapai 97,1%. Kemurnian tersebut lebih kecil dibandingkan pada penggunaan aquadest dimana kemurnian sebagai media *leaching* membutuhkan waktu sonikasi 60 menit.

IV.2.2 Pengaruh Konsentrasi Asam Oksalat

Asam oksalat sebagai media *leaching* berperan sebagai pelarut pengotor yang terkandung dialam pasir silika. Kemampuan pelarut ini adalah faktor penting dalam proses pemurnian pasir silika, dimana perbandingan antara jumlah pelarut dengan analit sangat berpengaruh dengan proses *leaching* itu sendiri. Dengan demikian diharapkan proses pemurnian pasir

silika dengan sonikasi ini dapat menghilangkan pengotor produk sesuai dengan yang diinginkan dengan mengetahui perbandingan jumlah pelarut yang optimum pada kondisi operasi yang diterapkan

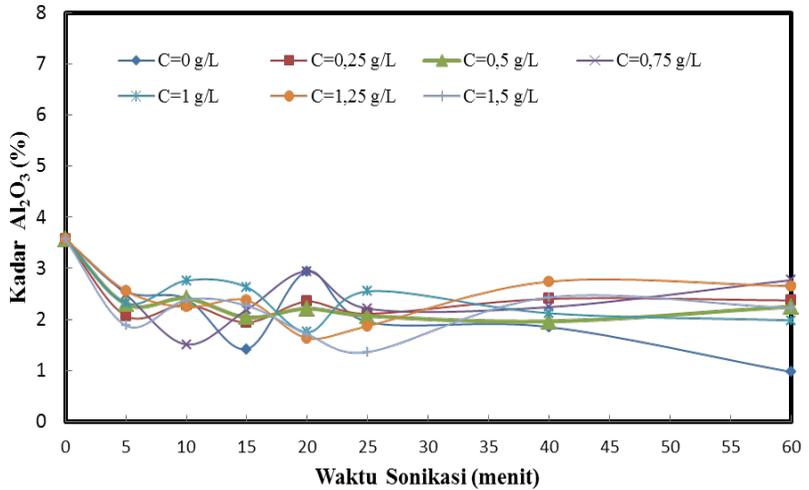
Guna mempelajari pengaruh konsentrasi asam oksalat untuk menghilangkan kadar besi yang terkandung dalam pasir silika, maka digunakan asam oksalat dengan beberapa macam konsentrasi yaitu 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1,25 dan 1,5 g/L, dimana konsentrasi 0 g/L menunjukkan bahwa proses pemurnian hanya menggunakan aquadest sebagai media *leaching*.



Gambar IV.3 Profil kadar Fe_2O_3 Setelah Proses Sonikasi ($T=30^{\circ}C$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Gambar IV.3 menunjukkan bahwa pada 5 menit pertama proses sonikasi, laju *leaching* meningkat tajam. Penggunaan aquadest sebagai media *leaching* menghasilkan kemurnian yang lebih kecil daripada penggunaan asam oksalat, namun seiringnya dengan bertambahnya waktu sonikasi, laju penghilangan Fe mengalami kenaikan dan penurunan. Hal tersebut terjadi karena

besarnya pengotor alumina yang terkandung didalam pasir silika seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.3 berikut ini.



Gambar IV.4 Profil Kadar Al_2O_3 Setelah Proses Sonikasi ($T=30^\circ C$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

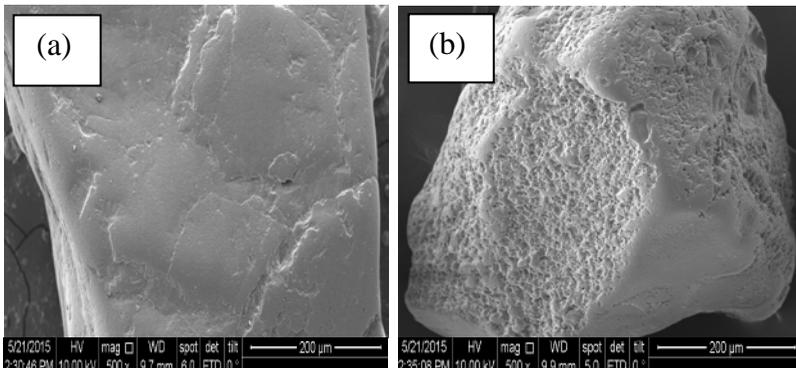
Gambar IV.4 menunjukkan bahwa laju penghilangan kadar alumina berbanding terbalik dengan laju penghilangan kadar besi yang terdapat dalam pasir silika, dimana saat proses sonikasi dapat menghilangkan kadar besi dengan laju penghilangan yang tinggi, pasir silika tersebut masih memiliki kadar alumina yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Hal inilah yang menyebabkan proses pemurnian pasir silika terhadap pengaruh sonikasi dan konsentrasi asam oksalat tidak memiliki tren (fluktuatif). Seperti pada sonikasi selama 60 menit menggunakan media *leaching* aquadest dan asam oksalat 1 g/L. Dari analisa XRF didapatkan bahwa kadar sonikasi selama 60 menit menggunakan aquadest dihasilkan pasir silika kemurnian 97,97% dengan pengotor besi dan alumina adalah 0,11 dan 0,98% dimana dengan menggunakan asam oksalat 1 g/L kemurnian pasir silika 97,07 pengotor besi dan aluminanya 0,07 dan 1,98%. Hal tersebutlah yang menjelaskan mengapa kadar pasir silika tertinggi didapatkan dengan

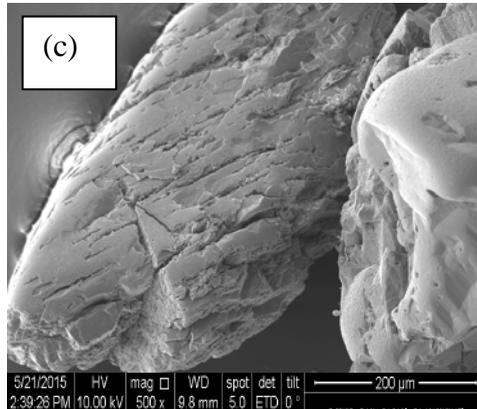
menggunakan aquadest, dimana pasir silika memiliki kandungan alumina yang tinggi. Dengan aquadest proses sonikasi dapat menghilangkan kadar alumina yang tinggi tetapi belum dapat menghilangkan kadar Fe yang bagus sebagaimana proses sonikasi dengan menggunakan asam oksalat sebagai media leachingnya.

Pada proses sonikasi dengan media *leaching* asam oksalat ini untuk menghilangkan kandungan besi yang tinggi didapatkan dengan menggunakan konsentrasi 1 g/l, dimana dapat menghilangkan kandungan besi hingga tersisa 0,07%. Meningkatkan konsentrasi justru menyebabkan penurunan laju *leaching* asam oksalat terhadap penghilangan pengotor besi ini, menurut Feihu. dkk. kejadian ini terjadi dikarenakan semakin banyak asam oksalat yang digunakan pada proses pemisahan asam oksalat saat bereaksi akan terbentuk layer disekitar pasir silika ini, sehingga menurunkan laju *leaching*.

IV.3 Analisa *Scanning Electron microscopy* (SEM)

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





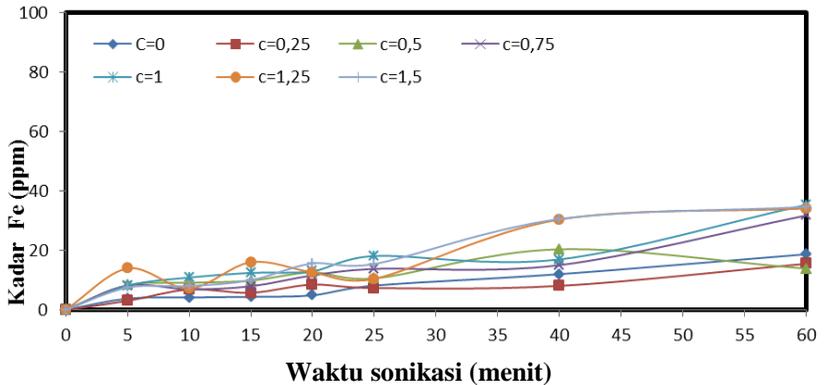
Gambar IV.5 Morfologi pasir silika perbesaran 500x (a) sebelum proses sonikasi (b) sonikasi menggunakan aquadest selama 60 menit (c) Sonikasi menggunakan asam oksalat dengan konsentrasi 1 g/L selama 60 menit

Gambar IV.5 menunjukkan bentuk morfologi pasir silika sebelum dan setelah proses sonikasi dengan media *leaching* aquadest dan asam oksalat 1 g/l pada suhu 30°C dengan waktu sonikasi 60 menit menggunakan Analisa *Scanning Electrone Microscopy* (SEM). Gambar IV.5a merupakan pasir silika sebelum dilakukan proses sonikasi, menunjukkan komponen pengotor terlihat pada permukaan mineral *coating*. Setelah proses sonikasi (Gambar IV.5b dan IV.5c) pada permukaan pasir silika terlihat memiliki jumlah pengotor yang lebih sedikit. 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 dapat bereaksi dengan asam oksalat dengan mudah (Feihu, 2011). Pada Gambar IV.5b dan IV.c pasir silika terlihat mengalami penggerusan dan terpotong lebih kecil dibandingkan sebelumnya, hal ini terjadi dikarenakan efek dari sonikasi yang menghasilkan fenomena kavitasi, pada fenomena ini menghasilkan ledakan *bubble* yang terjadi selama proses sonikasi ketika menyerap energi yang besar yang efeknya setara dengan pengaliran tekanan tinggi, dimana ledakan yang dihasilkan berlangsung secara

berulang dan menyebabkan tergerusnya pasir silika. Dari Gambar IV.5b menunjukkan mengapa pada proses sonikasi dengan aquadest dari percobaan ini dapat menghasilkan pasir dengan kemurnian tertinggi yaitu 97,97% dikarenakan pengotor dari permukaan pasir silika lebih telah banyak yang hilang terkena impuls dari gelombang sonikasi. Sedangkan pada Gambar IV.5c menunjukkan bahwa pasir silika seperti tersayat sampai ke dalam matrik pasir silika, karena itu lah mengapa dengan proses sonikasi menggunakan asam oksalat 1 g/l selama 60 menit dapat menghasilkan pasir silika dengan kandungan besi terkecil yaitu 0,07%. Berdasarkan itulah bahwa gabungan metode sonikasi dan *leaching* asam dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan gabungan metode sonikasi dan media *leaching* aquadest. Dimana dengan asam oksalat dapat membersihkan kandungan pengotor utama besi lebih baik.

IV.4 Analisa Spektrofotometer UV-Vis

Analisa spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui jumlah Fe yang terlarut kedalam larutan pencuci melalui proses sonikasi. Prinsip analisa ini yaitu dalam suasana asam, Fe^{3+} direduksi menjadi Fe^{2+} dengan hidrosilamin-HCl. Penambahan 1,10-phenantrolin akan membentuk kompleks berwarna merah *orange* yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum untuk ion Fe^{2+} yaitu antara 500 – 540 nm. Pada percobaan ini analisa UV-Vis digunakan untuk menghitung neraca massa Fe yang terdapat pada pasir silika terhadap Fe yang terlarut dalam media *leaching*



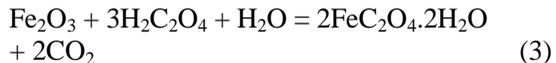
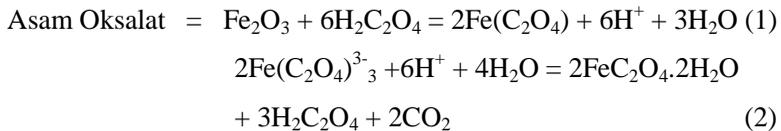
Gambar IV.6 Profil konsentrasi Fe Setelah Proses Sonikasi ($T=30^{\circ}\text{C}$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Terlepasnya logam pengotor besi yang terkandung dalam pasir silika dapat dibuktikan dengan adanya kandungan besi yang larut dalam media *leaching*. Fe merupakan pengotor dalam pasir silika dimana kehadirannya dapat mengganggu sebuah proses yang menggunakan silika sebagai bahan bakunya. Seperti pada proses pembuatan kaca, kandungan besi yang melebihi batas maksimum dapat mengakibatkan kaca berwarna hitam. Gambar IV.6 menunjukkan bahwa semua larutan hasil pemurnian mengandung besi baik media *leaching* aquadest maupun media *leaching* asam oksalat dalam berbagai konsentrasi. Dimana penghilangan besi dari pasir silika yang menempel pada pasir silika akan larut dalam media *leaching* baik dengan aquadest maupun asam oksalat.

Dari proses sonikasi selama 60 menit menggunakan aquadest diperoleh kadar Fe sebesar 18,718 ppm. Dan dengan waktu yang sama menggunakan asam oksalat 1 g/L diperoleh kadar Fe sebesar 35,389 ppm. Hasil analisa tersebut sesuai dengan hasil analisa XRF yang telah dilakukan sebelumnya, dimana hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa kadar Fe terkecil diperoleh pada variabel proses yang sama. Proses pelarutan impuritis Fe disebabkan karena adanya efek dari

sonikasi yang menghasilkan ledakan *bubble*. Ledakan bubble tersebut terjadi karena adanya siklus kompresi dan ekspansi. Siklus kompresi dapat mengerahkan tekanan positif yang mendorong molekul bersama-sama sedangkan siklus ekspansi mengerahkan tekanan negatif yang menarik molekul jauh dari satu sama lain. (Suslick, 1994)

Penggunaan asam oksalat sebagai media leaching dapat menghasilkan kadar Fe yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan aquadest sebagai media leaching. Hal tersebut dijelaskan dengan rinci pada reaksi kimia sebagai berikut:



Reaksi kimia di atas menunjukkan bahwa proses pelarutan besi menggunakan aquadest hanya terjadi sekali, sedangkan proses pelarutan besi menggunakan asam oksalat terjadi tiga kali. Hal ini membuktikan bahwa asam oksalat merupakan media *leaching* yang lebih baik untuk memurnikan pasir silika menggunakan sonikasi dengan media asam.

IV.5 Pasir silika dengan dua kali Proses Sonikasi

Pada percobaan pemurnian pasir silika ini didapatkan kemurnian tertinggi hanya mencapai 97,97%. Hal tersebut dikarenakan besarnya kandungan alumina yang terkandung pada pasir silika. Pada percobaan dihasilkan bahwa penghilangan pengotor alumina terbaik menggunakan aquadest sebagai media leachingnya. Berdasarkan analisa diataslah dilakukan proses sonikasi sebanyak dua kali untuk mendapatkan pasir silika dengan kemurnian yang tinggi dimana sonikasi pertama digunakan sonikasi dengan aquadest selama 60 menit dan dilakukan sonikasi lagi dalam media asam oksalat dengan konsentrasi 1 g/l selama 60 menit. Pemilihan variable proses

tersebut dikarenakan dengan sonikasi menggunakan aquadest selama 60 menit menghasilkan pasir silika dengan kandungan alumina terkecil yaitu 0,98%. Sedangkan pada sonikasi dengan asam oksalat 1 g/L menghasilkan pasir silika dengan pengotor Fe terkecil yaitu 0,07%. Dimana hasil proses dapat dilihat pada tabel IV.3 sebagai berikut

Tabel IV.3 Hasil Analisa XRF pasir silika

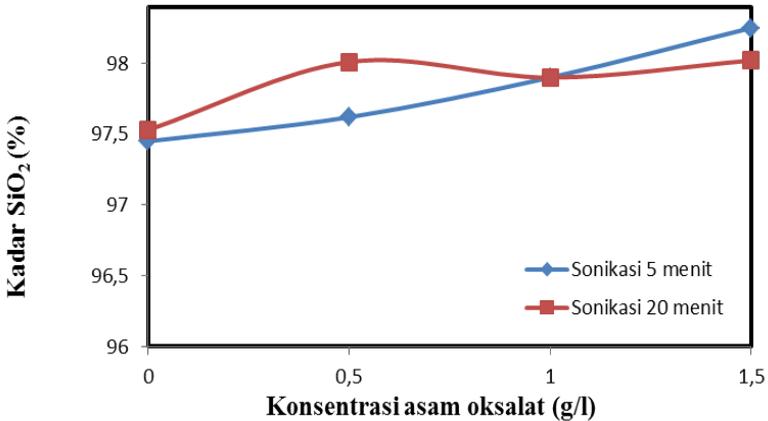
Komponen	Sonikasi pertama	Sonikasi kedua
	Kadar (wt.%)	Kadar (wt.%)
SiO₂	97,97	98,47
Al₂O₃	0,97	0,74
CaO	0,02	0,1
Fe₂O₃	0,11	0,07
MgO	0,29	0,06
K₂O	0,45	0,42
Na₂O	0,08	0,05
S	0,01	0,02
P₂O₅	0,01	0,01
TiO₂	0,04	0,03
Cr₂O₃	0,02	0,01
MnO₂	0,01	0,01

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa dengan proses sonikasi sebanyak dua kali dapat menghasilkan pasir silika dengan kemurnian yang lebih tinggi dimana kadar SiO₂ meningkat dari 97,97% menjadi 98,47%.

IV.6 Proses Sonikasi pada pasir silika dari kepulauan Bangka

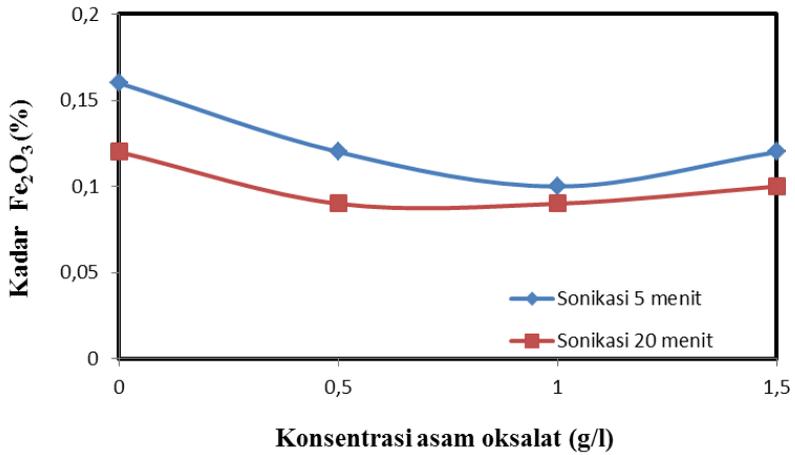
Berbeda dengan pasir silika dari daerah Rembang, pasir silika dari Kepulauan Bangka memiliki ukuran yang lebih besar dan memiliki warna yang lebih jernih dibandingkan dari pasir silika daerah Rembang. Dimana digunakan variabel proses waktu sonikasi 5 dan 20 dengan konsentrasi asam oksalat 0, 0,5, 1 dan

1.5 g/l. Berikut ini adalah hasil analisa XRF sehingga dapat dibuat grafik profil hubungan antara waktu sonikasi dengan kadar masing-masing komponen yang terkandung didalam pasir silika. Pada Gambar IV.7 dapat dilihat profil kadar SiO_2 pada berbagai variasi konsentrasi asam oksalat dan variasi waktu sonikasi.

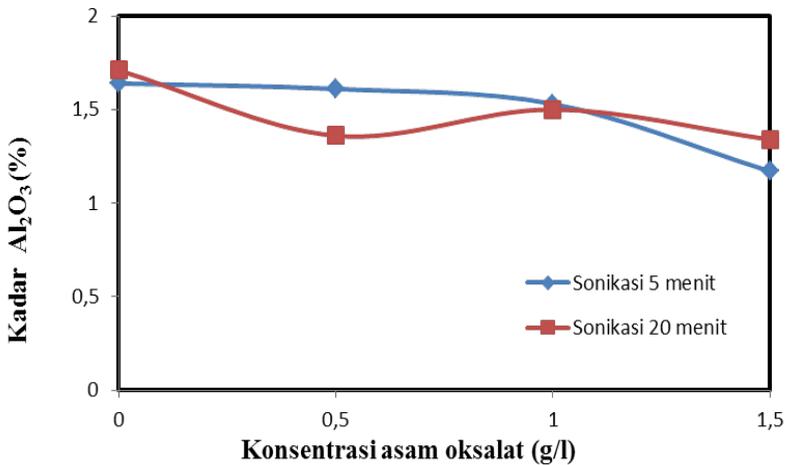


Gambar IV.7 Profil Kadar SiO_2 Setelah Proses Sonikasi ($T=30^\circ\text{C}$) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Dari Gambar IV.7 diatas diketahui bahwa proses sonikasi dengan waktu 5 dan 20 menit kemurnian pasir silika mengalami kenaikan seiring dengan penambahan konsentrasi asam oksalat. Tingkat kemurnian ini juga sesuai dengan laju pemurnian pengotor, baik besi maupun alumina. Berikut ini merupakan grafik dari laju penghilangan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 pasir silika Kepulauan Bangka.



Gambar IV.8 Profil Kadar Fe₂O₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi



Gambar IV.9 Profil Kadar Al₂O₃ Setelah Proses Sonikasi (T=30°C) pada Variasi Konsentrasi Larutan Asam Oksalat dan Variasi Waktu Sonikasi

Berdasarkan Gambar IV.7 & IV.8 di atas didapatkan bahwa pola konsentrasi Fe_2O_3 dan Al_2O_3 yang terdapat pada pasir silika sesuai dengan pola tingkat kemurnian pasir silika yang didapatkan. Dari percobaan juga diketahui bahwa pada penggunaan konsentrasi asam oksalat 1 g/l dapat menghilangkan pengotor sampai 0,06 %. Sedangkan untuk pengotor Al_2O_3 semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka laju penghilangan pengotor alumina ini akan semakin menurun, hal tersebut membuktikan pada percobaan pasir silika dari daerah Rembang bahwa penggunaan asam oksalat tidak baik pada penghilangan pengotor Al_2O_3 , sebaliknya baik untuk Fe_2O_3 . Dalam percobaan ini juga diketahui bahwa belum dapat mencapai target yang diinginkan yaitu pasir silika untuk memenuhi bahan pembuatan kaca dimana kemurnian pasir silika $\geq 99\%$ dan pengotor $\text{Fe} \leq 0,03\%$ untuk itulah perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengingat proses sonikasi dapat meningkatkan laju pemurnian pasir silika dengan baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Proses sonikasi dapat digunakan untuk pemurnian pasir silika dengan kemurnian yang tinggi. Kemurnian pasir silika daerah Rembang tertinggi diperoleh yaitu 98,47%, dimana pada pasir silika ini membutuhkan dua kali proses sonikasi
2. Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) konsentrasi asam oksalat yang optimum untuk menghasilkan pasir silika dengan kadar impuritis Fe_2O_3 terendah yaitu pada konsentrasi asam oksalat 1 g/L.
3. Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) proses sonikasi yang optimum untuk menghasilkan kadar impuritis Al_2O_3 terendah yaitu dengan aquadest
4. Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) waktu sonikasi yang optimum untuk menghasilkan silika dengan kemurnian yang tinggi yaitu pada waktu sonikasi selama 60 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 posisi dan jarak probe tip terhadap reaktor yang digunakan, kecepatan pengadukan dan ukuran partikel pasir silika yang dimurnikan.

APPENDIKS A

1. Pembuatan Larutan Asam Oksalat untuk Variasi Konsentrasi

Pada percobaan ini untuk mendapatkan larutan asam oksalat sebagai media *leaching* digunakan asam oksalat p.a yang dilarutkan dengan akuades kedalam labu takar 500 ml

a. Konsentrasi 0,25 g/L

$$\text{Konsentrasi A.O} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{V \text{ (mL)}}$$

$$0,25 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,125 \text{ g}$$

b. Konsentrasi 0,5 g/L

$$0,5 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,25 \text{ g}$$

c. Konsentrasi 0,75 g/L

$$0,75 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,375 \text{ g}$$

d. Konsentrasi 1 g/L

$$1 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,5 \text{ g}$$

e. Konsentrasi 1,25 g/L

$$1,25 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,625 \text{ g}$$

f. Konsentrasi 1,5 g/L

$$1,5 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{massa A.O} \times \frac{1000}{500 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa A.O} = 0,75 \text{ g}$$

2. Removal Fe₂O₃ dan Al₂O₃

a. Menghitung Removal Fe₂O₃

$$\text{Removal Fe}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{\text{Kadar Fe}_2\text{O}_3 \text{ pada pasir silika setelah sonikasi}}{\text{Kadar Fe}_2\text{O}_3 \text{ sebelum sonikasi}}\right) \times 100$$

- Removal Fe₂O₃ 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 Fe₂O₃ 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
5	33,65	57,35	38,39	52,61	47,87	28,91	33,65
10	24,17	28,91	28,91	28,91	33,65	43,13	28,91
15	52,61	43,13	43,13	57,35	52,61	38,39	57,35
20	27,96	33,65	27,49	20,38	47,87	38,39	52,61
25	38,39	38,39	38,39	28,91	57,35	47,87	52,61
40	52,61	24,17	62,09	52,61	52,61	52,61	62,09
60	47,87	38,39	52,61	47,87	66,82	57,35	52,61

b. Menghitung Removal Al₂O₃

$$\text{Removal Al}_2\text{O}_3 = \left(1 - \frac{\text{Kadar Al}_2\text{O}_3 \text{ pada pasir silika setelah sonikasi}}{\text{Kadar Al}_2\text{O}_3 \text{ sebelum sonikasi}}\right) \times 100$$

- Removal Al₂O₃ 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 Al₂O₃ 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
5	28,57	42,02	35,57	30,25	35,01	28,29	47,34
10	32,77	35,85	32,49	57,70	22,69	37,25	33,33
15	60,22	45,66	42,86	38,66	26,33	33,61	36,41
20	17,65	34,17	38,10	17,65	50,98	54,34	52,10
25	45,38	40,90	42,02	38,10	28,57	47,62	61,90
40	48,18	32,77	45,10	37,25	40,62	23,25	31,93
60	72,83	33,61	36,97	22,41	44,54	25,77	37,82

3. Analisa Spektrofotometer UV-Vis

a. Prosedur Analisa

Pembuatan Larutan baku Fe²⁺ 1000 ppm

Ditimbang sebanyak $\pm 0,7$ g hablur $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kemudian ditambahkan 5 mL larutan H_2SO_4 2M kedalam labu ukur 100 mL lalu di tambah aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan Hidroksilamin HCl 5%

Ditimbang $\pm 2,5$ g padatan hidroksilamin HCl dilarutkan dengan aquadest kedalam labu ukur 50 mL.

Pembuatan larutan Natrium Asetat 5%

Ditimbang ± 5 g padatan Natrium asetat p.a dilarutkan dengan aquadest kedalam labu ukur 100 mL.

Pembuatan larutan 1,10-Phenantrolin 0,1%

Ditimbang $\pm 0,1$ g phenantrolin monohidrate ditambahkan sedikit aquadest dan 0,1 mL HCl 10% lalu diencerkan dengan aquadest kedalam labu ukur 100 mL.

Pembuatan larutan standar dan Larutan sampel

- Dibuat larutan standar dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; sampai dengan 5 ppm (dihitung kebutuhan larutan baku 1000 ppm yang dibutuhkan untuk masing-masing konsentrasi) kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan diencerkan dengan aquadest hingga tanda batas. Larutan standart dimasukkan kedalam tabung reaksi ditambahkan 0,4 mL hidrosilamin HCl 5%, 3 mL larutan Natrium asetat 5% dan 2 mL larutan 1,10-phenantrolin 0,1%.
- Untuk sampel, dimasukkan 10 mL dengan pipet volume kedalam tabung reaksi kemudian dilakukan penambahan reagen yang sama seperti larutan standart.
- Untuk blanko, 10 mL aquadest ditambahkan dengan reagen yang sama dengan larutan standart dan sampel.
- Dilakukan pencarian panjang gelombang maksimum dengan panjang gelombang antara 500 -550 nm. Panjang gelombang maksimum digunakan untuk pengukuran absorbansi standart dan sampel.

Fungsi Penambahan Reagent:

Hidrosilamin HCl untuk mereduksi ion Fe^{3+} menjadi ion Fe^{2+} .

Natrium Asetat sebagai larutan penyangga/menjaga pH larutan agar tetap stabil.

1,10 – Phenantrolin untuk membentuk kompleks yang berwarna merah orange.

a. Perhitungan Pembuatan Pereaksi Larutan Standar $Fe(NH_4OH)_2SO_4$ dengan Konsentrasi 1000 ppm

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

$Mr Fe(NH_4OH)_2SO_4 = 392 \text{ g/mol}$

$$\text{Konsentrasi} = \frac{Mr Fe}{Mr Fe(NH_4OH)_2SO_4} \times \frac{\text{massa (mg)}}{V (L)}$$

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

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

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

**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 0,5 ppm sebanyak 0,5 mL.

- Konsentrasi 1 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 1 ppm sebanyak 1 mL.
- Konsentrasi 1,5 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 1,5 ppm sebanyak 1,5 mL.
- Konsentrasi 2 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 2 ppm sebanyak 2 mL.
- Konsentrasi 2,5 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 2,5 ppm sebanyak 2,5 mL.
- Konsentrasi 3 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 3 ppm sebanyak 3 mL.
- Konsentrasi 3,5 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 3,5 ppm sebanyak 3,5 mL.
- Konsentrasi 4 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 4 ppm sebanyak 4 mL.
- Konsentrasi 4,5 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 4,5 ppm sebanyak 4,5 mL.
- Konsentrasi 5 ppm
Volume larutan standar yang digunakan untuk membuat larutan deret standar konsentrasi 5 ppm sebanyak 5 mL.

d. Menentukan Panjang Gelombang Maksimum

- Tabel penentuan gelombang maksimum

λ	blanko	0,5 ppm	2,5 ppm	5 ppm
450	0	0	0	0
500	0	0,059	0.299	0,627
503	0	0,060	0.305	0,636
506	0	0,061	0.302	0,644
509	0	0,062	0.310	0,648
512	0	0,062	0.314	0,659
515	0	0,060	0.306	0,638
518	0	0,059	0.299	0,621
521	0	0,056	0.288	0,596
524	0	0,053	0.272	0,563
527	0	0,050	0.261	0,525
530	0	0,046	0.233	0,489
533	0	0,041	0.209	0,438
536	0	0,037	0.191	0,395
539	0	0,032	0.174	0,395
542	0	0,028	0.154	0,299
545	0	0,024	0.133	0,258
548	0	0,021	0.108	0,221

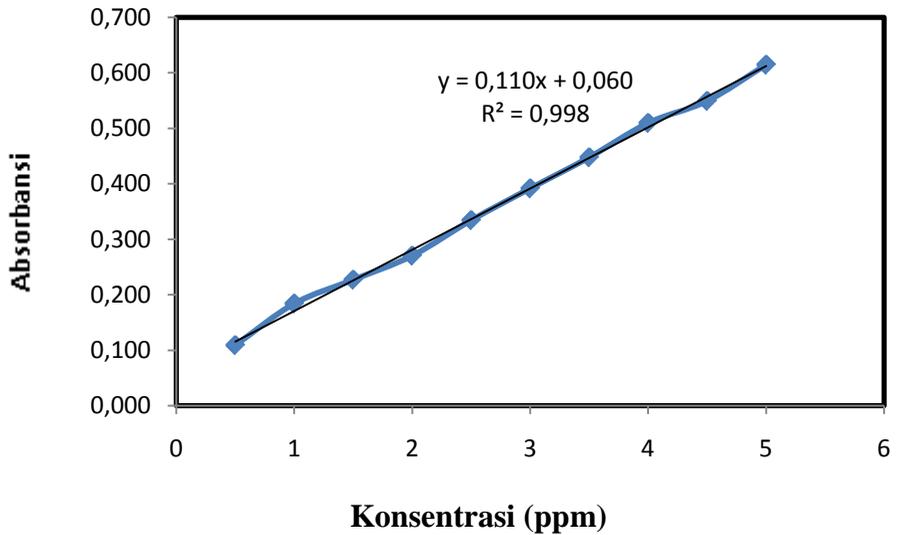
λ yang dipakai

e. Kurva Kalibrasi

- Tabel kurva kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi 1	Absorbansi 2	absorbansi 3	Rata-rata
0,5	0,108	0,111	0,108	0,109
1	0,184	0,184	0,184	0,184
1,5	0,228	0,230	0,223	0,227
2	0,271	0,270	0,270	0,270
2,5	0,335	0,334	0,334	0,334
3	0,393	0,392	0,390	0,392
3,5	0,448	0,447	0,448	0,448
4	0,509	0,510	0,510	0,510
4,5	0,548	0,550	0,550	0,549
5	0,615	0,615	0,614	0,615

- kurva kalibrasi



f. Hasil Analisa Fe dengan Spektrofotometer UV-Vis

Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)						
	Aquadest	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0	0	0	0	0	0	0
5	3,784	2,996	8,281	8,156	8,118	13,930	7,472
10	4,164	6,864	9,093	6,897	10,887	7,175	8,025
15	4,384	5,733	9,820	7,951	12,457	16,045	9,981
20	4,879	8,517	12,636	11,604	12,981	12,654	15,648
25	8,169	7,316	10,573	13,778	18,124	10,445	15,451
40	12,020	8,066	20,403	15,062	16,987	30,412	30,593
60	18,718	15,524	13,873	31,787	35,389	34,129	34,628

APPENDIKS B

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

Untuk mengetahui kandungan pasir silika digunakan analisa dengan menggunakan XRF dimana kandungan yang terdapat pada pasir silika yaitu: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , S , P_2O_5 , Cr_2O_3 , MnO_2 , TiO_2

a. Kadar SiO_2 (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	94,19	94,19	94,19	94,19	94,19	94,19	94,19
5	95,71	96,77	96,29	96,11	96,32	95,98	96,63
10	95,38	96,12	96,28	97,25	96,76	96,4	96,12
15	97,23	96,55	96,8	96,15	96,04	96,18	96,5
20	96,29	96,29	96,28	96,29	97,1	97,07	96,93
25	96,41	96,28	96,77	96,55	96,15	96,75	97,63
40	95,49	96,09	95,95	96,58	96,53	95,88	96,51
60	97,97	96,38	96,34	95,85	97,07	96,15	96,81

b. Kadar Fe_2O_3 (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211
5	0,14	0,09	0,13	0,1	0,11	0,15	0,14
10	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,12	0,15
15	0,1	0,12	0,12	0,09	0,1	0,13	0,09
20	0,152	0,14	0,153	0,168	0,11	0,13	0,1
25	0,13	0,13	0,13	0,15	0,09	0,11	0,1
40	0,1	0,16	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08
60	0,11	0,13	0,1	0,11	0,07	0,09	0,1

c. Kadar Al₂O₃ (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
5	2,55	2,07	2,3	2,49	2,32	2,56	1,88
10	2,4	2,29	2,41	1,51	2,76	2,24	2,38
15	1,42	1,94	2,04	2,19	2,63	2,37	2,27
20	2,94	2,35	2,21	2,09	1,75	1,63	1,71
25	1,95	2,11	2,07	2,21	2,55	1,87	1,36
40	1,85	2,4	1,96	2,24	2,12	2,74	2,43
60	0,97	2,37	2,25	2,77	1,98	2,65	2,22

d. Konsentrasi MgO (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,563	0,563	0,563	0,563	0,563	0,563	0,563
5	95,71	0,08	0,17	0,15	0,09	0,09	0,07
10	0,81	0,08	0,18	0,05	0,13	0,09	0,09
15	0,29	0,07	0,13	0,08	0,08	0,14	0,13
20	0,17	0,08	0,072	0,081	0,13	0,06	0,07
25	0,71	0,08	0,11	0,09	0,08	0,08	0,05
40	1,6	0,1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
60	0,29	0,09	0,2	0,73	0,08	0,09	0,08

e. Konsentrasi CaO(%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487	0,487
5	0,11	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
10	0,07	0,07	0,04	0,03	0,05	0,05	0,06
15	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
20	0,06	0,04	0,05	0,075	0,04	0,04	0,04
25	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03
40	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
60	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04

f. Konsentrasi Na₂O (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310
5	0,1	0,11	0,12	0,11	0,1	0,11	0,09
10	0,11	0,11	0,11	0,08	0,13	0,14	0,13
15	0,08	0,09	0,08	0,13	0,11	0,13	0,12
20	0,12	0,13	0,105	0,094	0,09	0,09	0,1
25	0,11	0,12	0,09	0,11	0,1	0,1	0,09
40	0,1	0,13	0,09	0,14	0,13	0,12	0,1
60	0,08	0,14	0,14	0,12	0,12	0,12	0,1

g. Konsentrasi K₂O (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893
5	0,87	0,73	0,78	0,87	0,89	0,9	0,97
10	0,89	1,07	0,72	0,79	0,87	0,84	0,92
15	0,72	1,02	0,68	0,75	0,88	0,85	0,73
20	0,78	0,84	0,95	1	0,66	0,87	0,89
25	0,54	0,78	0,67	0,74	0,87	0,92	0,89
40	0,68	0,93	0,69	0,72	0,81	0,91	0,66
60	0,45	0,74	0,77	0,86	0,58	0,73	0,55

i. Konsentrasi S (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
20	0,01	0,01	0,025	0,03	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	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01

l. Konsentrasi MnO₂ (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
5	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
20	0,01	0,01	0,0038	0,003	0,13	0,01	0,07
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	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

m. Konsentrasi TiO₂ (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi (g/L)						
	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
0	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109
5	0,12	0,05	0,09	0,06	0,05	0,09	0,09
10	0,11	0,06	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08
15	0,05	0,11	0,05	0,07	0,06	0,08	0,05
20	0,09	0,08	0,12	0,143	0,07	0,06	0,1
25	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,06	0,02
40	0,05	0,08	0,05	0,06	0,14	0,07	0,04
60	0,04	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,04

BIODATA PENULIS

Bahang Surya Diwanta



Penulis dilahirkan di Malang 4 Desember 1990, merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Iswanto, S.E dan Dra. Prima Ragawati. Penulis memulai pendidikan formal di MIJS Malang I dan melanjutkan pendidikan di MTsN I Malang, SMAN 4 Malang dan Program Diploma III di Politeknik Negeri Malang. Setelah lulus dari Politeknik Negeri Malang tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana Teknik di Teknik Kimia FTI ITS Surabaya dan melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material dengan judul “**Pemurnian Pasir Silika Menggunakan Proses Sonikasi dalam Media Asam Oksalat**”. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Petrokimia Gresik, Tbk. Gresik-Jawa Timur.

Email : etna.gulf@gmail.com

BIODATA PENULIS

Nurdina Bestari



Penulis dilahirkan di Gresik, 23 Juli 1991 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Semen Gresik, SMPN 3 Gresik, dan SMAN 1 Manyar Gresik. Setelah lulus dari SMAN 1 Manyar Gresik pada tahun 2009, penulis mengikuti seleksi masuk Program Diploma 3 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Kimia. Setelah lulus dari program Diploma III ITS pada tahun 2012, penulis melanjutkan studinya di S1 Teknik Kimia ITS pada tahun 2013. Penulis juga melibatkan diri dalam bidang organisasi seperti Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia (HIMAD3KKIM) FTI ITS dengan menjadi Staff Bidang Akademik Dan Keilmiahan periode 2010/2011, Staff Departemen Dalam Negeri Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri (BEM FTI ITS) periode 2010/2011 serta menjadi Ketua Bidang Keprofesian dan Keilmiahan periode 2011/2012. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Petrokimia Gresik, Tbk. Gresik - Jawa Timur.
Email : dinabestari@gmail.com