



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENGARUH TEMPERATUR PELINDIAN TERHADAP
PERUBAHAN KADAR UNSUR PENYUSUN *GANGUE MINERAL* PADA
PROSES EKSTRAKSI BAUKSIT**

SKRIPSI

RICHARD JEZA EDWARD

0606075214

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

Juni 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENGARUH TEMPERATUR PELINDIAN TERHADAP
PERUBAHAN KADAR UNSUR PENYUSUN *GANGUE MINERAL* PADA
PROSES EKSTRAKSI BAUKSIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

RICHARD JEZA EDWARD

0606075214

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

Juni 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Richard Jeza Edward

NPM : 0606075214

Tanda Tangan :

Tanggal : 01 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Richard Jeza Edward
NPM : 0606075214
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Temperatur Pelindian Terhadap
Perubahan Kadar Unsur Penyusun *Gangue*
Mineral Pada Proses Ekstraksi Bauksit

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing :

(Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M.S., DEA)

Penguji :

(Deni Ferdian, ST, M.Sc)

Penguji :

(Ir. Aji Kawigraha, MT)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 01 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan kehendak-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada-Nya penulis menyerahkan segala urusan dalam penyelesaian skripsi yang berjudul “**Analisa Pengaruh Temperatur Pelindian Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun Gangue Mineral Pada Proses Ekstraksi Bauksit**”, yang dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M.S., DEA, selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material
3. Dr. Ir. A. Herman Yuwono, selaku penguji dan koordinator tugas akhir yang telah menyediakan waktu ditengah kesibukan beliau;
4. Dr. Ir. Sri Harjanto, selaku pembimbing akademis yang telah membantu permasalahan akademik sejak awal kuliah hingga saat ini.
5. PT. Aneka Tambang, Tbk, yang telah membantu dalam usaha penyediaan bahan baku bauksit yang saya gunakan dalam penelitian.
6. Bapak Zaenal, dari Laboratorium Metalografi Departemen Teknik Metalurgi dan Material, yang telah membantu saya dalam pemakaian dapur di Lab. Metalo.
7. Kedua orang tua, kakak-kakak, dan saudara-saudara yang telah memberikan dukungan moral dan material.
8. Teman-Teman, baik teman dari Metal maupun teman-teman dari luar Metal:
 - a. Tim Skripsi Bauksit : Fahmi, Satrio, dan Wening

- b. Rekan-rekan asisten Lab. Metalurgi Proses : Namet, Icon, Yulianto, Mashudi, Mochi, Ferdian, Bang Tri, Amoy, Ober, Nagy dan Desto.
 - c. Teman-teman asisten Metalografi yang labnya saya jadikan tempat penelitian sekaligus tempat ngadem sambil download : Marcel, Remon, Dhika, Edit Kuds, Indra, Sukron, dan Yuda.
 - d. Teman-teman ngumpul : Candra, B. Haruman, Anton, Habib, Osky, Syarif, Fiki, Nofar, Lusi, dll.
 - e. Tim hunting foto yang menemani jalan-jalan ketika sedang jenuh dalam penulisan skripsi : Fandy Wong, Paul, dan Binsur.
 - f. Penghuni ruang SEM, Udin, yang telah membantu dalam pengujian EDAX.
 - g. Teman-teman ngobrol di luar Metal : Juki Elektro, Kiky Annisa, Widya, Ihsan, Deri, dll.
 - h. Gadis-gadis manis di UI dan teknik yang membuat saya semangat untuk datang ke kampus.
 - i. Teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Kepada mereka penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya.

Penulis menyadari bahwa, dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dikarenakan keterbatasan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang dapat dijadikan perbaikan di masa depan. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 09 Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Richard Jeza Edward
NPM : 0606075214
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non – exclusive Royalty – Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisa Pengaruh Temperatur Pelindian Terhadap Perubahan Kadar Unsur
Penyusun *Gangue Mineral* Pada Proses Ekstraksi Bauksit**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola, dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 01 Juli 2010

Yang menyatakan

(Richard Jeza Edward)

ABSTRAK

Nama : Richard Jeza Edward
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Analisa Pengaruh Temperatur Pelindian Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun *Gangue Mineral* Pada Proses Ekstraksi Bauksit

Penelitian ini difokuskan pada proses ekstraksi, khususnya pelindian dengan *Bayer Process*, dan memperlihatkan pengaruh temperatur pelindian terhadap perubahan kadar unsur-unsur logam yang ada pada bauksit dan mineral ikutan atau *Red Mud*.

Hasilnya adalah Kadar unsur Al semakin menurun dari 31% pada bauksit awal, 16,51% pada temperatur 80°C, hingga menjadi 12,56 % pada temperatur 240°C. Kadar unsur Si semakin meningkat dari 4,03% pada bauksit awal, hingga 9,19% pada temperatur 120°C. Kemudian menurun hingga 4,65% pada temperatur 240°C. Hal ini menunjukkan kadar Al di larutan sodium aluminat semakin tinggi, sementara kadar Si pada larutan tersebut semakin sedikit. Kemudian Kadar unsur Titanium semakin meningkat dari tidak terdeteksi pada bauksit awal, 1,45% pada temperatur 80°C, hingga 1,98% pada temperatur 240°C. Kadar unsur Fe semakin meningkat dari 4,12% pada bauksit awal, 18,05% pada temperatur 80°C, hingga 27,22% pada temperatur 240°C. Pengolahan *Red Mud* dari hasil proses pelindian menggunakan *Bayer Process* mampu memberikan keuntungan dari segi ekonomi dengan didapatnya peningkatan kadar Titanium yang memiliki harga jual tinggi.

Kata Kunci :
Bauksit, pelindian, bayer process, aluminium, titanium

ABSTRACT

Name : Richard Jeza Edward
Study Program : Metallurgy and Materials Engineering
Title : The Analysis Of Leaching Temperature Effect on Element Content Of Gangue Mineral Constituents in Bauxite Extraction Process.

This study focused on extraction process, especially the Bayer Process leaching method, and showed the influence of leaching temperature on changes in levels of metal elements exist in bauxite and gangue minerals or Red Mud.

The result is the content of Al decreasing from 31% at the raw bauxite, 16.51% at a temperature of 80⁰C, up to 12.56% at a temperature of 240⁰C. The element Si increasing from 4.03% at the raw bauxite, up to 9.19% at a temperature of 120⁰ then decreased to 4.65% at temperatures of 240⁰C. This shows the Al content at sodium aluminate solution will increase, while the Si content in the solution will decrease. Then the concentration of Titanium increased from undetectable at the raw bauxite, 1.45% at a temperature of 80⁰C, up to 1.98% at a temperature of 240⁰C. Fe element content increasing from 4.12% at the raw, 18.05% at a temperature of 80⁰ C, up to 27.22% at a temperature of 240⁰ C Processing of Red Mud from the leaching process using the Bayer Process can provide economic benefits because of the increasing levels of Titanium, which has a high selling price.

Keywords:

Bauxite, extraction, bayer process, aluminum, titanium

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Industri Aluminium	1
1.1.2 Pertambangan dan Pengolahan Logam Aluminium di Indonesia	3
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bijih Bauksit	7
2.2 Pengolahan Mineral	8
2.2.1 Kominusi	9
2.2.1.1 Penggerusan (<i>Crushing</i>)	9
2.2.1.2 Penggilingan (<i>Grinding</i>)	9
2.2.2 Metode Pengukuran (<i>Sizing</i>)	11
2.2.2.1 Pengayakan (<i>Screening</i>)	11
2.2.2.2 Klasifikasi (<i>Classification</i>)	12
2.2.3 Konsentrasi (<i>Concentration</i>)	13
2.3 Ekstraksi Aluminium	14
2.3.1 Proses Asam	16
2.3.2 Proses Alkaline	16
2.3.2.1 <i>Le Chatelier</i>	17
2.3.2.2 Proses Bayer (<i>Bayer Process</i>)	17
3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Proses Penelitian	22

3.1.1 Pengolahan Mineral.....	24
3.1.1.1 Pengujian <i>Energy Disperse X-Ray Analysis</i> (Karakterisasi Awal)	24
3.1.1.2 Penggerusan (<i>Crushing</i>)	24
3.1.1.3 Klasifikasi (<i>Classification</i>)	25
3.1.1.4 Pengeringan (<i>Drying</i>)	25
3.1.1.5 Penggilingan (<i>Grinding</i>).....	25
3.1.1.6 Pengayakan (<i>Screening</i>)	26
3.1.1.7 Pengujian <i>Energy Disperse X-Ray Analysis</i> (Karakterisasi Menengah)	26
3.1.2 Pembuatan Larutan Pelindi.....	26
3.1.3 Proses Pelindian	26
3.1.3.1 Pemisahan Cairan dengan Padatan (<i>Separation</i>)	29
3.1.1.5 Pengeringan (<i>Drying</i>).....	30
3.1.1.3 Pengujian <i>Energy Disperse X-Ray Analysis</i> (Karakterisasi Akhir).....	30
3.2 Deskripsi Pengujian : <i>Energy Disperse X-Ray Analysis</i> (EDX/EDAX).....	30
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Observasi dan Analisa Data Karakterisasi Awal Bijih Bauksit Tayan	32
4.2 Analisa Hasil Proses Pelindian	35
4.2.1 Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Mineral Ikutan Pada Proses Pelindian.....	36
4.2.2 Tren Perubahan Kadar Unsur Al, Si, Ti, dan Fe Pada Mineral Ikutan Hasil Proses Pelindian.....	38
4.2.3 Analisa Perubahan Kadar Al, Si, Ti, dan Fe Pada Mineral Ikutan Setelah Proses Pelindian.....	42
5. PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Produksi Aluminium, Tembaga, dan Seng di Dunia.....	1
Gambar 2.1.	Jenis Bijih Bauksit (a) Gibbsite, (b) Boehmite, (c) Diaspore.....	8
Gambar 2.2.	Skema Pengolahan Mineral Sederhana	10
Gambar 2.3.	Skema Proses Hidrometalurgi	15
Gambar 2.4.	Metode-metode Pelindian (<i>Leaching</i>).....	15
Gambar 2.5.	Diagram Poubaix Aluminium.....	18
Gambar 2.6.	<i>Red Mud</i> dari Pertambangan Bauksit di Australia	21
Gambar 3.1.	Diagram Skematis Penelitian.....	23
Gambar 3.2.	Tahapan Penggerusan.....	24
Gambar 3.3.	Skema Klasifikasi Hidrolik.....	25
Gambar 3.4.	Soda Api (Sodium Hidroksida) Pada Penelitian.....	27
Gambar 3.5.	Skema Pencampuran Soda Api dengan <i>Aquadest</i>	27
Gambar 3.6.	Gelas <i>Stainless Steel</i> yang Digunakan Pada Penelitian.....	28
Gambar 3.7.	Skema Proses Pelindian.....	29
Gambar 3.8.	Dapur <i>Naberterm</i> Untuk Mendapatkan Temperatur Tinggi Pada Penelitian	29
Gambar 3.9.	Contoh Spektrum Hasil Pengujian EDAX	31
Gambar 4.1.	(a) Bijih Bauksit Pada Penelitian dan (b) <i>Bohmite</i>	33
Gambar 4.2.	Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan	34
Gambar 4.3.	Hasil Pengujian pH Larutan NaOH pada Penelitian, pH 12-13	35
Gambar 4.4.	Sampel X Sebagai Mineral Ikutan Hasil Proses Pelindian.....	35
Gambar 4.5.	Perbandingan Antara (a) <i>Red Mud</i> dari Literatur yang Didapat dari Australia dengan (b) Sampel X yang Telah Dikeringkan	36
Gambar 4.6.	Tren Unsur Al, Si, Ti, dan Fe	41
Gambar 4.7.	Perbandingan Harga Titanium dan Aluminium Selama 5 Tahun Terakhir	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kelimpahan Logam di Dunia	2
Tabel 1.2.	Sifat Aluminium	2
Tabel 2.1.	Jenis Bijih Bauksit	7
Tabel 2.2.	<i>Tyler Standard Series</i> untuk <i>Screen Analysis</i>	12
Tabel 2.3.	Kondisi Pelindian Komersial dari Bijih Bauksit	19
Tabel 2.4.	Nilai Komposisi yang Terkandung Dalam <i>Red Mud</i>	20
Tabel 3.1.	Data Teknis Gelas <i>Stainless Steel</i> Pada Penelitian.....	28
Tabel 4.1.	Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan (Bauksit Awal)	33
Tabel 4.2.	Data Pengujian EDAX Sampel X pada Temperatur Proses Pelindian yang Berbeda.....	37
Tabel 4.3.	Perbandingan antara Komposisi <i>Red Mud</i> dari Literatur dan Penelitian	38
Tabel 4.4.	Tren Unsur Logam Al.....	39
Tabel 4.5.	Tren Unsur Logam Si	39
Tabel 4.6.	Tren Unsur Logam Ti	39
Tabel 4.7.	Tren Unsur Logam Fe.....	40
Tabel 4.8.	Kadar Unsur Na Pada Temperatur 80°C-240°C.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian EDAX	50
--	----



BAB 1

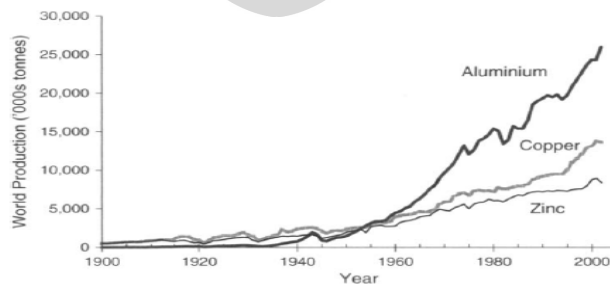
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eksplorasi terhadap mineral-mineral pertambangan menjadi sangat pesat pada abad ke-19. Hal ini dikarenakan pertumbuhan dunia industri yang sangat dramatis di masa tersebut yang dipacu oleh adanya Revolusi Industri I dan II yang terjadi di Eropa. Pada masa tersebut terjadi perubahan dalam berbagai bidang khususnya ekonomi, dimana tenaga kerja manusia yang diganti dengan mesin. Dikarenakan adanya kebutuhan akan mesin ini maka dilakukanlah eksplorasi terhadap mineral-mineral logam yang merupakan bahan dasar untuk pembuatan mesin-mesin tersebut. Selain itu, masyarakat pada masa itu juga selalu mencari cara agar dapat menciptakan alat transportasi bermesin yang penggunaannya lebih mudah untuk membawa barang-barang dagangan mereka ke satu tempat ke tempat yang lainnya. Sejak ditemukannya mobil pada tahun 1886 dan pesawat terbang pada 1903 kebutuhan akan aluminium semakin meningkat hingga saat ini.

1.1.1 Industri Aluminium

Aluminium merupakan logam yang paling banyak diolah, menduduki peringkat pertama dengan produksi sebesar 38 juta ton di abad 20, sementara copper berada di peringkat kedua dengan 27 juta ton di periode yang sama. Gambar 1.1 menunjukkan produksi dunia atas logam Aluminium, tembaga (*copper*), dan seng (*zinc*) selama periode 1900 – 2002^[1]



Gambar 1.1 Produksi Aluminium, Tembaga, dan Seng di Dunia^[1]

Selain itu, dengan kelimpahan ketiga terbanyak di dunia, Aluminium mampu mengimbangi kebutuhan dunia industri yang sangat besar serta menarik minat pertambangan untuk semakin mengeksplor lebih banyak. Tabel 1.1 menunjukkan kelimpahan logam Aluminium di dunia yang berada di urutan ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon.

Tabel 1.1 Kelimpahan Logam di Dunia^[1]

Element	Abundance (%)	Amount in 3.5 km of crust (tonnes)	Element	Abundance (%)	Amount in 3.5 km of crust (tonnes)
(Oxygen)	46.4	10 ¹⁶ -10 ¹⁸	Vanadium	0.014	10 ¹⁴ -10 ¹⁵
Silicon	28.2		Chromium	0.010	
Aluminium	8.2		Nickel	0.0075	10 ¹³ -10 ¹⁴
Iron	5.6		Zinc	0.0070	
Calcium	4.1		Copper	0.0055	
Sodium	2.4		Cobalt	0.0025	
Magnesium	2.3		Lead	0.0013	
Potassium	2.1		Uranium	0.00027	
Titanium	0.57		Tin	0.00020	10 ¹¹ -10 ¹³
Manganese	0.095		Tungsten	0.00015	
Barium	0.043	Mercury	8 × 10 ⁻⁶		
Strontium	0.038	Silver	7 × 10 ⁻⁶		
Rare earths	0.023	Gold	<5 × 10 ⁻⁶		
Zirconium	0.017	Platinum metals	<5 × 10 ⁻⁶	<10 ¹¹	

Sifat-sifat yang dimiliki oleh Aluminium secara umum ditunjukkan pada Tabel 1.2 dibawah^[2].

Tabel 1.2 Sifat Aluminium^[2]

Property	Value
atomic number	13
atomic weight	26.9815
density at 25°C, kg/m ³	2698
melting point, °C	660.2
boiling point, °C	2494
thermal conductivity at 25°C, W/m · K)	234.3
latent heat of fusion, J/g ^a	395
latent heat of vaporization at bp ΔH _v , kJ/g ^a	10,777
electrical conductivity	65% IACS ^b
electrical resistivity at 20°C, Ω·m	2.6548 × 10 ⁻⁸
temperature coefficient of electrical resistivity, Ω·m/°C	0.0043
electrochemical equivalent, mg/°C	0.0932
electrode potential, V	-1.66
magnetic susceptibility, g ⁻¹	0.6276 × 10 ⁻⁶
Young's modulus, MPa ^c	65,000
tensile strength, MPa ^c	50

Aluminium banyak digunakan pada industri karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan logam lain, yaitu:

1. Aluminium merupakan material yang ringan. Beberapa komponen struktural dibuat dari aluminium khususnya pada industry penerbangan.
2. Memiliki ketahanan korosi yang baik karena membentuk lapisan pasif yang dapat mencegah korosi.
3. Memiliki *strength-to-weight ratio* yang baik dimana Aluminium memiliki kekuatan tarik sebesar 49 MPa dan paduannya mampu mencapai 400 MPa. Bila dibandingkan dengan besi, densitas dari aluminium hanya sebesar 2,7 gr/cm³ sedangkan baja memiliki densitas 7,87 gr/cm³ [3] dengan kisaran kekuatan tarik dari 250 – 700 MPa. Aluminium cocok digunakan untuk transportasi dan aplikasi yang membutuhkan material ringan namun kekuatan baik.
4. Aluminium merupakan logam *non-toxic*, *non-magnetic*, dan *non-sparking*.
5. Memiliki sifat keuletan yang baik sehingga mudah dalam permesinan.

Dengan berbagai keunggulan tersebut, maka Aluminium sangat cocok dan diminati untuk digunakan dalam dunia industri. Aluminium dapat menggantikan logam-logam yang telah digunakan sejak dahulu dengan keunggulan-keunggulan tersebut sehingga penggunaannya dapat dikatakan efisien dan ekonomis.

1.1.2 Pertambangan dan Pengolahan Logam Aluminium di Indonesia

Bijih bauksit merupakan sumber utama dalam pengolahan Aluminium. Bijih ini sangat banyak ditemukan di dunia khususnya pada kawasan Amerika Latin dan Asia, tidak terkecuali di Indonesia. Pertambangan bauksit tersebar pada beberapa daerah di Indonesia diantaranya di Kijang, Tanjung Pinang (Provinsi Kepulauan Riau), Pulau Bintan dan beberapa daerah lainnya.

Indonesia merupakan eksportir utama bauksit di Asia. Beberapa negara Asia memang memiliki sumber daya mineral bauksit seperti Filipina, China, dan India. Namun, jumlah bauksit yang ada pada negara-negara tersebut sangat sedikit. Pada China misalnya, bauksit terdapat pada jumlah yang cukup banyak di

China tetapi kebutuhan industri dalam negeri yang besar menyebabkan tuntutan pasokan bauksit yang sangat besar sedangkan cadangan dalam negeri mereka tidak cukup untuk memenuhi itu semua. Maka, saat ini China tidak mengekspor bauksit melainkan mengimpor bauksit dari negara lain yaitu Indonesia. Para investor dari China saat ini mulai masuk ke Indonesia untuk mencari cadangan bauksit di Indonesia, jika tidak mendapatkannya di Indonesia maka mereka kemungkinan akan mencari dari negara jauh seperti di Amerika Latin^[4].

Saat ini salah satu pertambangan bauksit terbesar di Indonesia terdapat di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Proyek pengolahan bauksit di Kabupaten Sanggau tersebut dikenal dengan nama proyek *Chemical Grade Alumina* (CGA) yang diperkirakan dapat memproduksi sekitar 300.000 ton per tahun.

Permasalahan pertambangan bauksit yang ada di Indonesia saat ini adalah banyaknya cadangan bauksit yang diekspor secara mentah. Selain karena harganya jauh lebih murah, kita juga tidak mendapatkan nilai tambah apa-apa. Hal ini dikarenakan jika kita mengekspor bijih bauksit secara mentah maka tenaga kerja yang dibutuhkan akan semakin berkurang dan menyebabkan lapangan pekerjaan semakin kecil. Selain itu, karena keterbatasan kita untuk mengolah bijih tersebut maka kita hanya mengimpor bahan yang sudah jadi dari pengolahan bijih tersebut yang berasal dari negara lain, yang awalnya mengekspor, dengan harga yang jauh lebih mahal.

Jika dilihat dari kandungan yang ada di dalam bijih bauksit, maka kita juga akan kehilangan unsur-unsur berharga lainnya yang ada di dalam bijih bauksit jika mengekspor secara mentah. Unsur-unsur tersebut memiliki harga jual yang lebih tinggi bahkan dari Aluminium yang merupakan unsur utama dari bauksit. Unsur lain yang ada di dalam bijih bauksit antara lain Besi (Fe), Silika (Si), dan Titanium (Ti).

Oleh karena itu, proyek CGA Tayan dibuat untuk mengurangi kecenderungan Indonesia menjual bijih bauksit secara mentah dengan cara mengolahnya menjadi *Chemical Grade Alumina*. Ekspor bauksit yang sudah diolah akan memberikan keuntungan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan mengekspornya secara mentah dan kita juga berkesempatan untuk mengolah

mineral berharga lain yang ada di dalamnya. Proyek Tayan ini dilaksanakan oleh PT. Aneka Tambang dan tergabung dalam sebuah konsorsium dengan dua perusahaan Jepang, yaitu Showa Denco KK (SDK) dan Marubeni Corporation serta didukung oleh berbagai pihak akademisi yang mendukung larangan penjualan bahan mentah pertambangan ke luar negeri.

I.2 Perumusan Masalah

Dengan berbagai latar belakang yang telah dijelaskan, maka diperlukan penelitian yang menelaah lebih jauh kinerja proses ekstraksi Aluminium yang efektif dan ekonomis. Cara ekstraksi dilakukan menggunakan proses *Hydrometallurgy* untuk menghindari proses peleburan atau *Pyrometallurgy* yang membutuhkan Tanur bertemperatur diatas 1600°C.

Penelitian ini dikonsentrasikan pada perubahan kadar unsur-unsur logam yang ada pada bauksit kemerah-merahan yang diperoleh dari Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, Indonesia. Proses ekstraksi akan dimulai dari pengolahan bijih mineral berupa bijih bauksit hingga menghasilkan *alumina* serta mineral ikutan yang biasa disebut *red mud*.

Fokus dari penelitian yang dilakukan adalah pada proses pelindian. Proses yang dilakukan adalah *Hydrometallurgy* dengan prinsip *Bayer Process* yang menuntut kadar SiO_2 rendah. Penelitian akan menjelaskan sejauh mana tahapan pelindian dapat mempengaruhi perubahan kadar unsure logam Aluminium dan unsur-unsur lain dalam mineral ikutan. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai efektivitas dan ekonomis dari proses pelindian terkait dengan unsur-unsur bawaan pada bijih bauksit yang memiliki nilai jual yang tinggi. Selain itu hal ini berkenaan dengan keikutsertaan penelitian terhadap pembukaan berbagai tambang baru di Indonesia dan melihat apakah metode ini dapat digunakan pada aplikasi dunia pertambangan secara nyata.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dan memperoleh metode ekstraksi yang efektif dan ekonomis.
2. Mengetahui dan membandingkan kinerja temperatur cairan pelindi dengan menggunakan 5 variabel temperatur, yaitu 80°C, 120°C, 160°C, 200°C, dan 240°C.
3. Mengukur dan mengetahui perubahan kadar unsur Aluminium, Silika, Titanium, dan Besi (Fe) yang terkandung dalam mineral ikutan, selama proses ekstraksi yang dilakukan di Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat berpotensi untuk dikembangkan sehingga dapat berkontribusi untuk dunia pertambangan dan ekstraksi mineral, khususnya bauksit. Beberapa manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini antara lain :

1. Memberikan masukan bagi industri pertambangan bauksit di Indonesia atas suatu proses ekstraksi yang efektif dan ekonomis.
2. Mengetahui kinerja dan pengaruh proses pelindian dengan metode *Bayer Process*.
3. Mengetahui perubahan kadar unsur Aluminium serta unsur-unsur lain yang terkandung dalam bijih bauksit serta mineral ikutan selama proses ekstraksi yang dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material sehingga dapat diaplikasikan pada dunia pertambangan secara nyata.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

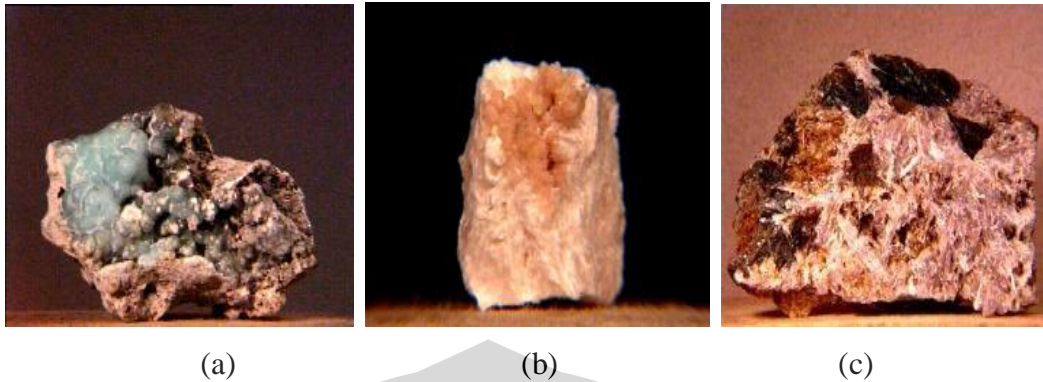
2.1 Bijih Bauksit

Bijih Aluminium ditemukan di alam sebagai bauksit. Bauksit, dinamakan setelah sebuah desa Les Baux dekat Arles di selatan Perancis dimana pertama kali ditemukan, bukan sebuah mineral, namun menunjukkan berbagai jenis bijih Aluminium mengandung sebagian besar Aluminium hidroksida. Terdapat tiga tipe Aluminium hidroksida yang terkandung pada bauksit, yaitu : *gibbsite*, *boehmite*, dan *diaspore*. Masing – masing berbeda sifat fisik, seperti terlihat pada Tabel 2.1 bahwa komponen tersebut merupakan hidroksida dan bukan hydrated oksida.

Tabel 2.1 Jenis Bijih Bauksit^[7]

	<i>Gibbsite</i> (Hydrargillite)	<i>Boehmite</i>	<i>Diaspore</i>
Formula	Al(OH) ₃	AlOOH	AlOOH
Al ₂ O ₃ : H ₂ O	1 : 3	1 : 1	1 : 1
Crystal System	Monoclinic	Orthorhombic	Orthorhombic
Hardness (Moh)	2½ - 3½	3½ - 4	6½ - 7
Specific Gravity	2.42	3.01	3.44
Refractive Index	1.568	1.649	1.702
Temperature of Rapid Dehydration	150°C	350°C	450°C
Product of Hydration	χ-Al ₂ O ₃	γ-Al ₂ O ₃	α-Al ₂ O ₃
Solubility in 100 g/l Na ₂ O solution at 125°C; g/l Al ₂ O ₃	128	54	insoluble

Jenis bauksit dapat dilihat dari gambar 2.1 yang menunjukkan contoh penampakan langsung dari bijih bauksit yang didapat dari pertambangan



Gambar 2.1 Jenis Bijih Bauksit (a) Gibbsite, (b) Boehmite, (c) Diaspore^[8]

Secara kasat mata, dapat dibedakan bauksit menurut kadar pengotornya yang umumnya berupa besi (Fe) :

1. Bauksit merah : kadar besi tinggi dan kadar SiO_2 rendah
2. Bauksit putih keabu – abuan : kadar besi rendah dan kadar SiO_2 tinggi
3. Bauksit agak kemerah – merahan : kadar besi dan SiO_2 kurang lebih sama.

Bijih dengan kadar SiO_2 yang rendah lebih disukai untuk industri karena akan lebih mudah diproses selanjutnya, khususnya menggunakan *Bayer Process*.

2.2 Pengolahan Mineral

Proses yang pertama dilakukan pada proses ekstraksi adalah pengolahan mineral yang terdiri dari persiapan bijih, milling, dan ore dressing. Ore dressing adalah sebuah proses mekanik yang memisahkan butir – butir pada mineral bijih dari mineral gangue, untuk memproduksi konsentrat dengan jumlah yang lebih kaya mengandung sebagian besar mineral dan tailing yang mengandung material pengotor yang biasanya dibuang^[6].

Oleh karena mineral bijih pada umumnya lebih halus dan terasosiasi dengan mineral gangue, berbagai mineral harus dihancurkan (dibebaskan). Maka dari itu, bagian pertama dari proses ore dressing adalah penggerusan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding*), yang disebut juga kominusi. Proses pengolahan

mineral setelah kominusi adalah Pengukuran (*Sizing*) dan Konsentrasi (*Concentration*), dimana proses ini berlangsung secara fisik/mekanik.

2.2.1 Kominusi

Kominusi adalah proses pembebasan mineral berharga dari pengotornya, dimana bijih akan digerus dan diperkecil ukurannya sehingga mineral berharga terpisah dari pengotornya dan mengoptimalkan proses selanjutnya^[1]. Tahapan Kominusi terdiri dari penggerusan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding*).

2.2.1.1 Penggerusan (*Crushing*)

Penggerusan (*crushing*) merupakan tahapan pertama dari proses kominusi, dimana masukan yang digunakan masih merupakan bijih berukuran besar. Terdapat tiga tingkatan pada penggerusan^[6], yaitu:

1. Penggerusan Utama/Pertama (*Primary Crushing/Coarse Crushing*)
Pada primary crushing, bijih awal (berukuran lebih dari 1 m) digerus hingga 10 cm, biasanya dilakukan pada *jaw* atau *gyratory crusher*.
2. Penggerusan Kedua (*Secondary Crushing/Intermediate Crushing*)
Pada tahap ini, bijih digerus dari 10 cm hingga kurang dari 1 – 2 cm, biasanya digunakan *cone* atau *roll crusher*, umumnya memerlukan energy lebih banyak dibandingkan *primary crusher*.
3. Penggerusan Ketiga (*Tertiary Crushing/Fine Crushing*)
Pada tahapan ini, bijih digerus dari 1 - 2 cm hingga kurang dari 0.5 cm. Biasanya digunakan *short head cone crusher*, *roll crusher*, *hammer mills*.

2.2.1.2 Penggilingan (*Grinding*)

Penggilingan merupakan tahap selanjutnya pada kominusi setelah penggerusan. Pada penggilingan didapatkan bijih dengan ukuran yang lebih kecil

lagi dibandingkan pada tahapan penggerusan yang akan mempermudah proses selanjutnya. Pada penggilingan terdapat 2 tahapan^[6], yaitu :

1. Penggilingan Kasar (*Coarse Grinding*)

Rod mills pada umumnya digunakan pada tahapan ini, alat tersebut mampu menampung umpan sebesar 50 mm dan menghasilkan produk sehalus 300 microns.

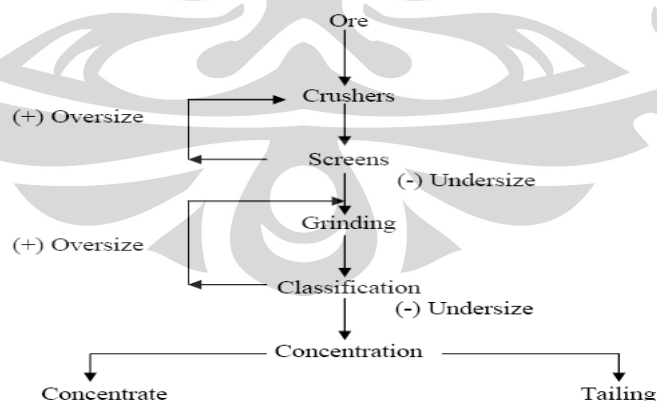
2. Penggilingan Halus (*Fine Grinding*)

Fine grinding merupakan tahapan akhir dari kominusi, digunakan *ball mills* dengan bola baja, yang menghasilkan keluaran kurang dari 100 micron.

Penggilingan memiliki beberapa tujuan. Berikut ini adalah tujuan penggilingan, yaitu :

1. Untuk mendapatkan derajat pembebasan yang tepat pada mineral processing.
2. Untuk meningkatkan area permukaan yang spesifik atas mineral berharga pada proses hydrometallurgy (misalnya leaching).

Pengolahan mineral mengkombinasikan beberapa tahapan atas unit operasi. Gambar 2.2 menunjukkan diagram dari unit operasi pada umumnya.



Gambar 2.2 Skema Pengolahan Mineral Sederhana^[6]

Pada pengolahan mineral terdapat beberapa proses yang juga terkait dengan proses kominusi yaitu *Sizing*, yang menggunakan metode pengayakan (screening) maupun klasifikasi, serta Konsentrasi.

2.2.2 Metode Pengukuran (*Sizing*)

Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan partikel dari bijih mineral antara yang berukuran kecil (halus) dengan partikel berukuran besar (kasar) kemudian dikelompokkan sesuai dengan ukuran yang seragam. Penyeragaman ukuran partikel dilakukan untuk dapat melihat sifat fisik dari masing-masing ukuran partikel kemudian menentukan ukuran partikel optimum untuk memudahkan proses selanjutnya. Metode pengukuran yang umum digunakan yaitu, Pengayakan (*screening*) dan Klasifikasi (*classification*).

2.2.2.1 Pengayakan (*Screening*)

Pengayakan (*screening*) biasanya dilakukan pada material yang kasar, seiring dengan efisiensi (jumlah) yang menurun namun kehalusan akan meningkat. Pengayakan terbatas pada material berukuran 250 micron, semakin halus kan diproses pada klasifikasi. Industrial Sizing dilakukan pada sirkuit tertutup dengan menggunakan crusher atau ball mill. Sementara Laboratory Screening merupakan sebuah teknik pengukuran dengan tujuan mennetukan sejumlah ukuran partikel yang diberikan oleh material.

Distribusi partikel akan ditentukan oleh screen analysis, dengan berbagai skala yang digunakan. Salah satu skala yang umum digunakan adalah *American Tyler Screen Scale (Tyler Standard Series)*^[6] dimana ukuran screen adalah mesh atau wires per linear inch (1 inch = 2.54 cm). Ukuran Tyler dimulai dari 1.05 inch (26.67 mm), untuk partikel yang lebih kecil umumnya digunakan microns (1 micron = 10^{-3} mm), sehingga 200 mesh (#) setara dengan 74 microns pada Tyler Screen Series seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Tyler Standard Series untuk Screen Analysis

Table 2			
The Tyler Standard Series for Screen Analysis			
	Aperture Size		Tyler Mesh #
	Millimeters	Microns	
← $\sqrt{2}$ series	26.67	-	-
	18.85	-	-
	13.33	-	-
	9.423	-	-
	6.680	-	3
	4.699	-	4
	3.327	-	6
	2.362	-	8
	1.651	-	10
	1.168	-	14
	0.833	833	20
	0.589	589	28
	0.417	417	35
	0.295	295	48
	0.208	208	65
	0.147	147	100
	0.104	104	150
0.074	74	200	
0.052	52	270	
0.037	37	400	

2.2.2.2 Klasifikasi (*Classification*)

Klasifikasi didefinisikan sebagai metode untuk memisahkan campuran dari partikel-partikel mineral menjadi dua atau lebih produk menurut kecepatan pengendapannya dalam air, dalam udara atau dalam cairan lainnya^[6]. Klasifikasi industri mungkin harus dilakukan pada tipe pemisah (*classifiers*) yang berbeda-beda dan pemisah-pemisah ini adalah pemisah hidrolis, pemisah mekanik, dan *cyclones*. Pada dasarnya pemisah-pemisah ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa partikel melayang di dalam air yang memiliki gerakan naik dan turun yang relatif terhadap partikel. Partikel-partikel yang memiliki ukuran dan kepadatan lebih kecil akan terbawa oleh aliran air, dimana partikel yang lebih kasar dan berat akan mengendap.

2.2.3 Konsentrasi (Concentration)

Proses penting yang berikutnya pengolahan mineral, setelah kominusi dan pengukuran, adalah pemisahan mineral-mineral berharga dari *gangue*, contohnya proses konsentrasi. Konsentrasi biasanya dilakukan dengan memanfaatkan beberapa perbedaan spesifik dalam sifat fisik dan kimia dari logam dan senyawa *gangue* di dalam bijih. Dalam konsentrasi beberapa pengertian yang digunakan adalah^[6]:

1. Head adalah penumpukan ke dalam system konsentrasi.
2. Konsentrat didefinisikan sebagai mineral berharga yang terpisah dari bijih melalui perlakuan spesifik.
3. Tailing adalah fraksi dari bijih yang tidak diinginkan pada proses pemisahan. Biasanya merupakan porsi yang tidak berharga, contohnya adalah bahan buangan.
4. Middlings adalah partikel-partikel dari mineral berharga dan *gangue* yang tersimpan, contohnya pada saat proses pelepasan tidak tercapai. Proses pelepasan lanjutan dapat dicapai dengan melakukan kominusi lanjutan.
5. Recovery adalah persentase dari jumlah keseluruhan logam, terkandung dalam bijih yang didapatkan kembali di dalam konsentrat.

Beberapa metode dari proses konsentrasi yang dilakukan berdasarkan dari sifat fisik mineral, yaitu^[6] :

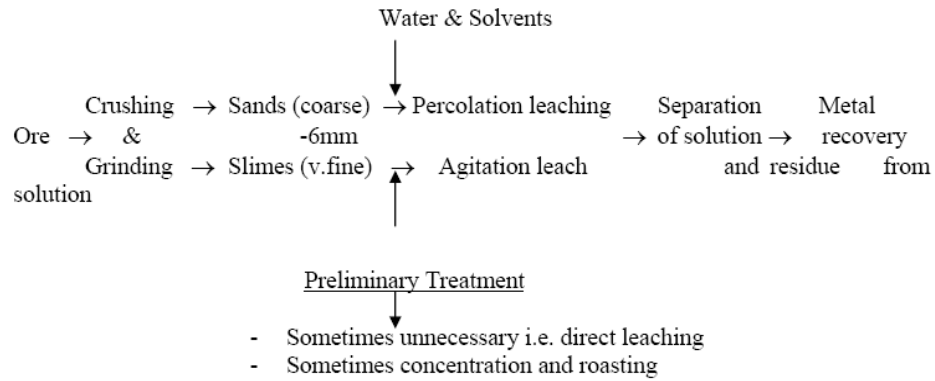
1. Pemisahan yang tergantung pada sifat optic dan radioaktif dari mineral, contohnya *hand pickling*, *optical sorting*, *radioactive sorting*, dan lain-lain.
2. Pemisahan yang tergantung pada perbedaan *specific gravity* atau kepadatan dari mineral, contohnya media pemisahan berat, *jigs*, *cones*, tabel konsentrasi, dan lain-lain.
3. Pemisahan memanfaatkan perbedaan sifat permukaan dari mineral, contohnya menggunakan *froth* flotation, dan lain-lain.

4. Pemisahan yang tergantung dari sifat magnetis dari mineral, contohnya sifat magnetic tinggi dan rendah, pemisah magnetis kering dan basah, dan lain-lain.
5. Pemisahan yang tergantung dari sifat konduktivitas listrik dari mineral, contohnya pemisah elektrostatik, dan lain-lain.

2.3 Ekstraksi Aluminium (*Hydrometallurgy*)

Proses hidrometalurgi memiliki beberapa definisi, salah satunya hidrometalurgi merupakan pengolahan bijih mineral yang terkonsentrasi pada pelindihan bijih, konsentrat dan calcine dalam larutan untuk melarutkan dan mendapatkan material yang berharga^[6]. Selain itu, proses hidrometalurgi adalah pemisahan substansi terlarut dari padatan dibantu oleh pelarut. Pelarut dapat berupa air dan cairan lainnya. Kelebihan serta kekurangan Hidrometalurgi adalah^[6] :

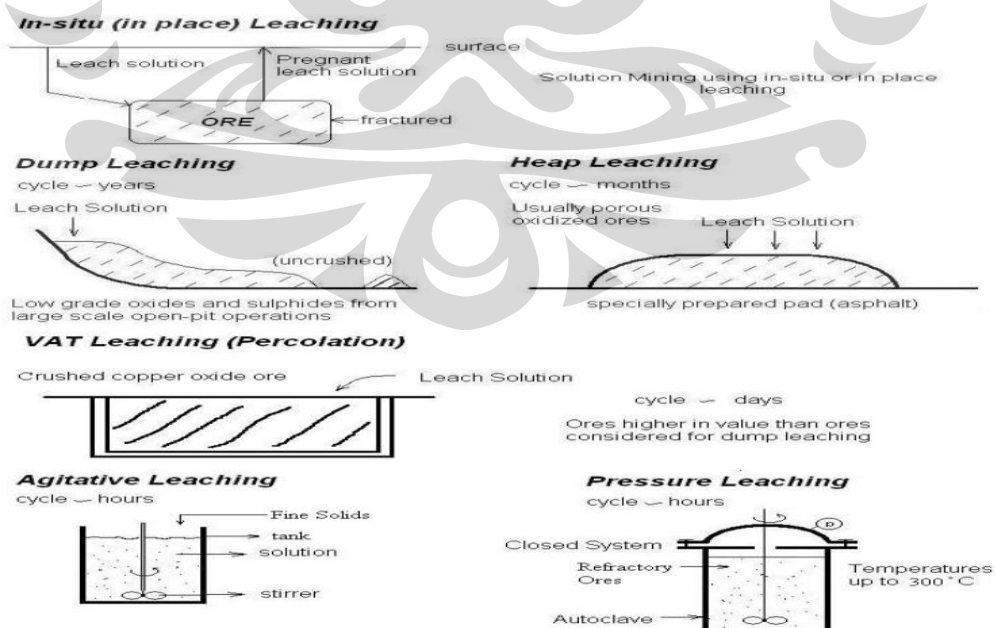
1. Kelebihan Hidrometalurgi, antara lain :
 - a. Tingkat ekstraksi tinggi dalam mengambil logam berharga
 - b. Membutuhkan bahan bakar dan energi yang sedikit
 - c. Peralatan yang dibutuhkan relatif sederhana dan murah, pengeluaran yang besar terdapat pada reagent kimia. Dalam beberapa proses, larutan mengalami regenerasi
 - d. Cocok untuk bijih dengan kandungan rendah dalam bentuk konsentrat, contohnya gold dan zinc *concentrates*, ekstraksi Al_2O_3 (Proses Bayer).
2. Kekurangan Hidrometalurgi, antara lain :
 - a. Sedikit mencemari lingkungan.
 - b. Banyak material yang tidak bereaksi dengan metode pelindihan.



Gambar 2.3 Skema Proses Hidrometalurgi

Berikut ini metode – metode pelindian (*leaching*), dapat dilihat pada gambar di bawah :

1. Pelindian ditempat (*in situ*), contoh : air tambang untuk pelindihan $CuSO_4$
2. Pelindian menumpuk (ukuran bijih –20cm), pelindihan timbunan
3. Pelindian halus (ukuran bijih sampai dengan 6mm) pada kolam besar atau tank
4. Pelindian *agitative* (lumpur) dilaksanakan dengan mengagitasi padatan halus pada tanki baja (secara mekanik atau menggunakan udara)
5. Pelindian tekanan pada autoclave



Gambar 2.4 Metode – Metode Pelindian (*Leaching*)^[6]

Sementara jika ditinjau secara umum, proses pelindian pada ekstraksi Aluminium dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Proses Asam (*Acid Process*)
2. Proses Alkaline (*Alkaline Process*)

2.3.1 Proses Asam

Proses asam atau dikenal dengan *acid process* merupakan proses ekstraksi bauksit dimana bijih bauksit dilarutkan dalam suatu asam (misalnya asam sulfat H_2SO_4 dan asam klorida HCl yang menghasilkan garam larut), hasil yang akan diperoleh antara lain Al_2SO_4 dan $AlCl_3$ sementara pengotor (*impurities*) akan tinggal dalam residu yang tidak mudah larut^[9]. Dari garam Al akan diperoleh $Al(OH)_3$ yang kemudian dikalsinasi menjadi Al_2O_3 . Proses ini memiliki keuntungan dan kerugian tersendiri, yaitu :

1. Keuntungan
Proses asam mudah digunakan untuk memisahkan silica dari alumina (tertinggal dalam residu), baik untuk bijih dengan kadar SiO_2 tinggi.
2. Kerugian
 - a. Garam – garam Ti dan Fe ikut larut bersama garam Al sehingga sulit dipisahkan karena sifat yang sama.
 - b. Dibutuhkan alat yang benar – benar acid proof sehingga mahal.
 - c. Sulit melakukan *acid recycling*.

2.3.2 Proses Alkaline

Proses Alkaline atau *alkaline process* adalah proses ekstraksi bauksit dengan cara menambah $NaOH$ atau Na_2CO_3 pada bauksit, terkadang ditambahkan sedikit batu kapur (limestone) sebagai penstabil. Dari reaksi akan didapatkan Na-Aluminate yang larut dalam air dan dengan mudah dipisahkan dari residunya. Larutan aluminat yang masih mengandung pengotor dan bauksit akan dipisahkan

menjadi $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan dikalsinasi untuk memperoleh Al_2O_3 . Keuntungan proses ini adalah oksida Ti, Fe dan Ca akan tetap tinggal sebagai residu. Sedangkan kerugiannya silica (SiO_2) akan bereaksi dengan alkali sehingga sebagian alkali akan terbuang dan aluminanya akan terkotori oleh SiO_2 ^[10]. Oleh karena itu, proses alkaline lebih banyak diperuntukkan bauksit dengan kadar SiO_2 yang rendah. Contoh proses alkaline, yaitu : Le Chatelier dan Proses Bayer.

2.3.2.1 *Le Chatelier*

Metode *Le Chatelier* hampir serupa dengan Proses Bayer, perbedaannya adalah Metode *Le Chatelier* digunakan untuk bauksit dengan kadar Si 6 – 14 %, sedangkan Proses Bayer digunakan untuk bauksit dengan kadar Si rendah < 6% (berat alumina yang hilang 1,1 x kadar silika dan berat NaOH yang hilang 1,2 x kadar silika)^[10]. Tetapi keduanya memiliki persamaan yaitu keduanya dilakukan di Molten Salt Electrolysis dalam media kryolit cair.

2.3.2.2 Proses Bayer (*Bayer Process*)

Bayer Process adalah suatu proses ekstraksi selektif dengan cara melarutkan komponen, seperti oksida, di dalam larutan sodium hidroksida. Tahapan utama dari proses ini adalah mencampurkan bijih bauksit ke dalam larutan sodium hidroksida seperti NaOH dengan memberikan panas serta tekanan ke dalam tangki pencampuran. Di dalam tangki tersebut bauksit akan secara perlahan terlarut^[11].

Larutan basa sodium hidroksida (NaOH) diharuskan berada pada daerah korosif apabila dilihat pada diagram pourbaix Aluminium, hal ini dikarenakan pada daerah tersebut Aluminium dapat terlarut menjadi ion-ionnya. Diagram Pourbaix untuk Aluminium dapat dilihat pada Gambar 2.5. Untuk menghasilkan larutan NaOH yang harus dilakukan adalah menghitung mol dan molar (konsentrasi). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung mol dan molar.

$$n = \frac{Gr}{Ar/Mr} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M = \frac{n}{V} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

n = mol dari larutan

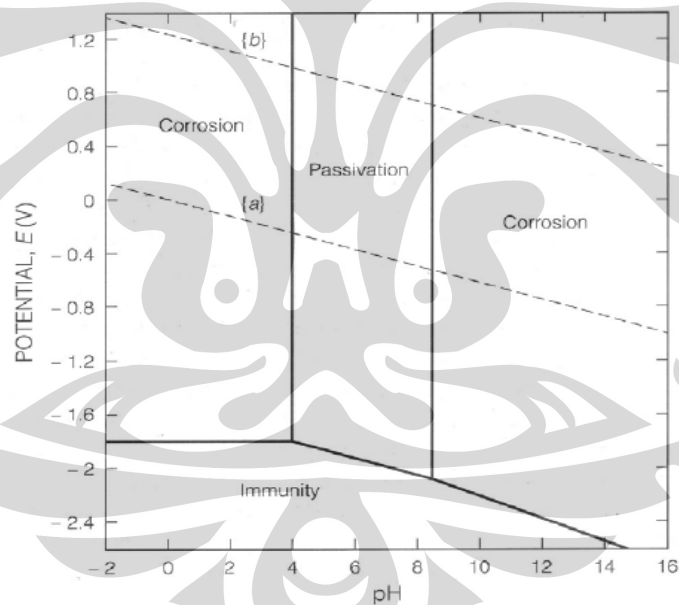
Gr = Massa dari soda api

Ar/Mr = Massa/berat molekul

M = Konsentrasi (Molar) dari larutan

V = Volume Larutan

Persamaan (2.1) menunjukkan persamaan untuk mencari mol dari larutan sementara persamaan (2.2) menunjukkan persamaan untuk mencari konsentrasi dari larutan^[12].



Gambar 2.5 Diagram Pourbaix Aluminium^[13]

Kondisi pelindian dari masing-masing jenis bauksit – gibbsite, diaspore, bohmite – umumnya berbeda-beda. Pelindian gibbsite biasanya dilakukan pada temperatur 140°C dengan konsentrasi 1 M. Sedangkan pelindian bohmite biasanya dilakukan pada temperatur 180-240°C dengan konsentrasi 1 M. Kondisi pelindian dari masing-masing jenis bauksit secara umumnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kondisi Pelindian Komersial dari Bijih Bauksit^[14]

Bauxite type	Temperature, K	c_{NaOH} g/L	Final $c_{\text{Al}_2\text{O}_3}$, g/L
gibbsitic	380	260	165
	415	105–145	90–130
boehmite	470	150–250	120–160
	510	105–145	90–130
diaspore ^a	535	150–250	100–150

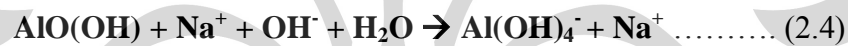
^aCaO is added to digests to accelerate dissolution of diaspore.

Pemanasan pada tangki pencampuran akan menyebabkan adanya reaksi pelarutan dari bauksit. Reaksi pelarutan yang terjadi adalah sebagai berikut^[11]:

Gibbsite:



Bohmite dan Diaspore:



Tekanan tidak terlalu diperhatikan pada proses ini, namun biasanya ditentukan dengan tekanan uap pada kondisi proses yang sebenarnya. Dimana umumnya pada temperatur 240°C tekanan yang didapat adalah sebesar 35 atm^[11].

Temperatur dan konsentrasi memiliki pengaruh penting dalam proses pelindian ini dimana semakin tingginya temperatur dan konsentrasi maka persentase Alumina (Al_2O_3) yang didapatkan juga akan semakin besar^[14]. Secara teoritis ketika temperatur dinaikkan maka kecepatan reaksi juga akan meningkat, selain itu peningkatan temperatur juga meningkatkan kelarutan zat^[15]. Namun tingginya temperatur terkadang juga memberikan beberapa kerugian, diantaranya masalah korosi dan kemungkinan dari oksida lain selain alumina akan terlarut ke dalam larutan soda (sodium hidroksida) yang akan menyebabkan pengotor pada produk akhir, dan *scaling* pada tangki.

Pada pelindian menggunakan *Bayer Process*, larutan sodium hidroksida ikut melarutkan beberapa mineral silika, seperti kaolinite^[16]. Silika, yang dilarutkan oleh sodium hidroksida, kemudian akan membentuk sodium silikat

yang mudah terlarut. Natrium silikat lalu bereaksi secara lambat dengan natrium aluminat yang ada pada larutan membentuk hidrat natrium-aluminium-silikat kompleks yang biasa disebut *desilication product* atau *Bayer Sodalite* ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)^[17]. Natrium-aluminium-silikat ini kemudian mengendap di luar larutan. Proses pengendapan dari natrium-aluminium-silikat ini dapat dipercepat dengan meningkatkan temperatur^[18].

Setelah proses pelindian, kurang lebih 10-30% dari massa bauksit akan tertinggal sebagai *slurry* yang biasa disebut *Red Mud*. *Red Mud* umumnya memiliki derajat keasaman pH di sekitar angka 13 dan memiliki kekuatan ionik yang tinggi.

Analisa kimia akan menunjukkan bahwa *Red Mud* mengandung silika, aluminium, besi, kalsium, titanium, dan beberapa unsur lain yang terdapat dalam jumlah kecil seperti Na, K, Cr, V, Ni, Ba, Cu, Mn, Pb, Zn, dan lain-lain. *Bayer Sodalite* hasil proses penghilangan silika pada larutan juga merupakan salah satu senyawa penyusun *Red Mud*.

Komposisi senyawa yang ada di dalam *Red Mud* memiliki variasi nilai yang tinggi di seluruh dunia, namun komposisi yang umum ditemui dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Komposisi yang Terkandung Dalam *Red Mud*^[19]

Komposisi	wt%
Fe_2O_3	30 - 60 %
Al_2O_3	10 - 20 %
SiO_2	3 - 50 %
Na_2O	2 - 10 %
CaO	2 - 8 %
TiO_2	trace - 25 %

Red Mud dapat diolah lebih lanjut untuk dipisahkan unsur-unsur logam berharga yang ada di dalamnya menggunakan prinsip pelindian tersendiri. Sementara pada pelindian bauksit yang utamanya diambil adalah natrium aluminat yang berbentuk larutan untuk kemudian dilakukan proses presipitasi serta

kalsinasi yang akan meningkatkan kadar dari Aluminium. Gambar 2.6 memperlihatkan *Red Mud* yang diambil dari kawasan Australia.



Gambar 2.6 *Red Mud* dari Pertambangan Bauksit di Australia^[20]



BAB 3

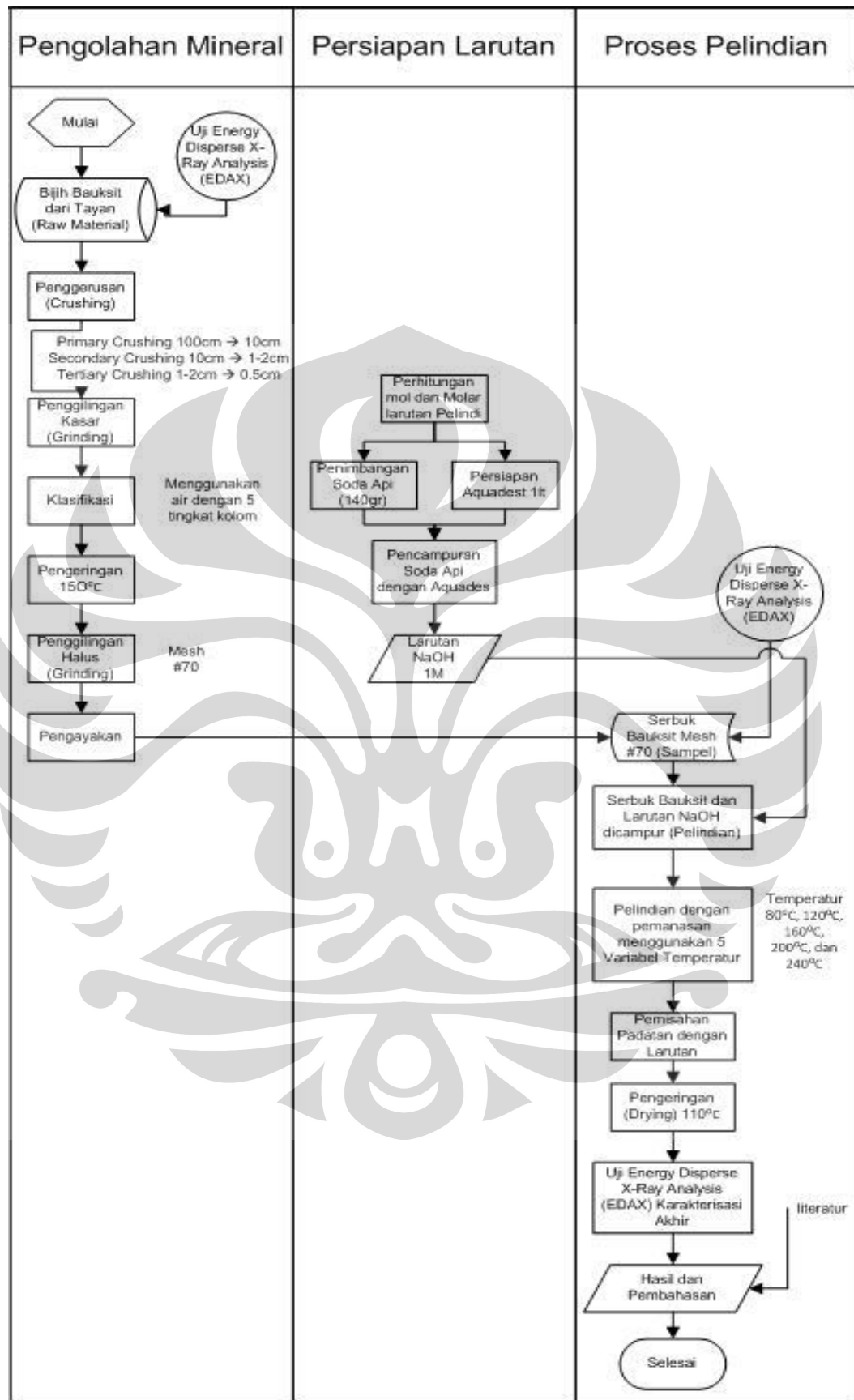
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Proses Penelitian

Penelitian ini akan menjelaskan mengenai pengaruh dari temperatur cairan pelindi terhadap peningkatan kadar unsur mineral berharga, yaitu Aluminium beserta unsur-unsur penting lainnya seperti Titanium (Ti), Besi (Fe), dan Silika (Si) yang terdapat pada mineral ikutan (*gangue mineral*). Pengambilan mineral ikutan sebagai sampel atau bahan uji bertujuan untuk menentukan efisiensi proses ekstraksi Aluminium yang tidak hanya melihat kadar dari material utama, dalam hal ini Aluminium, tetapi juga material lain yang memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi.

Proses penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu pengolahan mineral, pembuatan larutan pelindi, dan proses pelindian. Pelindian, yang merupakan fokus utama penelitian, dilakukan menggunakan prinsip *Bayer Process*, dimana larutan yang digunakan berupa basa (NaOH). Gambar 3.1 memperlihatkan skema dari proses penelitian yang akan dilaksanakan.

Semua tahapan kerja dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material FTUI dengan bahan baku bijih bauksit didapat melalui PT. Aneka Tambang. Semua alat yang digunakan untuk mendukung penelitian, kecuali alat pengujian, dibuat sendiri untuk meminimalisasi biaya yang dikeluarkan serta untuk melihat nilai aplikatif dan efektivitas dari proses penelitian untuk digunakan dalam dunia industri secara nyata nantinya.



Gambar 3.1 Diagram Skematis Penelitian

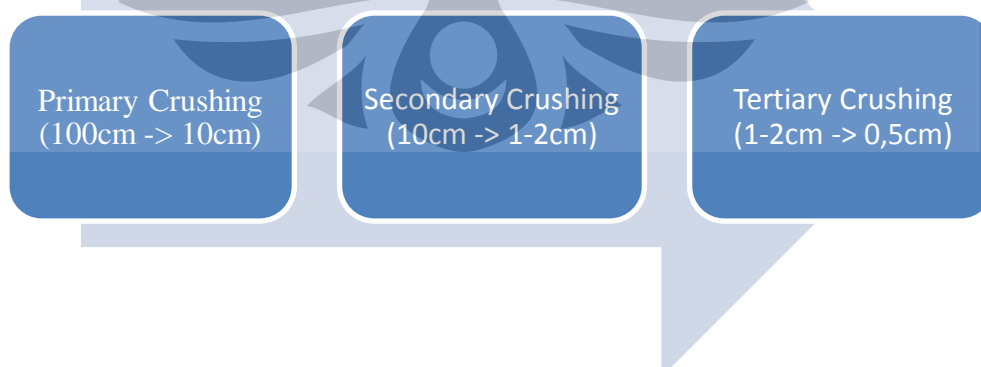
3.1.1 Pengolahan Mineral

3.1.1.1 Pengujian *Energy Disperse X-Ray Analysis* (Karakterisasi Awal)

Sebelum dilakukan persiapan material awal, bauksit diuji kadar awalnya dengan menggunakan pengujian *Energy Disperse X-Ray* (EDX/EDAX). Sebagai karakterisasi awal, akan diperoleh pengetahuan akan komposisi yang dikandung bauksit beserta kadarnya. Pengetahuan ini difokuskan pada kadar unsur Aluminium (Al), Titanium (Ti), Besi (Fe), dan Silika (Si).

3.1.1.2 Penggerusan (*Crushing*)

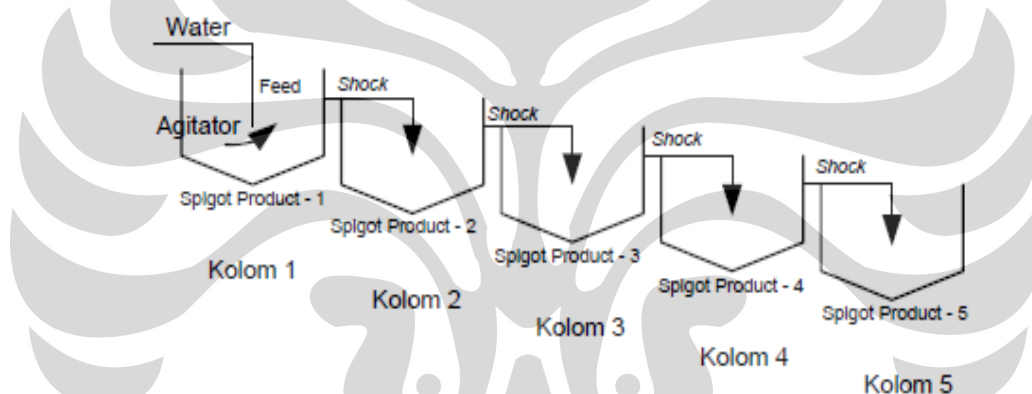
Persiapan material awal diawali dengan penghancuran (*crushing*) dari bijih bauksit yang akan digunakan sebagai sampel. Penghancuran dilakukan menggunakan alat penumbuk berupa palu dengan dialaskan sebuah wadah yang terbuat dari baja. Proses penghancuran terdiri dari beberapa tiga tahapan, *primary crushing*, *secondary crushing*, dan *tertiary crushing*, gambar 3.2 memperlihatkan tahapan penggerusan. Penggerusan dilakukan hingga didapat material mencapai ukuran kurang dari 0.5 cm.



Gambar 3.2 Tahapan Penggerusan

3.1.1.3 Klasifikasi (*Classification*)

Setelah material melalui proses penggerusan, dilakukan proses klasifikasi. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan media air secara bertingkat, dalam 5 tahapan (seperti terlihat pada Gambar 3.3). Air mengalir dari keran menuju ke kolom I yang berisi bijih bauksit, kemudian memenuhi kolam dan menuju kolom II dengan menggunakan selang yang menghubungkan keduanya. Material ringan akan menuju kolom II seiring aliran air, bersamaan dengan pengotor yang larut dalam air. Sementara material berat tetap berada di kolom I. Hal ini terjadi terus menerus hingga kolom V berisi material yang paling ringan serta paling bersih, dimana air yang berada di kolom V akan terlihat lebih jernih dibanding kolom I.



Gambar 3.3 Skema Klasifikasi Hidrolis^[21]

3.1.1.4 Pengeringan (*Drying*)

Material hasil pencucian selanjutnya diendapkan agar padatan dan larutan memisah, sehingga memudahkan penyaringan. Hasil saringan berupa padatan (endapan), yang akan dikeringkan untuk menghilangkan air. Proses pengeringan dilakukan pada temperatur 150°C.

3.1.1.5 Penggilingan (*Grinding*)

Setelah material bersih dan kering, material siap digiling. Penggilingan bertujuan untuk mendapatkan derajat pembebasan yang tepat pada pengolahan

mineral, serta meningkatkan area permukaan yang spesifik pada mineral berharga. Proses penggilingan pada penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu penggilingan kasar yang dilakukan setelah penggerusan dan penggilingan halus yang dilakukan setelah pengeringan hingga mencapai ukuran butir 70 mesh.

3.1.1.6 Pengayakan (*Screening*)

Setelah melakukan penggilingan halus, dilakukan proses pengayakan yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran-ukuran yang sesuai untuk proses yang lebih lanjut. Dari pengayakan diharapkan distribusi dari butir bauksit tersebar secara merata, dimana sebelumnya saat penggilingan halus ukuran butir bauksit tidak merata. Dari proses pengayakan akan didapatkan sampel yang akan digunakan untuk proses pelindian, dimana umumnya untuk proses pelindian digunakan butir dengan ukuran sebesar 70 mesh. Proses ini dilakukan menggunakan mesin pengayak dengan menggunakan standar mesh.

3.1.1.7 Pengujian *Energy Disperse X-Ray Analysis* (Karakterisasi Menengah)

Sampel dengan ukuran 70 mesh diuji dengan EDAX untuk mengetahui kemungkinan adanya perubahan komposisi dari komposisi awal setelah melalui proses-proses sebelumnya. Perubahan kadar dari unsur Aluminium, Titanium, Besi, dan Silika adalah yang diperhatikan pada pengujian ini.

3.1.2 Pembuatan Larutan Pelindi

Proses pelindian dilakukan menggunakan metode *Bayer Process*, oleh karena itu larutan yang digunakan merupakan basa berupa NaOH. NaOH yang digunakan adalah NaOH teknis yang dibuat dengan melarutkan soda api (sodium hidroksida) dengan *aquadest*. Perhitungan dalam pembuatan NaOH mengikuti persamaan (2.1) dan (2.2) pada bagian 2.3.2.2.

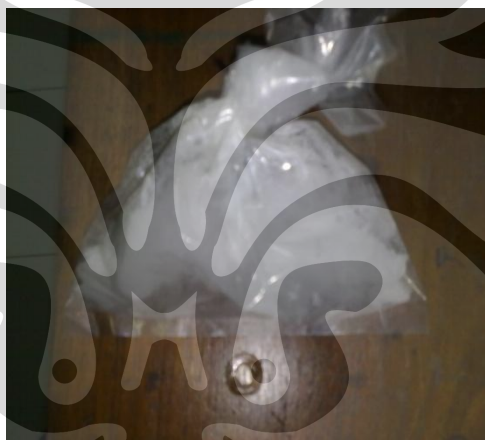
Pada perhitungan saat penelitian dibutuhkan larutan NaOH dengan konsentrasi 1M sebanyak 1 liter, maka mol yang dibutuhkan adalah 1 mol. Karena

diketahui berat molekul dari soda api adalah 140, maka massa dari soda api yang dibutuhkan adalah 140 gr. Jika dimasukkan ke dalam persamaan sebelumnya, maka perhitungan di saat penelitian akan nampak seperti di bawah ini.

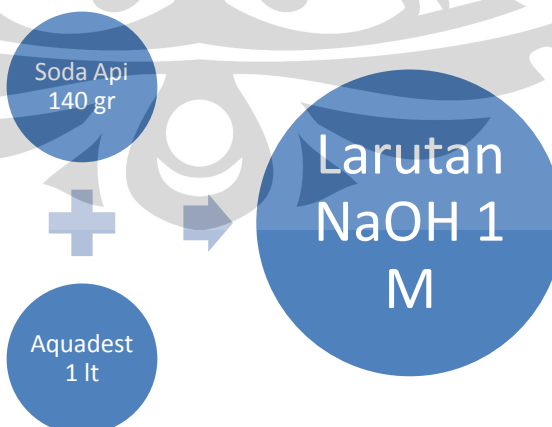
$$1 \text{ mol} = \frac{140 \text{ gr}}{140}$$

$$1 \text{ M} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ liter}}$$

Setelah diketahui jumlah soda api yang dibutuhkan, maka selanjutnya dilakukan proses pencampuran antara soda api tersebut dengan 1 liter *aquadest* hingga akhirnya didapat larutan NaOH 1M. Gambar 3.4 menunjukkan soda api yang digunakan pada penelitian dan gambar 3.5 menunjukkan skema pencampuran.



Gambar 3.4 Soda Api (Sodium Hidroksida) Pada Penelitian

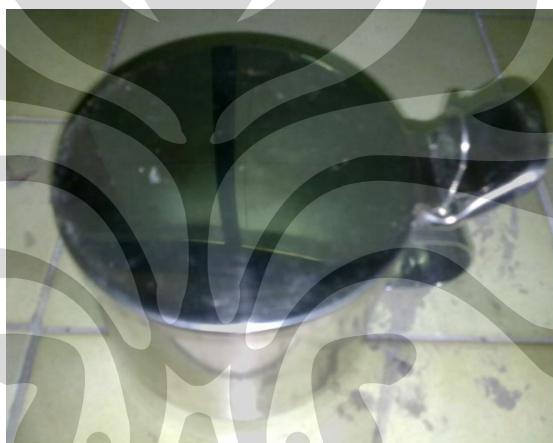


Gambar 3.5 Skema Pencampuran Soda Api dengan *Aquadest*

3.1.3 Proses Pelindian

Tahapan selanjutnya pada penelitian adalah proses pelindian. Pada tahapan ini Larutan yang telah dibuat sebelumnya dimasukkan ke dalam gelas stainless steel sebanyak 200 ml. Kemudian dimasukkan serbuk bauksit dengan ukuran 70 mesh sebanyak 20 gr untuk memenuhi perbandingan padatan : larutan sebesar 1 : 10 yang biasa digunakan pada proses pelindian^[22].

Gelas stainless yang digunakan merupakan tipe 18-8 (18% *Chromium* dan 8% *Nickel*). Gambar 3.6 menunjukkan gambar gelas *stainless steel* yang dipakai dalam penelitian sementara data teknis dari gelas yang digunakan dijelaskan pada tabel 3.1.

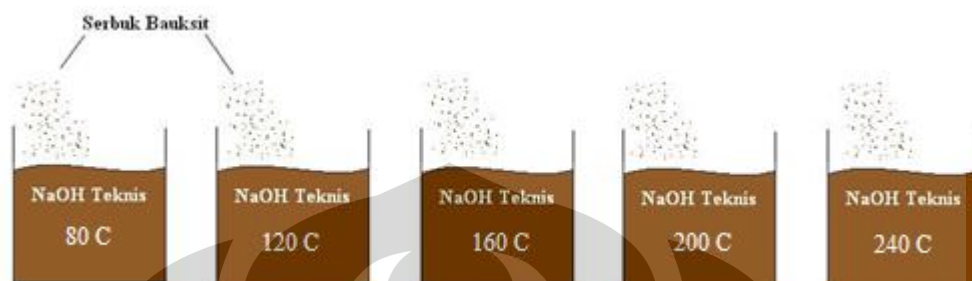


Gambar 3.6 Gelas *Stainless Steel* yang Digunakan Pada Penelitian

Tabel 3.1 Data Teknis Gelas *Stainless Steel* Pada Penelitian

Dimensi	
Bagian	Ukuran
Diameter Luar Gelas	95 mm
Diameter Dalam Gelas	94 mm
Tinggi Gelas	65 mm
<i>Mechanical Properties</i> ^[23]	
Sifat	Nilai
Densitas	8.00 g/cm ³
Titik Lebur	1400-1450 ⁰ C
Modulus Elastisitas	193 Gpa
Resistivitas Elektrik	0.072x10 ⁻⁶ Ω.m
Konduktivitas Termal	16.2 W/m.K pada 100 ⁰ C
Ekspansi Termal	17.2x10 ⁻⁶ /K pada 100 ⁰ C

Gelas *stainless* yang berisi campuran larutan dengan serbuk tersebut kemudian dimasukkan ke dalam dapur naberterm untuk kemudian dipanaskan selama 1 jam. Skema dari proses pelindian dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah



Gambar 3.7 Skema Proses Pelindian

Pada proses pelindian, temperatur dari cairan pelindi (NaOH) akan digunakan sebagai variabel. Temperatur yang akan digunakan tersebut adalah sebesar 80°C, 120°C, 160°C, 200°C, dan 240°C. Untuk mendapatkan temperatur yang diinginkan proses *leaching* dilakukan di dalam dapur/oven *Naberterm* (Gambar 3.8). Dengan adanya variasi temperatur maka akan diketahui nilai efektivitas dari pelindian sejalan dengan berubahnya temperatur.



Gambar 3.8 Dapur *Naberterm* Untuk Mendapatkan Temperatur Tinggi pada Penelitian

3.1.3.1 Pemisahan Cairan dengan Padatan (*Separation*)

Setelah proses pelindian, cairan dan padatan yang ada di dalam gelas diletakkan pada sebuah wadah, dalam penelitian ini adalah beaker glass. Kemudian dilakukan proses yang lebih lanjut yaitu pemisahan antara cairan

dengan padatan. Hasil dari pelindian terdiri dari cairan Sodium-Aluminate, mineral ikutan, dan serbuk pasir bauksit yang tidak atau belum bereaksi. Mineral ikutan dipisahkan dari cairan, dan kemudian dilakukan proses selanjutnya.

3.1.3.2 Pengeringan (Drying)

Mineral ikutan dari proses pemisahan antara paduan dengan cairan kemudian dikeringkan pada suhu 110°C. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa air yang masih ada pada mineral ikutan tersebut.

3.1.3.3 Pengujian *Energy Disperse X-Ray Analysis* (Karakterisasi Akhir)

Pengujian EDAX tahap akhir dilakukan untuk mengetahui tren perubahan kadar unsur-unsur berharga yang ada di dalam mineral ikutan setelah proses pelindian serta melihat pengaruh temperatur pelindian terhadap perubahan kadar tersebut.

3.2 Deskripsi Pengujian : *Energy Disperse X-Ray Analysis* (EDX/EDAX)

Pengujian *Energy Disperse X-Ray Analysis* atau yang sering disebut dengan EDX/EDAX merupakan sebuah teknik untuk mengidentifikasi komposisi elemen dari sebuah spesimen atau sebuah daerah pada sampel tertentu. Sistem analisa dari EDAX bekerja secara terintegrasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan tidak dapat bekerja sendiri.

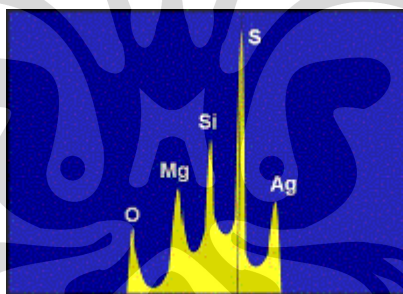
Selama analisa EDAX, spesimen ditembakkan menggunakan sinar electron yang ada pada SEM. Elektron yang ditembakkan tersebut akan menumbuk elektron dari atom-atom spesimen.

Simulasi emisi dari karakterisasi x-ray dilakukan dengan ledakan berkekuatan tinggi (*high energy beam*) berisi muatan – muatan elektron dan proton. Ledakan ini akan menyebabkan electron pada lingkaran dalam tereksitasi, menuju lingkaran yang lebih luar dan menciptakan lubang electron (*electron hole*).

Kekosongan posisi yang diciptakan oleh elektron pada lingkaran dalam ini kemudian akan diisi oleh elektron yang memiliki energi yang sangat tinggi dari lingkaran luar. Untuk dapat melakukannya elektron pada lingkaran luar yang berpindah harus memberikan sebagian dari energinya dengan memancarkan sinar X^[24].

Jumlah energi yang dilepaskan oleh elektron yang berpindah bergantung pada berasal dari kulit/lingkar beberapa elektron tersebut dilepaskan serta ke kulit beberapa dia berpindah. Oleh karena itu, setiap atom dari masing-masing elemen akan melepaskan sinar X dengan jumlah energi yang unik/khas mereka sendiri. Selanjutnya dengan mengukur jumlah dari energi pada sinar X yang dikeluarkan oleh spesimen selama penembakan elektron kita dapat mengetahui identitas dari atom yang memancarkan sinar X.

Keluaran dari analisa EDAX berbentuk spektrum. Spektrum ini menunjukkan seberapa seringnya sinar X diterima untuk setiap tingkat energi tertentu. Gambaran dari spektrum hasil pengujian EDAX dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Contoh Spektrum Hasil Pengujian EDAX^[24]

Spektrum EDAX umumnya menunjukkan puncak dari tingkat energi yang berkaitan dengan sinar X yang paling banyak diterima. Setiap puncak menunjukkan karakterisasi khusus/khas dari sebuah atom yang kemudian menunjukkan suatu elemen tertentu. Semakin tinggi puncak pada spektrum maka semakin terkonsentrasi elemen yang ada pada suatu spesimen^[24].

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pelindian pada penelitian ini merupakan pelindian menggunakan prinsip *Bayer Process*. Dengan perkiraan bahwa setiap unsur akan menyusun ikatan yang berbeda apabila direaksikan dengan larutan basa, maka pada proses pelindian akan terjadi pemisahan antara logam utama dengan mineral ikutan secara kimia. Unsur logam utama akan terpisah dalam bentuk larutan sedangkan mineral ikutan akan berbentuk padatan (lumpur). Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian yang telah dilakukan untuk kemudian dapat diambil kesimpulan serta pemberian saran (rekomendasi) terhadap hasil penelitian yang didapat.

4.1 Observasi dan Analisa Data Karakterisasi Awal Bijih Bauksit Tayan

Sampel bauksit yang digunakan dalam penelitian adalah sampel dari pertambangan bauksit di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Pertambangan ini adalah pertambangan bauksit terbaru yang dimiliki oleh PT. Aneka Tambang saat ini. Observasi dilakukan secara visual dan kemudian analisa dilakukan berdasarkan data karakterisasi pengujian *energy disperse x-ray analysis* (EDAX). Dari Observasi secara visual didapatkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bijih Bauksit dari Tayan, Kabupaten Sanggau berwarna agak kemerah-merahan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.1.
2. Bila dibandingkan dengan literatur menurut kadar pengotornya maka bauksit yang digunakan pada penelitian memiliki kadar besi dan silikat yang hampir sama rendahnya.
3. Bila dibandingkan dengan literatur (gambar 2.1) menurut jenis bijih bauksit maka bauksit tersebut merupakan jenis *böhmite* ($\text{AlO}(\text{OH})$).



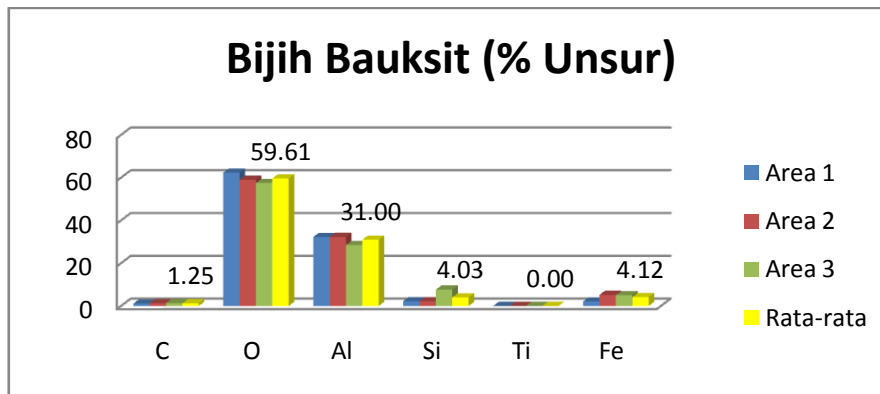
Gambar 4.1 (a) Bijih Bauksit Pada Penelitian dan (b) *Bohmite* ^[8]

Selanjutnya bijih bauksit dilakukan karakterisasi awal dengan pengujian *energy disperse x-ray analysis*. Pada pengujian ini didapat persentase kadar dari masing-masing unsur yang terkandung di dalam bijih bauksit tersebut sehingga dapat ditentukan proses pengolahan selanjutnya yang lebih baik. Bauksit dengan kadar silika rendah (lebih kecil dari 6%) lebih cocok diproses menggunakan *Bayer Process*. Pada proses bayer beberapa senyawa silika akan terlarut sehingga penggunaan bijih bauksit dengan kadar silika rendah lebih baik untuk mengurangi jumlah silika yang hadir pada larutan sodium aluminat. Bauksit dengan kadar yang lebih tinggi (sekitar 6% - 14%) lebih cocok diproses menggunakan metode *Le Chatelier*.

Pengujian EDAX dilakukan pada tiga area yang berbeda, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1 dan digambarkan pada grafik gambar 4.2.

Tabel 4.1 Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan (Bauksit Awal)

Bauksit Awal						
	C	O	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	1,09	62,35	32,23	2,21	0	2,11
Area 2	1,30	59,02	32,26	2,21	0	5,22
Area 3	1,36	57,47	28,50	7,66	0	5,02
Rata-Rata	1,25	59,61	31,00	4,03	0,00	4,12



Gambar 4.2 Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan

Analisa pada pengujian EDAX terhadap bijih bauksit Tayan yang digambarkan diatas adalah sebagai berikut :

1. Unsur Logam Al, Si, Ti, dan Fe yang menjadi fokus penelitian dibandingkan maka didapatkan hasil persentase kadar (rata-rata) masing-masing unsur, yaitu unsur logam Al memiliki persentase kadar tertinggi sebesar 31 %, kemudian logam Fe sebesar 4,12 %, logam Si sebesar 4,03 %, dan Ti 0 %.
2. Dari hasil pengujian EDAX ini diketahui bahwa jumlah Si dan Fe sama rendahnya, hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa bauksit berwarna kemerah-merahan akan memiliki kadar Si dan Fe yang hampir sama.
3. Pada pengujian awal ini unsur logam Ti tidak terdeteksi sedangkan pada pengujian selanjutnya ditemukan adanya unsur logam Ti, hal ini dapat disebabkan karena konsentrasi pembagi yang begitu besar pada pengujian awal sehingga membuat persentase kadarnya menjadi sangat kecil dan tidak terbaca oleh EDAX atau dianggap tidak terdeteksi.

Informasi yang didapat dari pengujian EDAX pada karakterisasi awal ini sangat penting untuk menentukan proses pengolahan berikutnya, dan dengan diketahui bahwa kadar Si yang terdapat pada bijih bauksit kurang dari 6 %, maka bijih bauksit ini cocok untuk diproses menggunakan prinsip *Bayer Process*.

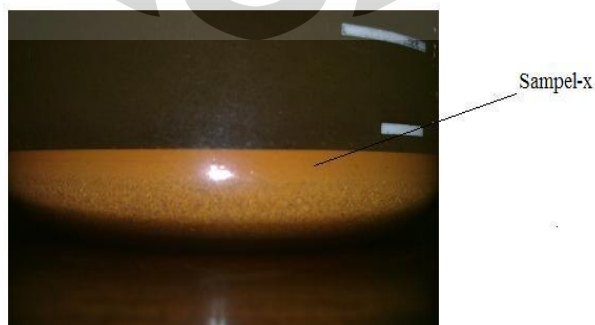
4.2 Analisa Hasil Proses Pelindian

Proses pelindian dengan pemanasan akan menghasilkan larutan sodium aluminat yang mengandung unsur logam utama (Al) dan juga mineral ikutan yang berbentuk padatan atau lumpur. Seperti dijelaskan pada bagian 2.3.2.2 agar reaksi pelarutan dapat berlangsung maka larutan NaOH harus berada pada daerah korosif di diagram pourbaix Al (gambar 2.5). Dan gambar 4.3 dibawah menunjukkan bahwa pada saat penelitian, larutan NaOH yang digunakan berada pada kisaran pH 12-13 yang masuk ke dalam daerah korosif pada diagram pourbaix.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian pH Larutan NaOH pada Penelitian, pH 12-13

Hasil dari pelindian dilakukan proses pengendapan terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk memudahkan pemisahan antara larutan dengan lumpur yang akan mengendap. Sampel mineral ikutan yang diuji pada penelitian ini ditunjukkan sebagai sampel X pada gambar 4.4.

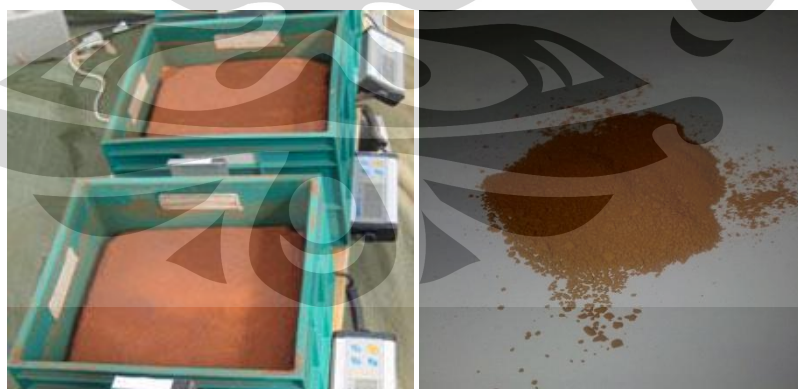


Gambar 4.4 Sampel X Sebagai Mineral Ikutan Hasil Proses Pelindian

4.2.1 Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Mineral Ikutan Pada Proses Pelindian

Sampel X yang merupakan hasil dari pelindian dengan pemanasan di observasi secara visual untuk dilihat karakteristik fisiknya. Sampel tidak hanya dilihat secara visual namun juga dilakukan pengujian *energy disperse x-ray analysis* untuk mengetahui komposisinya, sehingga didapat hasil yang lebih pasti mengenai identitas dari sampel X tersebut. Hasil Observasi secara visual menunjukkan beberapa hal, sebagai berikut :

1. Sampel menunjukkan karakteristik *slurry* yang berwarna kemerahan . Karakteristik ini dimiliki oleh *Red Mud* dengan kadar Fe yang tinggi.
2. Setelah dikeringkan hasilnya merupakan partikel-partikel yang halus (*fine grain*), karakteristik ini juga dimiliki oleh *Red Mud*.
3. Setelah dikeringkan, kemudian sampel dibandingkan dengan gambar yang didapat dari literatur. Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan antara sampel X dengan *Red Mud* yang digunakan sebagai pembanding dari literatur (diambil dari gambar 2.6). Dari perbandingan kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa sampel X dari proses pelindian memiliki bentuk dan warna yang sama.



(a)

(b)

Gambar 4.5 Perbandingan Antara (a) *Red Mud* dari Literatur yang Didapat dari Australia dengan (b) Sampel X yang Telah Dikeringkan

Selanjutnya pada sampel X dilakukan pengujian EDAX yang dimana hasilnya akan menunjukkan komposisi yang berbeda-beda untuk setiap temperatur proses yang berbeda pula. Hasil pengujian EDAX tersebut ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah.

Tabel 4.2 Data Pengujian EDAX Sampel X pada Temperatur Proses Pelindian yang Berbeda

Temperatur 80°C					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	14,15	12,11	12,57	1,34	14,38
Area 2	14,62	17,19	5,31	1,73	21,65
Area 3	11,14	20,24	4,05	1,28	18,12
Rata-rata	13,30	16,51	7,31	1,45	18,05
Temperatur 120°C					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	2,80	15,66	13,41	1,5	15,56
Area 2	3,37	21,24	4,12	2,14	24,18
Area 3	3,07	16,87	10,04	1,96	17,70
Rata-rata	3,08	17,92	9,19	1,87	19,15
Temperatur 160°C					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	17,40	15,61	4,87	2,05	22,44
Area 2	18,63	17,80	3,95	1,49	13,25
Area 3	22,05	15,21	4,74	1,67	16,22
Rata-rata	19,36	16,21	4,52	1,74	17,30
Temperatur 200°C					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	15,86	13,90	4,39	2,53	27,73
Area 2	12,53	16,08	4,79	2,22	30,89
Area 3	12,62	19,76	4,35	1,93	20,75
Rata-rata	13,67	16,58	4,51	2,23	26,46
Temperatur 240°C					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	13,57	12,02	4,11	1,64	34,21
Area 2	13,50	11,85	4,31	1,97	20,24
Area 3	16,10	13,80	5,52	2,32	27,2
Rata-rata	14,39	12,56	4,65	1,98	27,22

Hasil EDAX diatas menunjukkan bahwa mineral ikutan hasil proses pelindian mengandung unsur-unsur Na, Al, Si, Ti, dan Fe. Apabila dibandingkan dengan tabel komposisi dari *Red Mud* menurut literatur, maka akan terlihat kesesuaian diantara keduanya, yaitu pada unsur yang terkandung di dalam mineral ikutan beserta persentasenya. Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan kadar *Red Mud* dari literatur dengan kadar unsur yang ada di dalam sampel X pada penelitian.

Tabel 4.3 Perbandingan antara Komposisi *Red Mud* dari Literatur dan Penelitian

Literatur (<i>Red Mud</i>) ^[19]		Hasil Penelitian	
Komposisi	wt%	Unsur	Element (%)
Fe ₂ O ₃	30 - 60 %	Fe	17,30-27,22
Al ₂ O ₃	10 - 20 %	Al	12,56-17,92
SiO ₂	3 - 50 %	Si	4,51-9,19
Na ₂ O	2 - 10 %	Na	3,08-19,36
CaO	2 - 8 %	Ca	0
TiO ₂	trace - 25 %	Ti	1,45-2,23

Persentase kadar unsur Na pada penelitian adalah sekitar 3,08 – 19,36 %, persentase unsur Al adalah sekitar 12,56 – 17,92 %, persentase unsur Si adalah sekitar 4,65 – 9,19 %, persentase unsur Ti adalah sekitar 1,45 – 2,23 %, dan persentase unsur Fe adalah sekitar 17,30 – 27,22 %. Terlihat dari data EDAX bahwa unsur Fe mendominasi komposisi dari sampel X. Hasil pengujian ini memastikan bahwa ternyata mineral ikutan (sampel X) merupakan *Red Mud*.

4.2.2 Tren Perubahan Kadar Unsur Al, Si, Ti, dan Fe Pada Mineral Ikutan Hasil Proses Pelindian

Tren perubahan kadar unsur Al, Si, Ti, dan Fe dilihat mulai dari bauksit awal, sampel *input* dari pelindian, hingga mineral ikutan setelah pelindian pada temperatur 80°C-240°C.

Pada proses pengolahan mineral didapat hasil berupa pasir bauksit dengan ukuran butir 70 mesh, yang kemudian dijadikan *input* pada proses pelindian. Butir dengan ukuran 70 mesh digunakan sebagai sampel *input* dari proses pelindian karena pada ukuran butir tersebut, unsur logam Al terekspos secara baik.

Data dari pengujian Bauksit awal dan pasir bauksit ukuran 70 mesh dimasukkan ke dalam Tabel yang memuat hasil keseluruhan penelitian, termasuk proses pelindian pada temperatur 80°C-240°C. Tabel di bawah ini menunjukkan data EDAX untuk masing-masing unsur.

Tabel 4.4 Tren Unsur Logam Al

Aluminium							
	Bauksit Awal	Sampel 70 Mesh	Temperatur 80°C	Temperatur 120°C	Temperatur 160°C	Temperatur 200°C	Temperatur 240°C
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	32,23	25,17	12,11	15,66	15,61	13,9	12,02
Area 2	32,26	21,11	17,19	21,24	17,8	16,08	11,85
Area 3	28,50	27,14	20,24	16,87	15,21	19,76	13,8
Rata-rata	31,00	24,47	16,51	17,92	16,21	16,58	12,56

Tabel 4.5 Tren Unsur Si

Silika							
	Bauksit Awal	Sampel 70 Mesh	Temperatur 80°C	Temperatur 120°C	Temperatur 160°C	Temperatur 200°C	Temperatur 240°C
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	2,21	6,96	12,57	13,41	4,87	4,39	4,11
Area 2	2,21	7,88	5,31	4,12	3,95	4,79	4,31
Area 3	7,66	6,71	4,05	10,04	4,74	4,35	5,52
Rata-rata	4,03	7,18	7,31	9,19	4,52	4,51	4,65

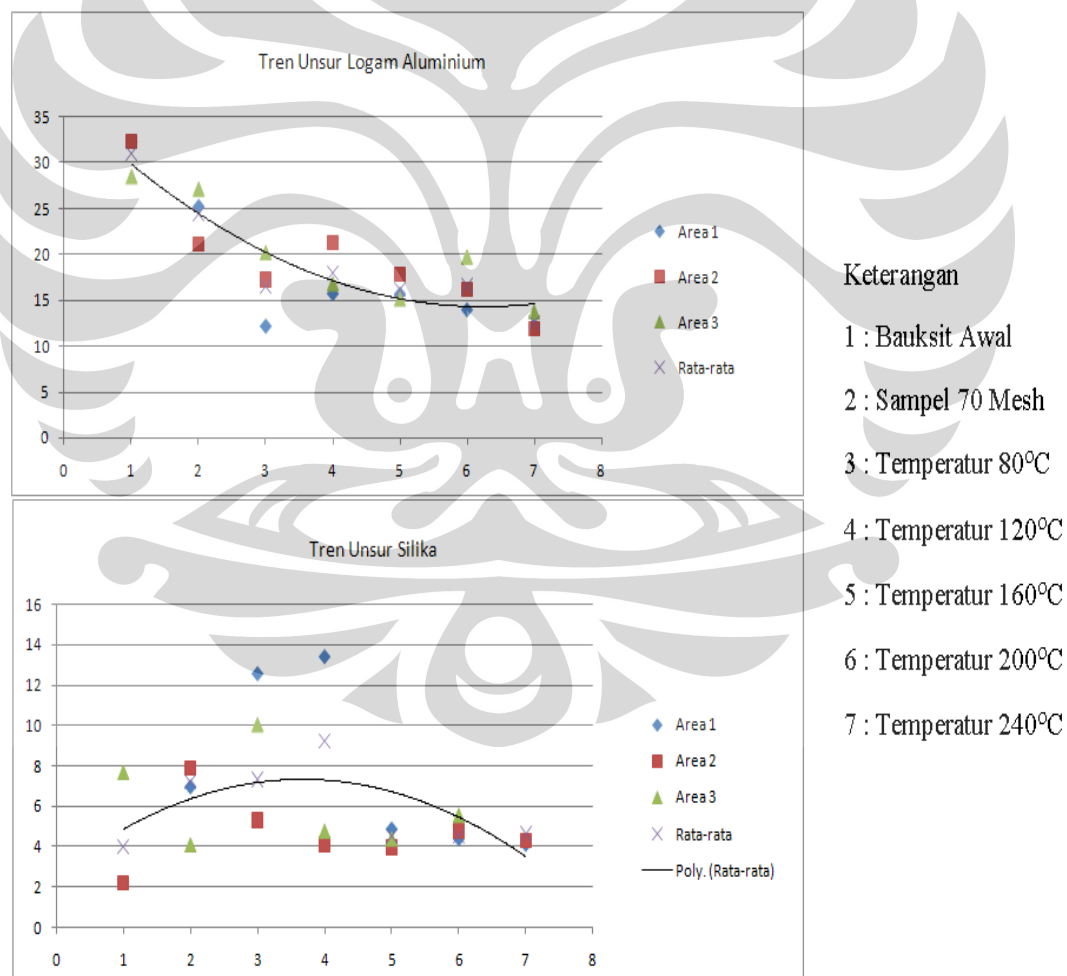
Tabel 4.6 Tren Unsur Logam Ti

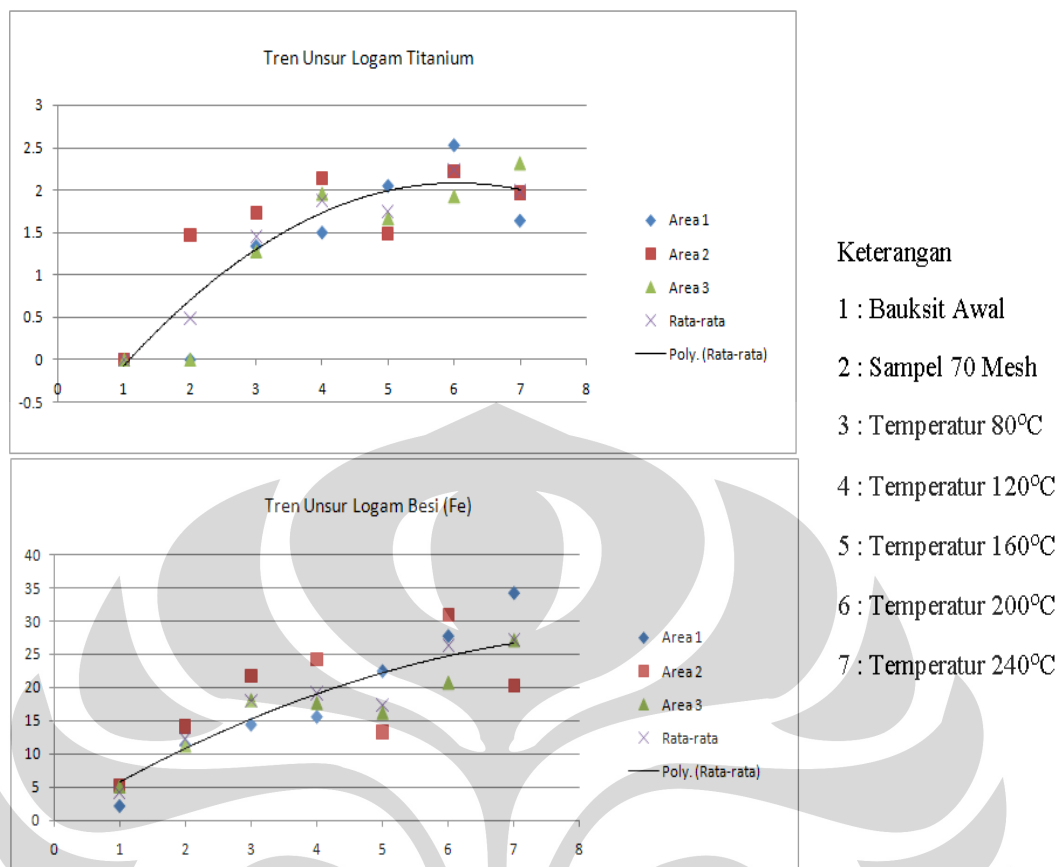
Titanium							
	Bauksit Awal	Sampel 70 Mesh	Temperatur 80°C	Temperatur 120°C	Temperatur 160°C	Temperatur 200°C	Temperatur 240°C
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	0	0	1,34	1,50	2,05	2,53	1,64
Area 2	0	1,47	1,73	2,14	1,49	2,22	1,97
Area 3	0	0	1,28	1,96	1,67	1,93	2,32
Rata-rata	0,00	0,49	1,45	1,87	1,74	2,23	1,98

Tabel 4.7 Tren Unsur Logam Fe

Besi (Fe)							
	Bauksit Awal	Sampel 70 Mesh	Temperatur 80°C	Temperatur 120°C	Temperatur 160°C	Temperatur 200°C	Temperatur 240°C
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	2,11	11,33	14,38	15,56	22,44	27,73	34,21
Area 2	5,22	14,09	21,65	24,18	13,25	30,89	20,24
Area 3	5,02	11,23	18,12	17,70	16,,22	20,75	27,20
Rata-rata	4,12	12,22	18,05	19,15	17,30	26,46	27,22

Dari data di atas, kita dapat membuat grafik yang menggambarkan tren perubahan kadar dari unsur Al, Si, Ti, dan Fe pada proses penelitian. Agar lebih jelas, diilustrasikan pada gambar grafik di bawah ini :





Gambar 4.6 Tren Unsur Al, Si, Ti, dan Fe

Evaluasi terhadap hasil EDAX menurut masing – masing unsur Al, Si, Ti, dan Fe di atas, terutama apabila dibandingkan dengan karakterisasi bauksit Tayan, memperlihatkan kondisi sebagai berikut (*meliputi pembulatan*):

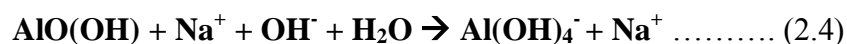
1. Kadar unsur Al semakin menurun dari 31% pada bauksit awal, 24,47% pada sampel 70 mesh, 16,51% pada temperatur 80°C, hingga menjadi 12,56 % pada temperatur 240°C.
2. Kadar unsur Si semakin meningkat dari 4,03% pada bauksit awal, 7,18% pada sampel 70 mesh, hingga 9,19% pada temperatur 120°C. Kemudian menurun hingga 4,65% pada temperatur 240°C.
3. Kadar unsur Ti semakin meningkat dari tidak terdeteksi pada bauksit awal, 0,49% pada sampel 70 mesh, 1,45% pada temperatur 80°C, hingga 1,98% pada temperatur 240°C.

4. Kadar unsur Fe semakin meningkat dari 4,12% pada bauksit awal, 12,22% pada sampel 70 mesh, 18,05% pada temperatur 80°C, hingga 27,22% pada temperatur 240°C.

4.2.3 Analisa Perubahan Kadar Al, Si, Ti, dan Fe Pada Mineral Ikutan Setelah Proses Pelindian

Pada bagian 4.2.2 telah dipaparkan tren perubahan kadar unsur Al, Ti, Si, dan Fe setelah proses pengolahan mineral dan pelindian. Terlihat proses pengolahan mineral mendapatkan hasil yang cukup efisien. Hal ini ditunjukkan oleh kadar beberapa unsur yang meningkat, yaitu Si meningkat dari 4,03% pada bauksit awal menjadi 7,18% pada sampel 70 mesh, Ti meningkat dari tidak terdeteksi pada bauksit awal menjadi 0,49% pada sampel 70 mesh, dan Fe meningkat dari 4,12% pada bauksit awal menjadi 12,22% pada sampel 70 mesh. Peningkatan kadar ini sesuai dengan tujuan utama pengolahan mineral yaitu mendapatkan konsentrat dengan jumlah unsur yang lebih kaya. Berbeda dengan yang terjadi dengan Al, Al mengalami penurunan kadar dari 31% pada bauksit awal menjadi 24,47%. Penurunan ini belum tentu menunjukkan Al mengalami penurunan jumlah, namun lebih disebabkan karena bertambahnya jumlah pembagi.

Selanjutnya terlihat pada hasil proses pelindian dimana logam Al kembali mengalami penurunan kadar dari 24,47% pada sampel 70 mesh hingga menjadi 12,56% pada temperatur 240°C. Penurunan kadar pada *Red Mud* ini menunjukkan bahwa unsur Al bereaksi sangat baik dengan larutan NaOH pada saat proses pelindian, sehingga menyebabkan kadar Al yang ada pada larutan sodium aluminat akan mengalami kenaikan. Hal ini sesuai dengan persamaan reaksi



Pada reaksi di atas, Al akan terlarut dan bereaksi dengan hidroksida (OH⁻) dari larutan NaOH membentuk $Al(OH)_4^-$. Meningkatnya temperatur akan menyebabkan kelarutan Al di dalam NaOH juga meningkat serta mempercepat reaksi^[15], juga dijelaskan bahwa semakin tinggi temperatur maka jumlah Al_2O_3 yang didapatkan juga akan semakin besar nantinya^[14]. Jadi apabila temperatur dinaikkan jumlah ion-ion Al yang bereaksi dengan hidroksida akan semakin banyak dan semakin cepat.

Reaksi lain yang terjadi pada pelindian adalah *desilication*. Proses *desilication* dapat menjelaskan mengapa masih terdapat unsur Al pada mineral ikutan. Terjadinya reaksi ini pada penelitian dapat diketahui jika melihat perubahan tren unsur Si. Unsur Si setelah proses pelindian mengalami peningkatan kadar, dimana semula pada sampel 70 mesh kadar unsur Si adalah 7,18%, kemudian menjadi sebesar 7,31% pada temperatur 80°C. Unsur Si terus mengalami peningkatan kadar hingga menjadi sebesar 9,19% pada temperatur 120°C sebelum akhirnya terjadi penurunan kadar menjadi sebesar 4,65% pada temperatur 240°C.

Pada *desilication*, mineral Si dalam bentuk senyawa kaolinit^[16] akan dilarutkan oleh sodium hidroksida sehingga membentuk sodium silikat, yang kemudian bereaksi secara lambat dengan sodium aluminat yang ada pada larutan. Reaksi antara sodium silikat dengan sodium aluminat akan menghasilkan hidrat sodium-aluminium-silikat kompleks $(Na_2O.Al_2O_3.2SiO_2)$ ^[16] yang mengendap di dalam *Red Mud*. Terbentuknya sodium-aluminium-silikat diperkuat dengan ditemukannya unsur Na pada mineral ikutan setelah proses pelindian. Unsur Na tidak ditemukan sebelumnya pada sampel 70 mesh. Tabel 4.8 menunjukkan hadirnya unsur Na setelah pelindian.

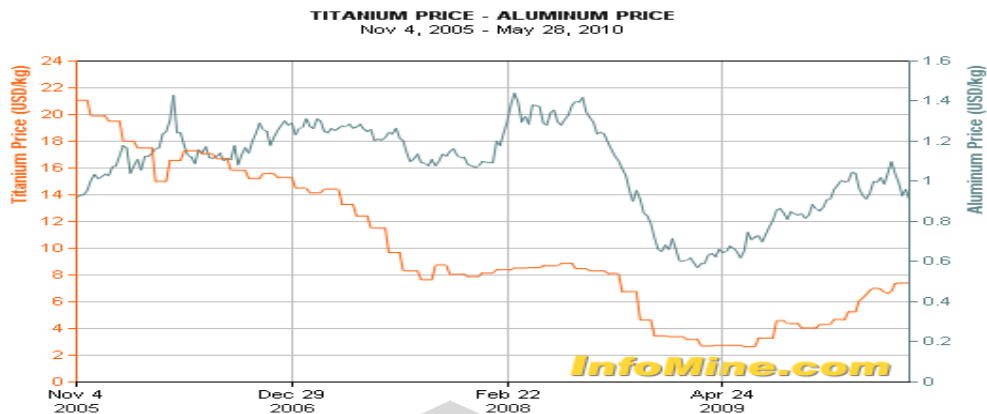
Tabel 4.8 Kadar Unsur Na Pada Temperatur 80°C-240°C

Natrium (Na)					
	Temperatur 80°C	Temperatur 120°C	Temperatur 160°C	Temperatur 200°C	Temperatur 240°C
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	14,15	2,80	17,40	15,86	13,57
Area 2	14,62	3,37	18,63	12,53	13,50
Area 3	11,14	3,07	22,05	12,62	16,10
Rata-rata	13,30	3,08	19,36	13,67	14,39

Dengan adanya sodium-aluminium-silikat yang terbentuk pada *Red Mud* maka dapat disimpulkan bahwa jumlah unsur Si yang akan hadir sebagai pengotor di larutan sodium aluminat akan berkurang.

Unsur Ti mengalami peningkatan kadar setelah proses pelindian. Pada sampel 70 mesh didapat kadar Ti sebesar 0,49% kemudian meningkat menjadi sebesar 1,98% pada temperatur 240°C. Begitu pula yang terjadi pada unsur logam Fe, unsur logam Fe mengalami peningkatan kadar dari sebesar 12,22% pada sampel 70 mesh hingga menjadi 27,22% pada temperatur 240°C. Jika dilihat melalui Gambar 4.5 di bagian 4.2.2, Ti dan Fe sama-sama mengalami kenaikan kadar yang stabil dan mencapai kadar tertinggi pada temperatur 200°C. Kemudian jika dilihat bentuk grafiknya, kedua unsur ini memiliki bentuk grafik tren yang sama. Hal ini menunjukkan adanya ikatan antara Ti dan Fe, sehingga apabila kadar unsur logam yang satu meningkat maka unsur yang lain juga akan meningkat kadarnya, begitu pula sebaliknya apabila kadar unsur logam yang satu menurun maka kadar unsur logam yang lain juga akan menurun.

Peningkatan kadar dari Ti memberikan keuntungan pada proses pelindian, khususnya dari segi ekonomi. Gambar 4.7 menunjukkan perbandingan harga logam Ti dengan Aluminium selama 5 tahun terakhir.



Gambar 4.7 Perbandingan Harga Titanium dan Aluminium Selama 5 Tahun Terakhir^[25]

Dari gambar diatas diketahui bahwa walaupun harga dari Titanium cenderung menurun dalam kurun waktu 5 tahun belakangan ini, namun harganya saat ini masih berkisar diatara 6-8 USD/kg atau sekitar lima hingga enam kali lipat dari harga Aluminium yang berkisar antara 0,8-1 USD/kg.

Jika dari proses pelindian didapatkan peningkatan unsur logam Ti yang sedemikian besar, maka proses ini berpotensi sebagai proses untuk mendapatkan logam Ti dengan kadar yang lebih tinggi. Apabila diolah lebih lanjut maka akan meningkatkan penjualan karena hasil akhirnya (*end product*) berupa logam Titanium memiliki harga yang jauh lebih tinggi dari Aluminium.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa pengaruh temperatur pelindian pada peningkatan kadar unsur-unsur berharga pada pengotor dari hasil proses ekstraksi bauksit, diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Mineral ikutan yang didapatkan pada proses pelindian melalui prinsip *Bayer Process* merupakan *Red Mud* yang memiliki kadar Fe tinggi.
2. Kadar unsur Al semakin menurun dari 31% pada bauksit awal, 24,47% pada sampel 70 mesh, 16,51% pada temperatur 80°C, hingga menjadi 12,56 % pada temperatur 240°C.
3. Kadar unsur Si semakin meningkat dari 4,03% pada bauksit awal, 7,18% pada sampel 70 mesh, hingga 9,19% pada temperatur 120°C. Kemudian menurun hingga 4,65% pada temperatur 240°C.
4. Kadar unsur Ti semakin meningkat dari tidak terdeteksi pada bauksit awal, 0,49% pada sampel 70 mesh, 1,45% pada temperatur 80°C, hingga 1,98% pada temperatur 240°C.
5. Kadar unsur Fe semakin meningkat dari 4,12% pada bauksit awal, 12,22% pada sampel 70 mesh, 18,05% pada temperatur 80°C, hingga 27,22% pada temperatur 240°C.
6. Pengolahan *Red Mud* dari hasil proses pelindian menggunakan *Bayer Process* mampu memberikan keuntungan dari segi ekonomi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, hasil dari ekstraksi bauksit dapat mencapai nilai optimum, khususnya setelah dilakukan proses pelindian, dengan beberapa saran :

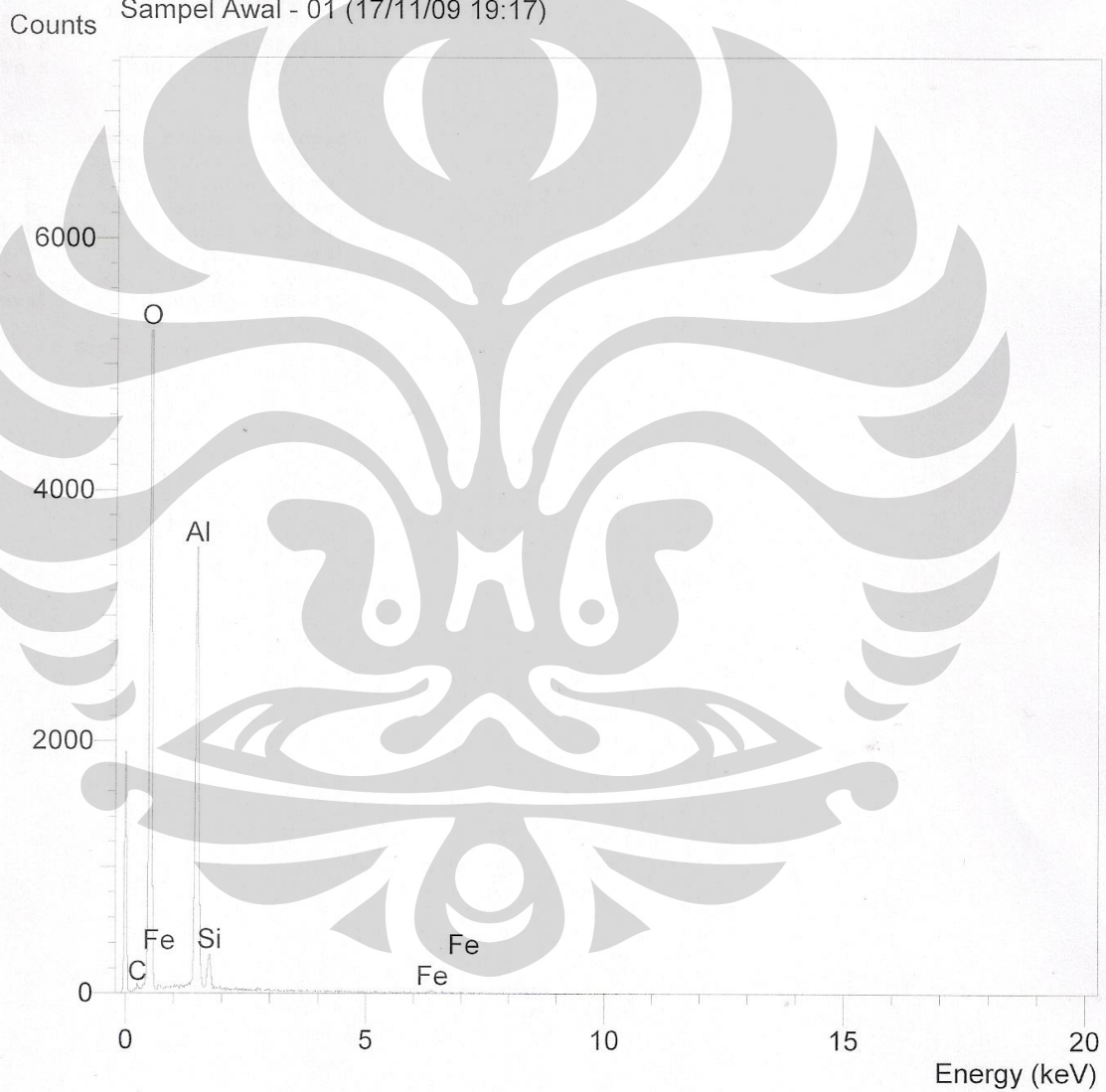
1. Lakukan proses pelindian dengan mempertimbangkan pemisahan larutan yang mengandung logam utama dan pengotor yang mengandung logam-logam berharga agar didapat logam-logam dengan kemurnian yang tinggi dan proses yang lebih ekonomis.
2. Lakukan pengujian *X-ray Diffraction* (XRD) untuk memastikan komposisi senyawa yang ada pada komponen, dalam hal ini *Red Mud*.
3. Proses pelindian sebaiknya dilakukan menggunakan pengaduk/*stirrer* atau autoclave pada skala yang lebih besar agar didapat hasil yang lebih banyak dan optimal.
4. Peningkatan temperatur sebaiknya dilakukan bersamaan dengan peningkatan konsentrasi agar didapat parameter proses yang akan mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wills, B.A. 2006. *Mineral Processing Technology : An Introduction To The Practical Aspects Of Ore Treatment And Mineral Recovery*. Elsevier: The University Of Queensland.
2. Wiley, John & Sons. 2007 . *Kirk-Othmer : Encyclopedia Of Chemical Technology Fifth Edition*. Wiley-Interscience: New Jersey.
3. Experiments With Magnets and Conductors. *Density Of Materials*. 30 May 2010. < <http://www.coolmagnetman.com/magconda.htm>>
4. Lagaligo, Abraham. *Indonesia Eksportir Utama Bauksit di Asia*. 4 Juni 2010. < http://www.majalahtambang.com/detail_berita.php?category=18&newsnr=2649>
5. Ariyanti, Ratna. *WIKA Group Garap EPC proyek CGA Tayan*. 4 Juni 2010. < <http://web.bisnis.com/sektor-riil/tambang-energi/1id183134.html>>
6. Topkaya, Yavuz A. 2005. *Lecture Notes : Chemical Principles of Material Production*. Jepang
7. Rosenqvist, T. 1973. *Principles of Extractive Metallurgy Vol 2*. McGraw – Hill
8. Mineral Collection Images. *My Mineral Collection, Miscellaneous Systematic Oxides Page*. The Robotics Institute : Carnegie Mellon. < <http://www.cs.cmu.edu/~adg/adg-psoimages.html>>
9. Totten, G.E. & MacKenzie, D.S. 2003. *Handbook Of Aluminum Volume 1 : Physical Metallurgy and Processes*. Marcel Dekker : Switzerland.
10. Gupta, C.K. 2003. *Chemical Metallurgy Principles and Practice*. Wiley-VCH : Germany.
11. Seecharran, K.R. *Bayer Process Chemistry*. 2 Juni 2010. < <http://www.scribd.com/doc/11035712/Bayer-Process-Chemistry> >
12. Chang, Raymond. *Kimia Dasar : Konsep-konsep Inti Edisi 3*. Erlangga
13. Pourbaix Diagrams. *Phase Diagrams For Corrosion Scientists*. 15 Maret 2010. < <http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4520/Pourbaix.pdf> >

14. Habashi, Fathi. 1997. *Handbook Of Extractive Metallurgy Volume 2 : Primary Metals, Secondary Metals, Light Metals*. Wiley-VCH : Canada.
15. Jeffrey, G.H cs. 1989. *Vogel's Textbook Of Quantitative Chemical Analysis Fifth Edition*. Longman Scientific & Technical : England.
16. Dwi Tjahjono, Eddy. 1996. *Pengolahan Bauksit Tanpa Otoklav*. Puslitbang Metalurgi – LIPI.
17. Cytec Technology Note. 2005. *Factors Affecting Red Mud Settling (Part I)*. Cytec Industries Inc : United States.
18. Patent 6086834. *Process For The Removal Of Silica From An Alkaline Solution Containing Sodium Aluminate*. 22 Juni 2010. < <http://www.patentstorm.us/patents/6086834/description.html> >
19. Red Mud Project. *Red Mud Characteristics*. 20 Juni 2010 < <http://www.redmud.org/Characteristics.html> >
20. Vernon, Chris. *Light Metals Update : Mining The Secrets Of Red Mud Mountains, Image 2*. 20 Juni 2010 < http://www.csiro.au/news/newsletters/0611_metals/story5.htm >
21. Wening, Elisabet. 2009. *Studi Pengaruh Klasifikasi Dengan Media Air Pada Bauksit Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI : Depok.
22. Acquah, F. Mensah, B. Obeng, Y. 1999. *Production of Alum from Awaso Bauxite*. The Ghanaian Engineer, Journal of the Ghana Institute of Engineers, vol 20 May No1.
23. Aalco. *Stainless 304 Properties, Fabrication, and Applications, Supplier Data by Aalco*. 6 Juni 2010. < <http://www.azom.com/details.asp?articleid=2867# Physical Properties of> >
24. EDX Analysis Guidelines. *EDX Analysis and WDX Analysis*. 4 Juni 2010 < <http://www.siliconfareast.com/edxwdx.htm> >
25. Maps Mine. *Chart Builder : Titanium Price – Aluminum Price*. 20 Juni 2010. < <http://www.infomine.com/chartsanddata/chartbuilder.aspx> >

Operator : Baim
Client : Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
Sampel Awal - 01 (17/11/09 19:17)



SEMQuant results. Listed at 19:20:25 on 17/11/09
Operator: Baim
Client: Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: Sampel Awal - 03

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.36	2.20
O K	ED	57.47	70.11
Al K	ED	28.50	20.61
Si K	ED	7.66	5.32
Fe K	ED	5.02	1.75
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

SEMQuant results. Listed at 19:18:14 on 17/11/09
Operator: Baim
Client: Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: Sampel Awal - 01

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

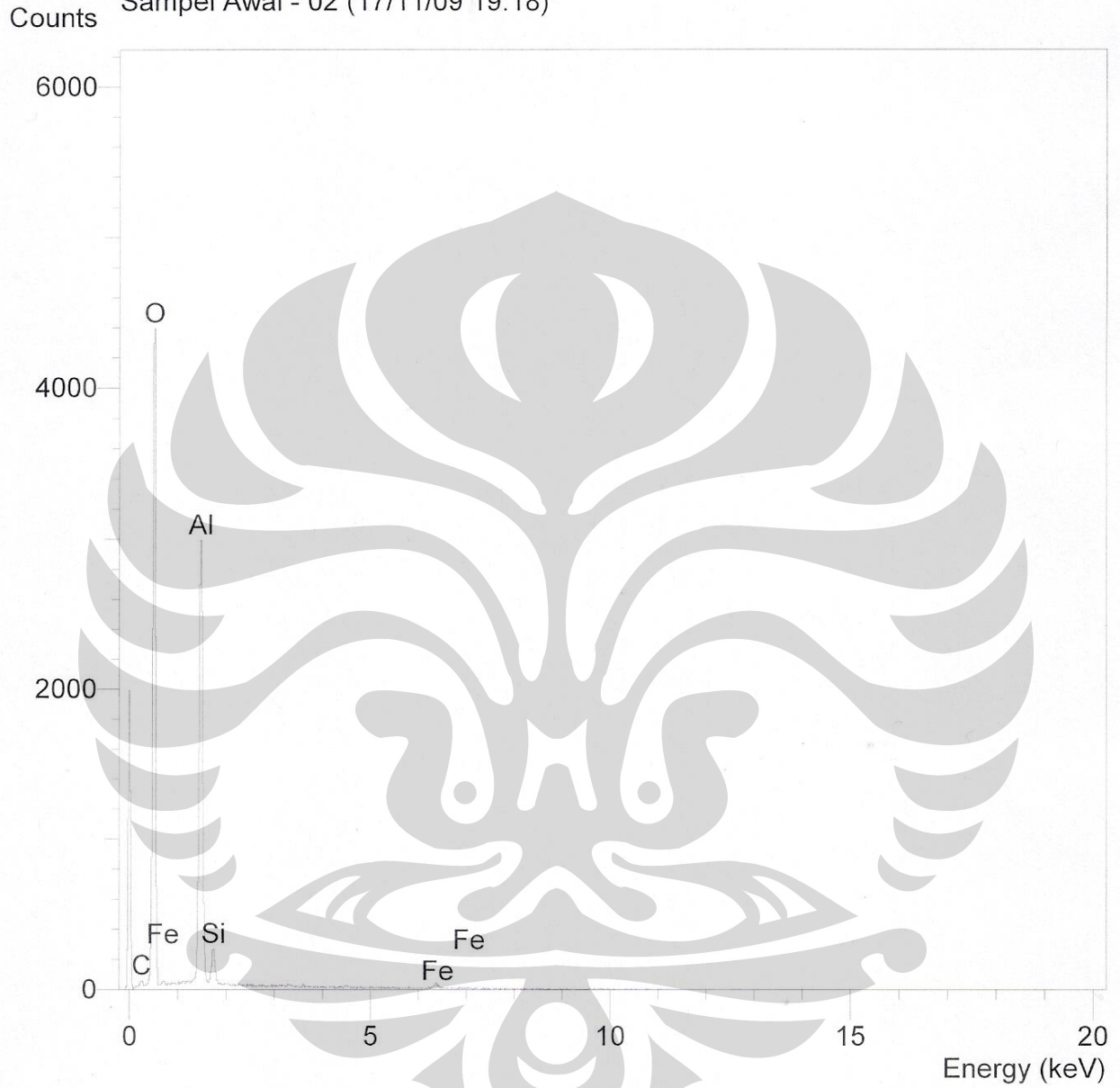
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.09	1.72
O K	ED	62.35	73.54
Al K	ED	32.23	22.54
Si K	ED	2.21	1.49
Fe K	ED	2.11	0.71
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : Baim
Client : Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
Sampel Awal - 02 (17/11/09 19:18)



SEMQuant results. Listed at 19:19:22 on 17/11/09
Operator: Baim
Client: Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: Sampel Awal - 02

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

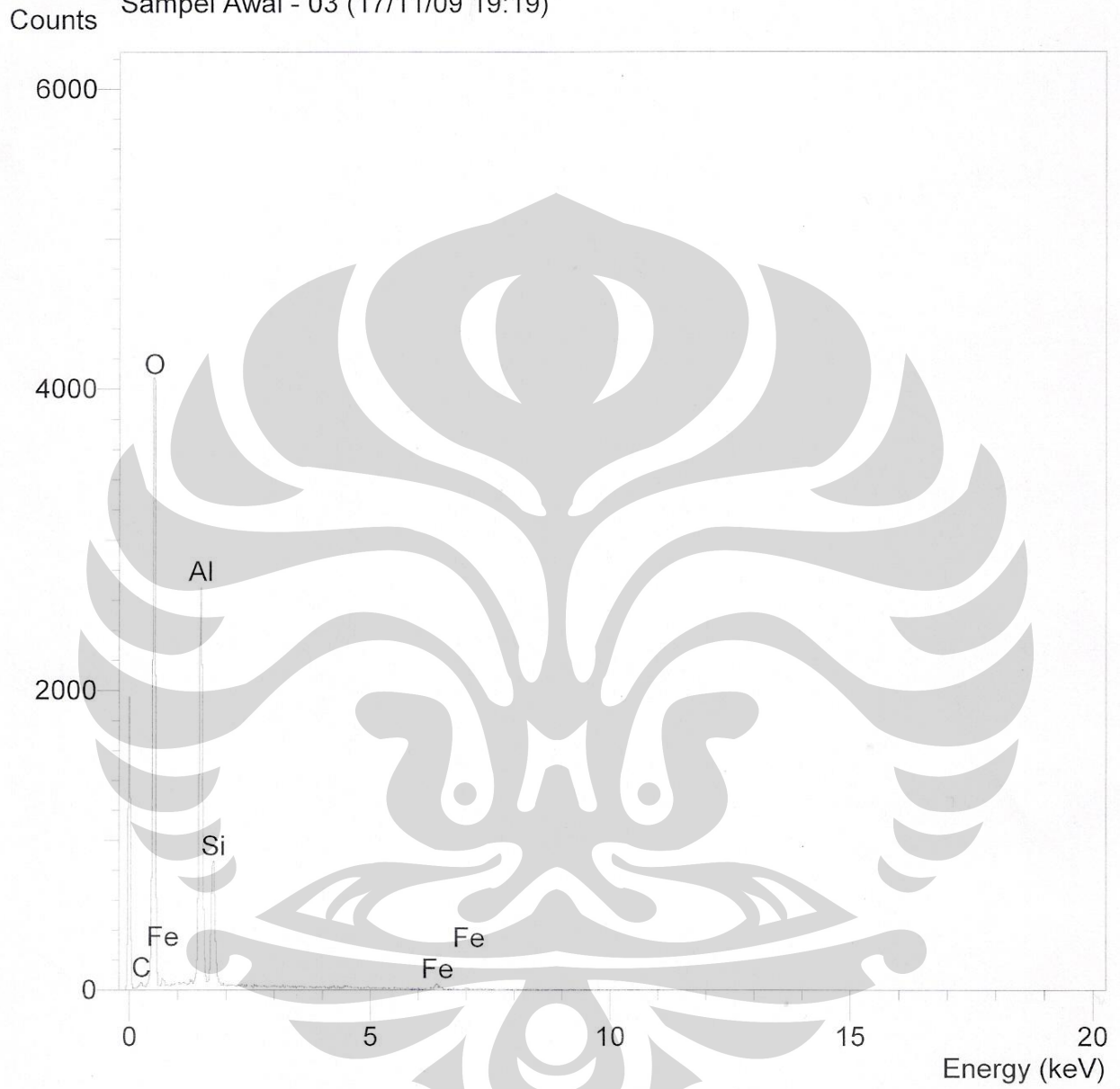
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.30	2.10
O K	ED	59.02	71.42
Al K	ED	32.26	23.15
Si K	ED	2.21	1.52
Fe K	ED	5.22	1.81
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : Baim
Client : Dept. Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
Sampel Awal - 03 (17/11/09 19:19)



SEMQuant results. Listed at 17:29:01 on 17/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-70mesh-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

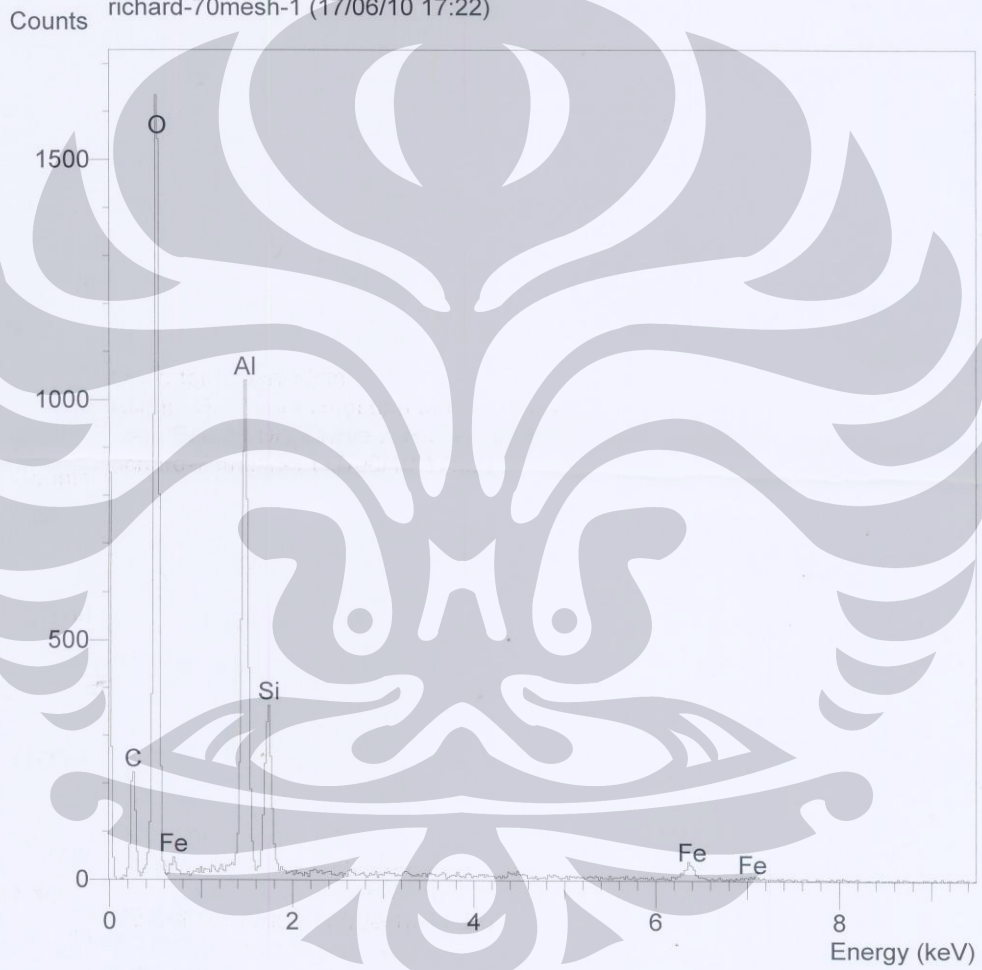
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	3.36	5.66
O K	ED	51.56	65.12
Al K	ED	27.14	20.32
Si K	ED	6.71	4.83
Fe K	ED	11.23	4.07
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-70mesh-1 (17/06/10 17:22)



SEMQuant results. Listed at 17:23:59 on 17/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-70mesh-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

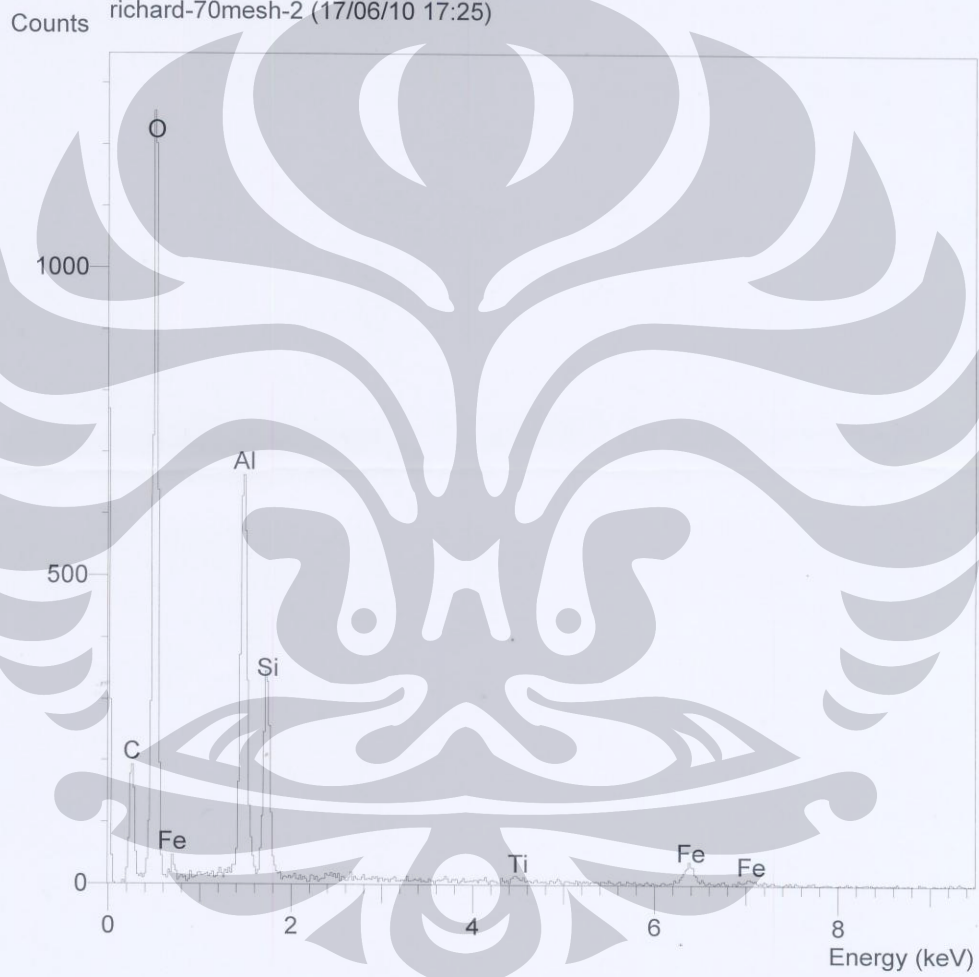
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL203 17/11/09
Al K AL203 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	3.12	5.21
O K	ED	53.43	67.02
Al K	ED	25.17	18.72
Si K	ED	6.96	4.97
Fe K	ED	11.33	4.07
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-70mesh-2 (17/06/10 17:25)



SEMQuant results. Listed at 17:27:19 on 17/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-70mesh-2

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

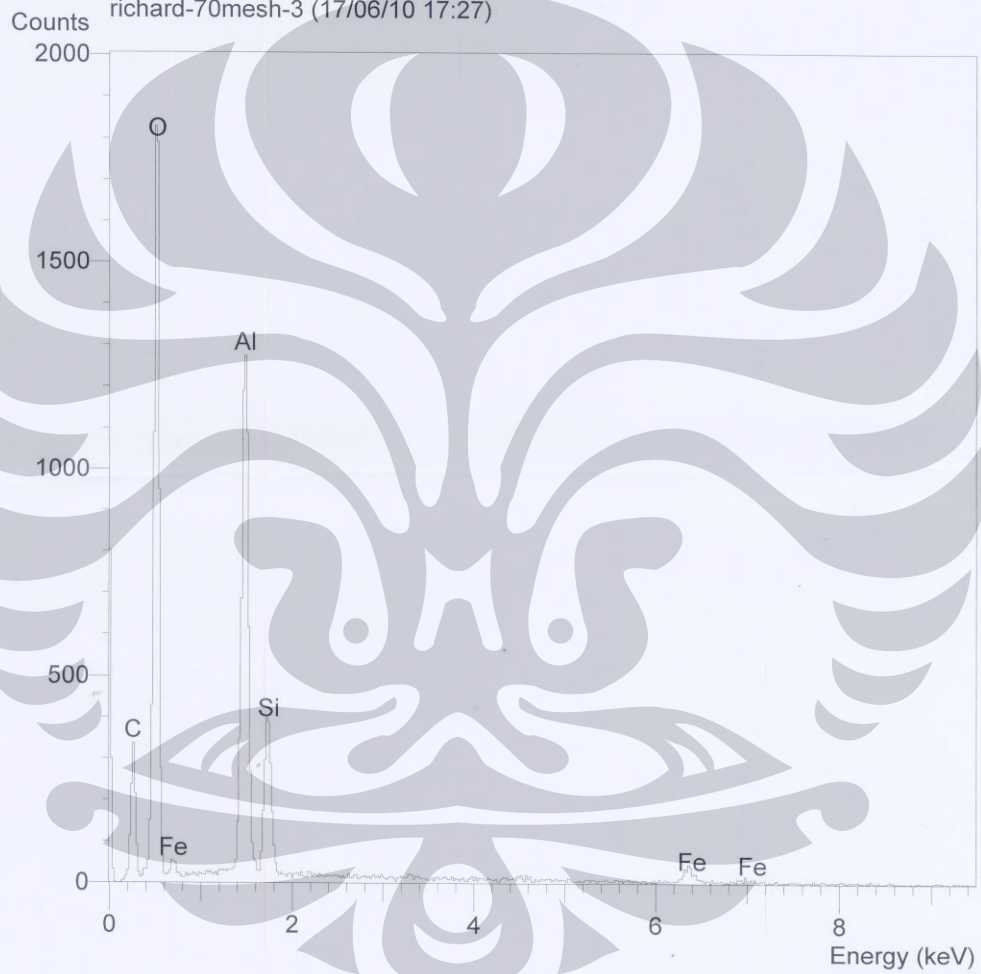
Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	17/11/09
Al K	AL2O3	17/11/09
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
Ti K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe K	FeS2	22/03/06

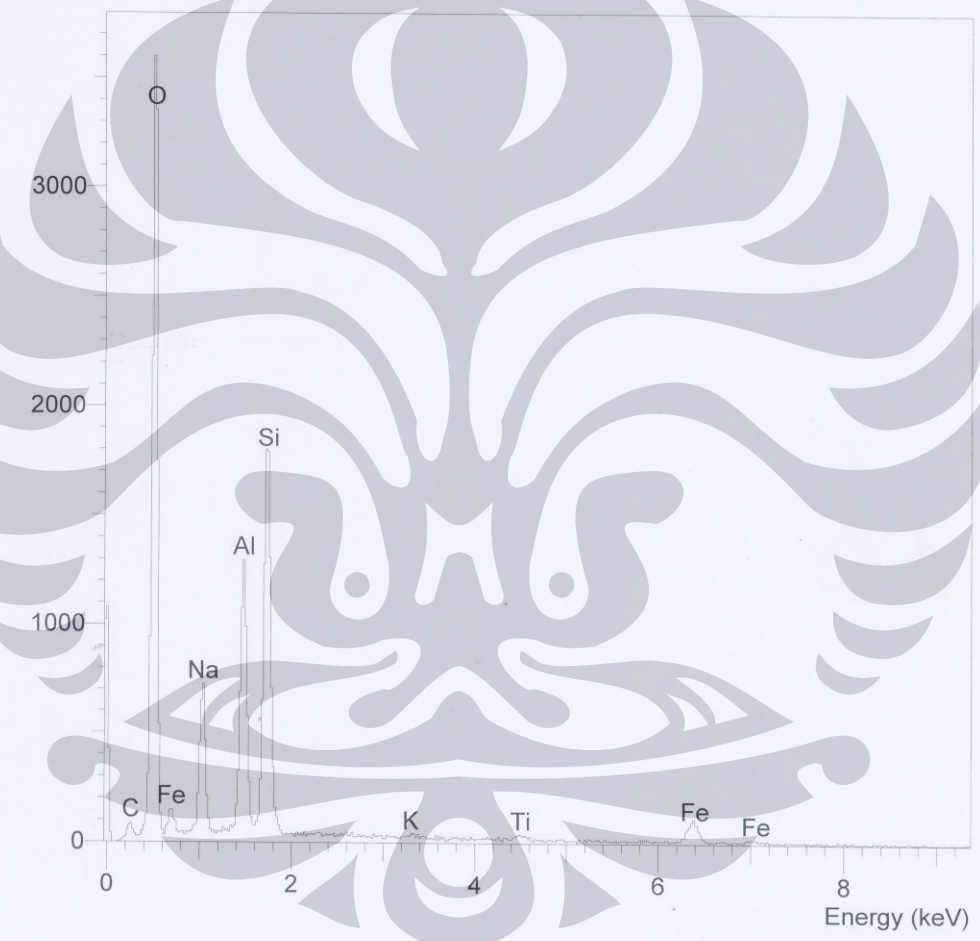
Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	3.42	5.84
O K	ED	52.02	66.59
Al K	ED	21.11	16.02
Si K	ED	7.88	5.75
Ti K	ED	1.47	0.63
Fe K	ED	14.09	5.17
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-70mesh-3 (17/06/10 17:27)



Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-1-1 (24/05/10 11:11)



SEMQuant results. Listed at 11:13:39 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-1-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

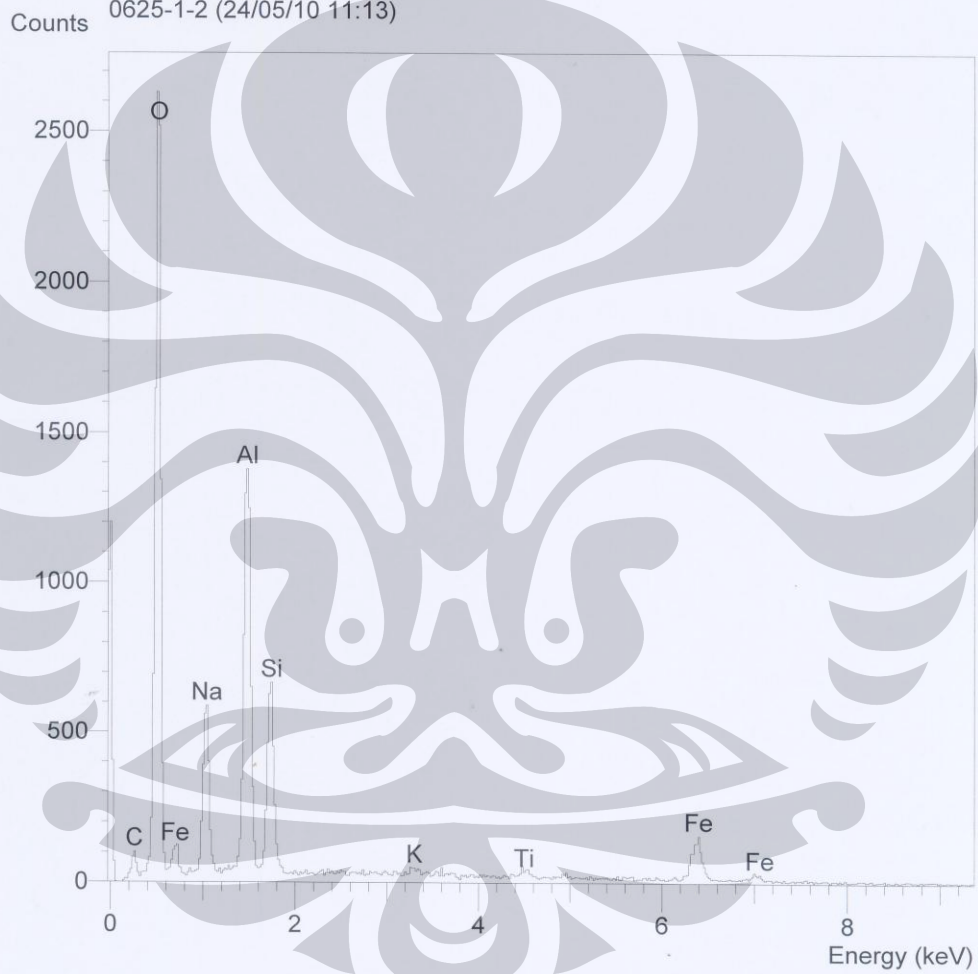
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 17/11/09
Na K	Orthoclase 22/03/06
Al K	AL2O3 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
K K	Orthoclase 22/03/06
Ti K	Titanium Oxide 19/05/06
Fe K	FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.51	0.92
O K	ED	44.40	59.95
Na K	ED	14.15	13.29
Al K	ED	12.11	9.70
Si K	ED	12.57	9.67
K K	ED	0.54	0.30
Ti K	ED	1.34	0.61
Fe K	ED	14.38	5.56
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-1-2 (24/05/10 11:13)



SEMQuant results. Listed at 11:14:46 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-1-2

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

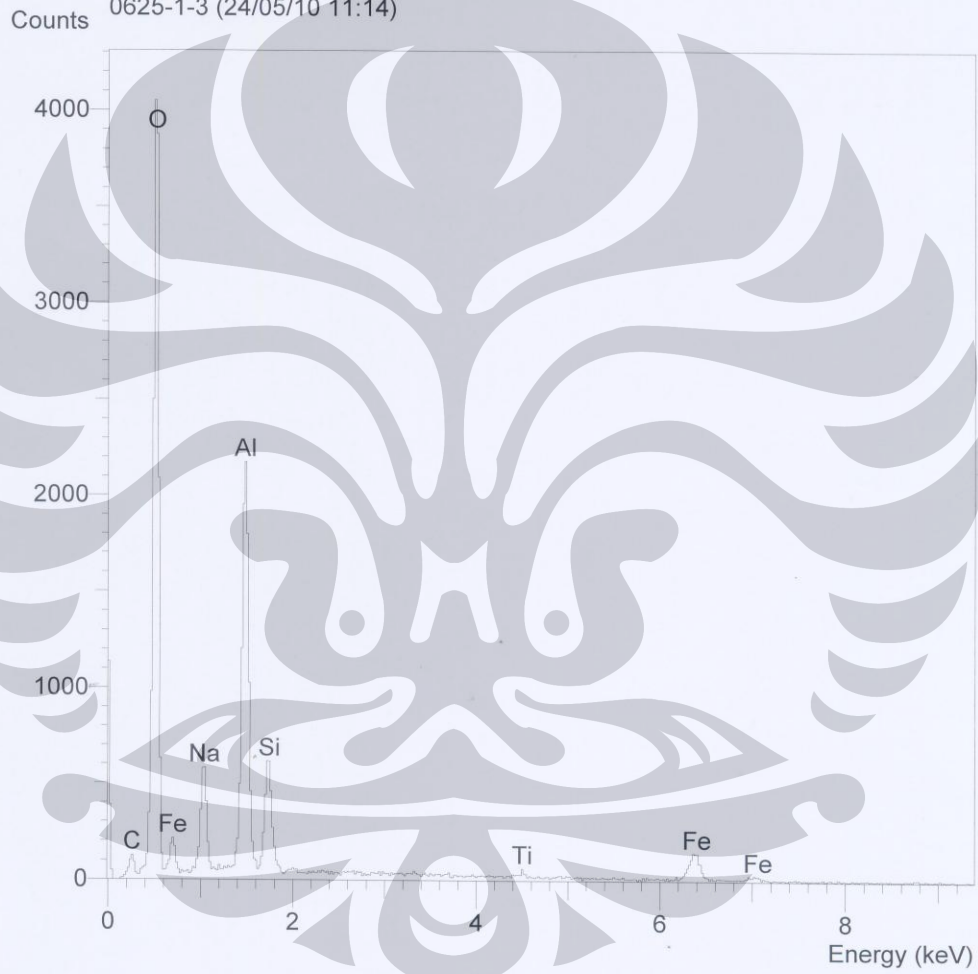
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 17/11/09
Na K	Orthoclase 22/03/06
Al K	AL2O3 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
K K	Orthoclase 22/03/06
Ti K	Titanium Oxide 19/05/06
Fe K	FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.57	1.10
O K	ED	38.01	54.83
Na K	ED	14.62	14.68
Al K	ED	17.19	14.70
Si K	ED	5.31	4.36
K K	ED	0.92	0.54
Ti K	ED	1.73	0.84
Fe K	ED	21.65	8.95
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-1-3 (24/05/10 11:14)



SEMQuant results. Listed at 11:16:17 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-1-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

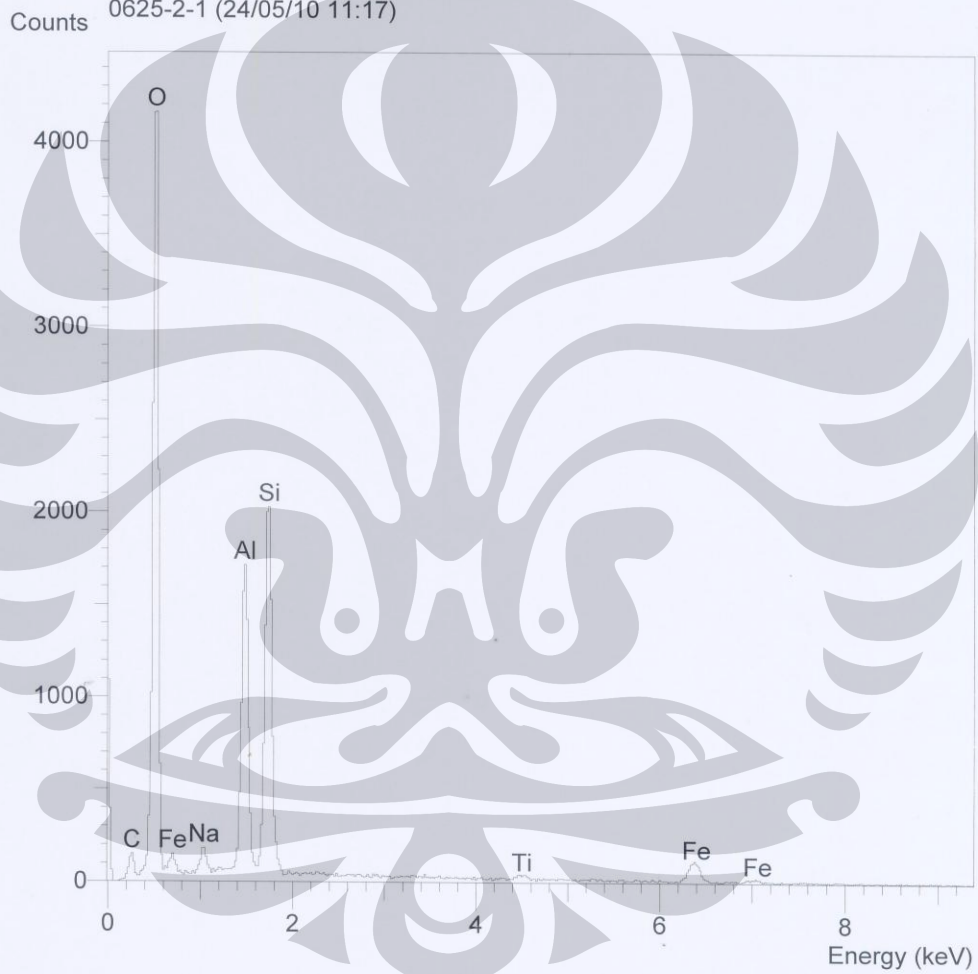
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.72	1.31
O K	ED	44.44	60.81
Na K	ED	11.14	10.61
Al K	ED	20.24	16.42
Si K	ED	4.05	3.16
Ti K	ED	1.28	0.59
Fe K	ED	18.12	7.10
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-2-1 (24/05/10 11:17)



SEMQuant results. Listed at 11:18:58 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-2-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

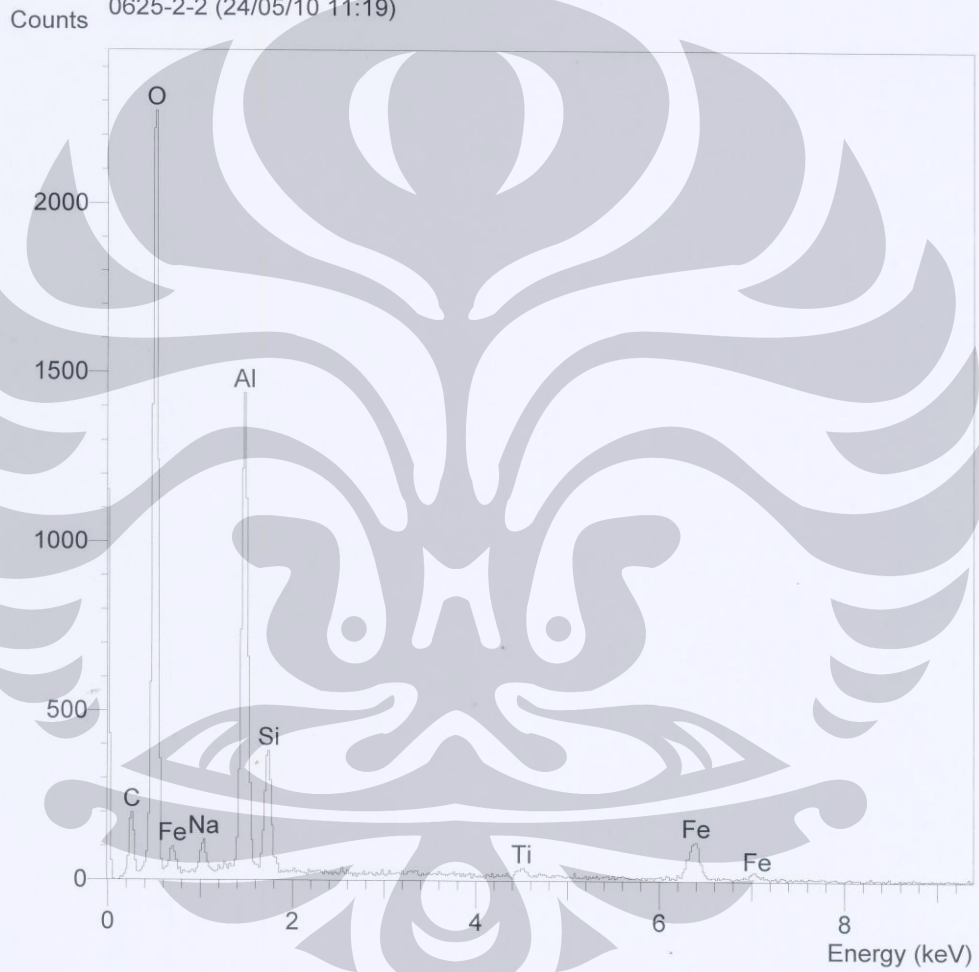
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.77	1.36
O K	ED	50.29	66.92
Na K	ED	2.80	2.60
Al K	ED	15.66	12.36
Si K	ED	13.41	10.17
Ti K	ED	1.50	0.67
Fe K	ED	15.56	5.93
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-2-2 (24/05/10 11:19)



SEMQuant results. Listed at 11:19:56 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-2-2

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

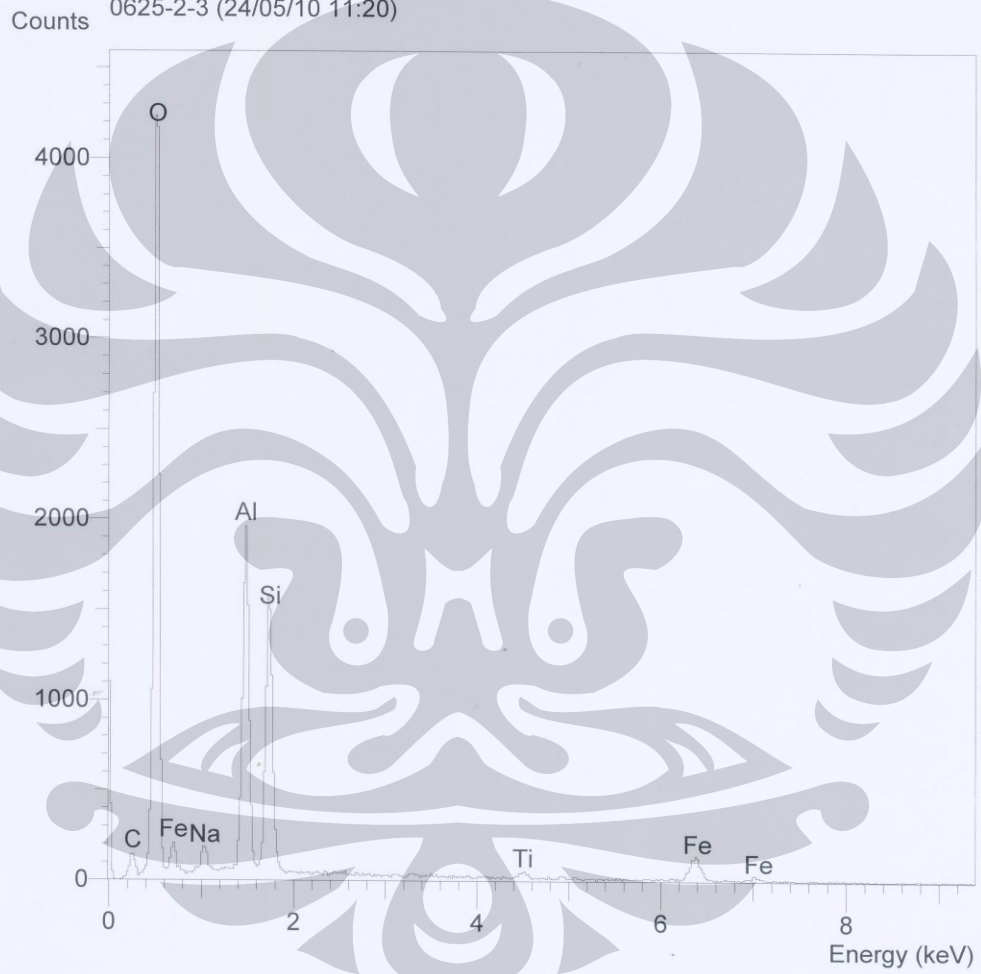
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 17/11/09
Na K	Orthoclase 22/03/06
Al K	AL2O3 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K	Titanium Oxide 19/05/06
Fe K	FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.37	2.60
O K	ED	43.58	61.96
Na K	ED	3.37	3.33
Al K	ED	21.24	17.91
Si K	ED	4.12	3.34
Ti K	ED	2.14	1.01
Fe K	ED	24.18	9.85
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-2-3 (24/05/10 11:20)



SEMQuant results. Listed at 11:20:59 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-2-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

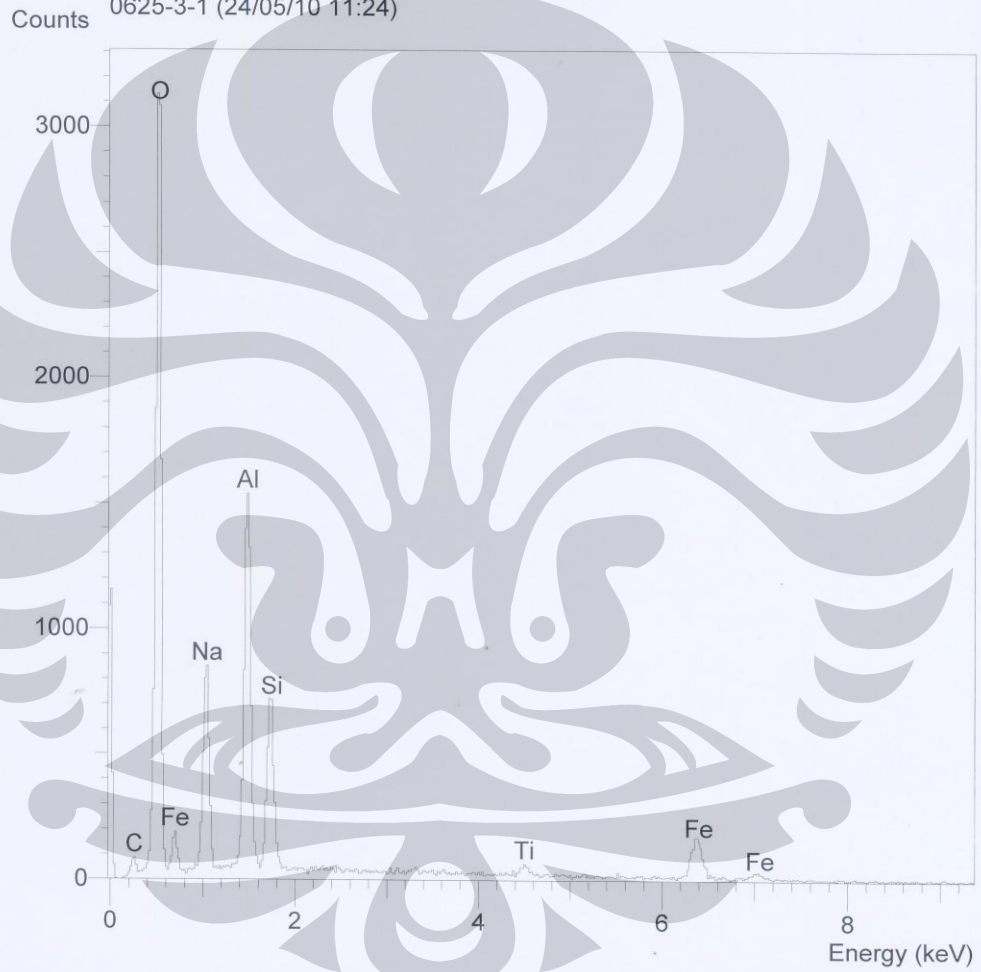
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.74	1.33
O K	ED	49.61	66.87
Na K	ED	3.07	2.88
Al K	ED	16.87	13.49
Si K	ED	10.04	7.71
Ti K	ED	1.96	0.88
Fe K	ED	17.70	6.84
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-3-1 (24/05/10 11:24)



SEMQuant results. Listed at 11:25:41 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-3-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

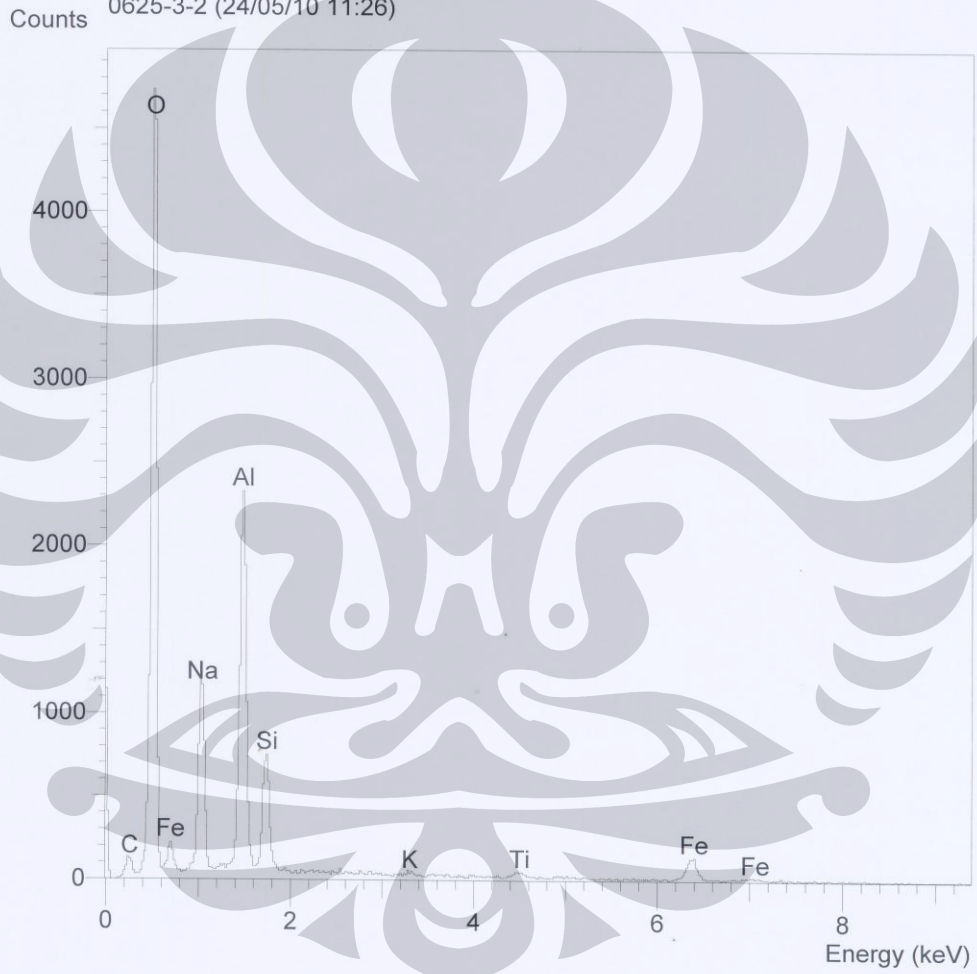
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.45	0.86
O K	ED	37.18	53.86
Na K	ED	17.40	17.54
Al K	ED	15.61	13.41
Si K	ED	4.87	4.02
Ti K	ED	2.05	0.99
Fe K	ED	22.44	9.31
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-3-2 (24/05/10 11:26)



SEMQuant results. Listed at 11:26:53 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-3-2

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

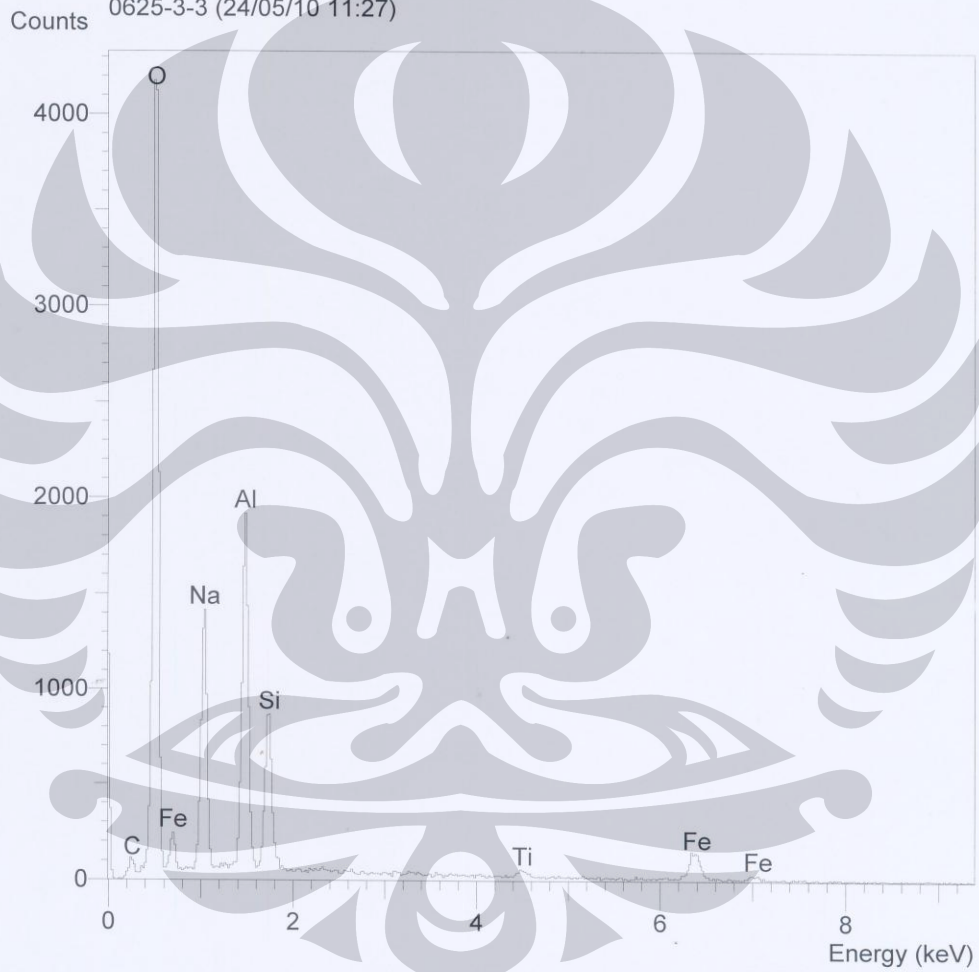
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 17/11/09
Na K	Orthoclase 22/03/06
Al K	AL2O3 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
K K	Orthoclase 22/03/06
Ti K	Titanium Oxide 19/05/06
Fe K	FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.54	0.96
O K	ED	43.65	58.43
Na K	ED	18.63	17.35
Al K	ED	17.80	14.13
Si K	ED	3.95	3.01
K K	ED	0.69	0.38
Ti K	ED	1.49	0.66
Fe K	ED	13.25	5.08
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
0625-3-3 (24/05/10 11:27)



SEMQuant results. Listed at 11:28:06 on 24/05/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: 0625-3-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

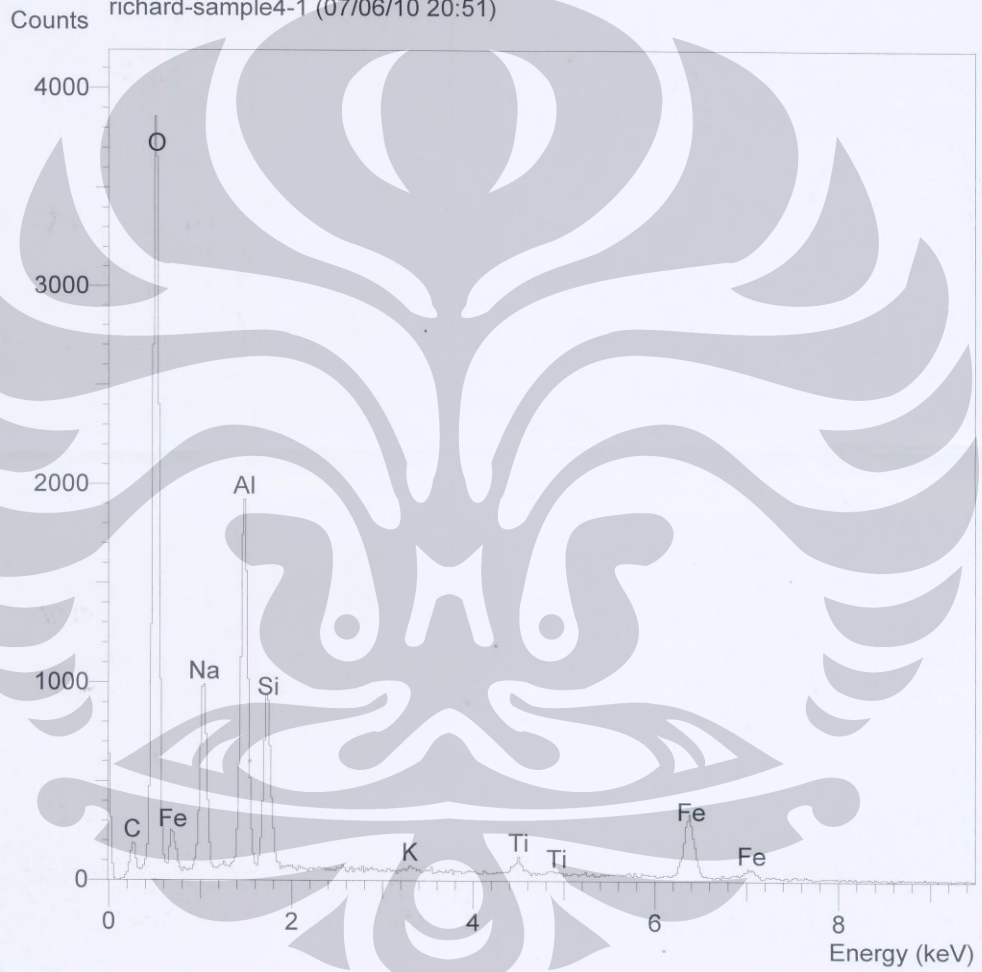
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 17/11/09
Na K	Orthoclase 22/03/06
Al K	AL2O3 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
Ti K	Titanium Oxide 19/05/06
Fe K	FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.47	0.86
O K	ED	39.65	54.65
Na K	ED	22.05	21.15
Al K	ED	15.21	12.43
Si K	ED	4.74	3.73
Ti K	ED	1.67	0.77
Fe K	ED	16.22	6.40
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample4-1 (07/06/10 20:51)



SEMQuant results. Listed at 20:52:35 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample4-1

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

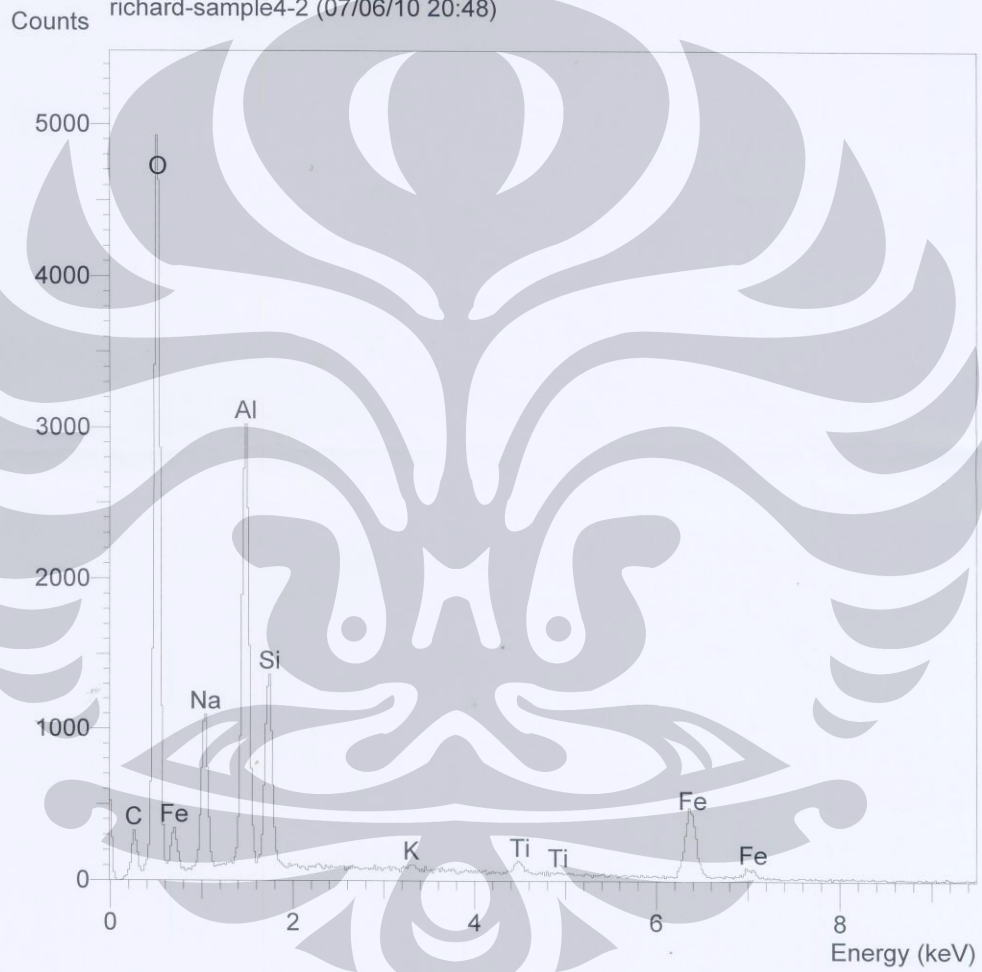
Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	17/11/09
Na K	Orthoclase	22/03/06
Al K	AL2O3	17/11/09
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
K K	Orthoclase	22/03/06
Ti K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.59	1.19
O K	ED	34.46	52.19
Na K	ED	15.86	16.71
Al K	ED	13.90	12.48
Si K	ED	4.39	3.79
K K	ED	0.53	0.33
Ti K	ED	2.53	1.28
Fe K	ED	27.73	12.03
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample4-2 (07/06/10 20:48)



SEMQuant results. Listed at 20:49:32 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample4-2

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

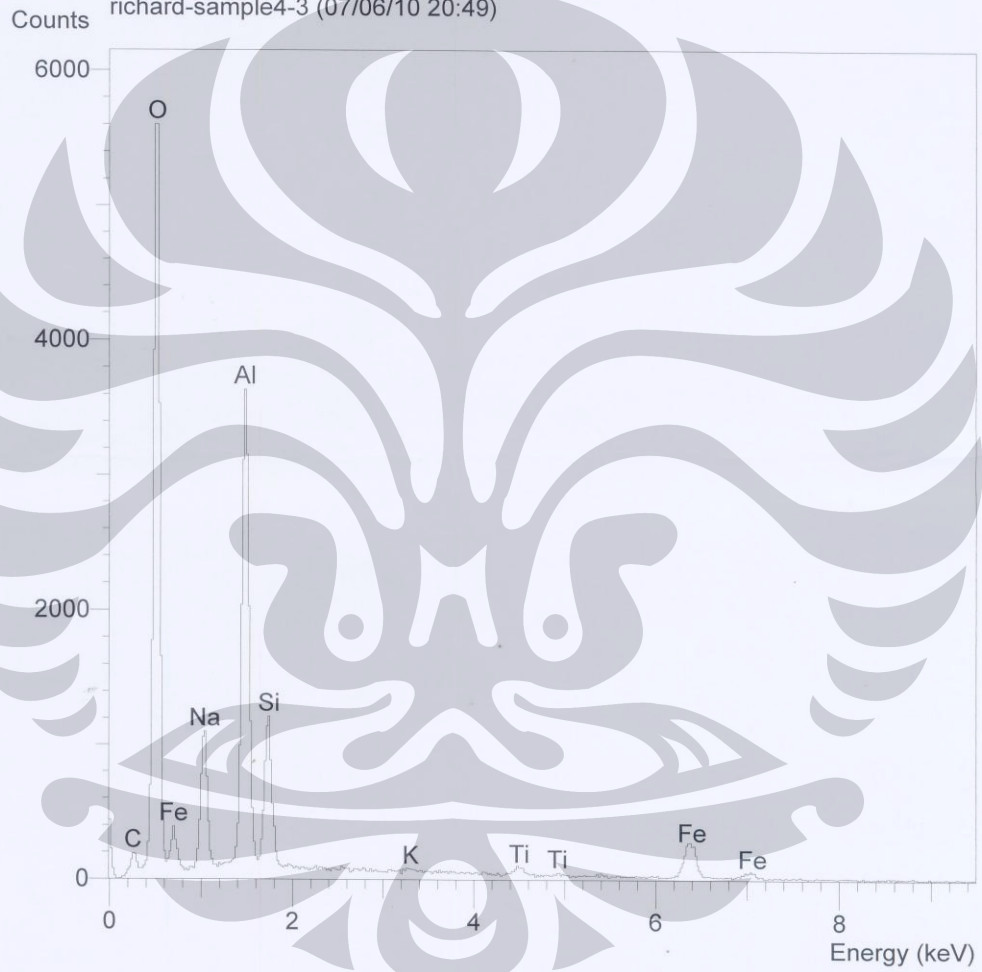
Standards :

C	K	Carbon Low	13/09/06
O	K	AL2O3	17/11/09
Na	K	Orthoclase	22/03/06
Al	K	AL2O3	17/11/09
Si	K	Low Carbon Steel	13/09/06
K	K	Orthoclase	22/03/06
Ti	K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe	K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C	K	ED	0.66 1.37
O	K	ED	32.29 50.48
Na	K	ED	12.53 13.64
Al	K	ED	16.08 14.91
Si	K	ED	4.79 4.27
K	K	ED	0.54 0.34
Ti	K	ED	2.22 1.16
Fe	K	ED	30.89 13.84
Total			100.00 100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample4-3 (07/06/10 20:49)



SEMQuant results. Listed at 20:50:33 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample4-3

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

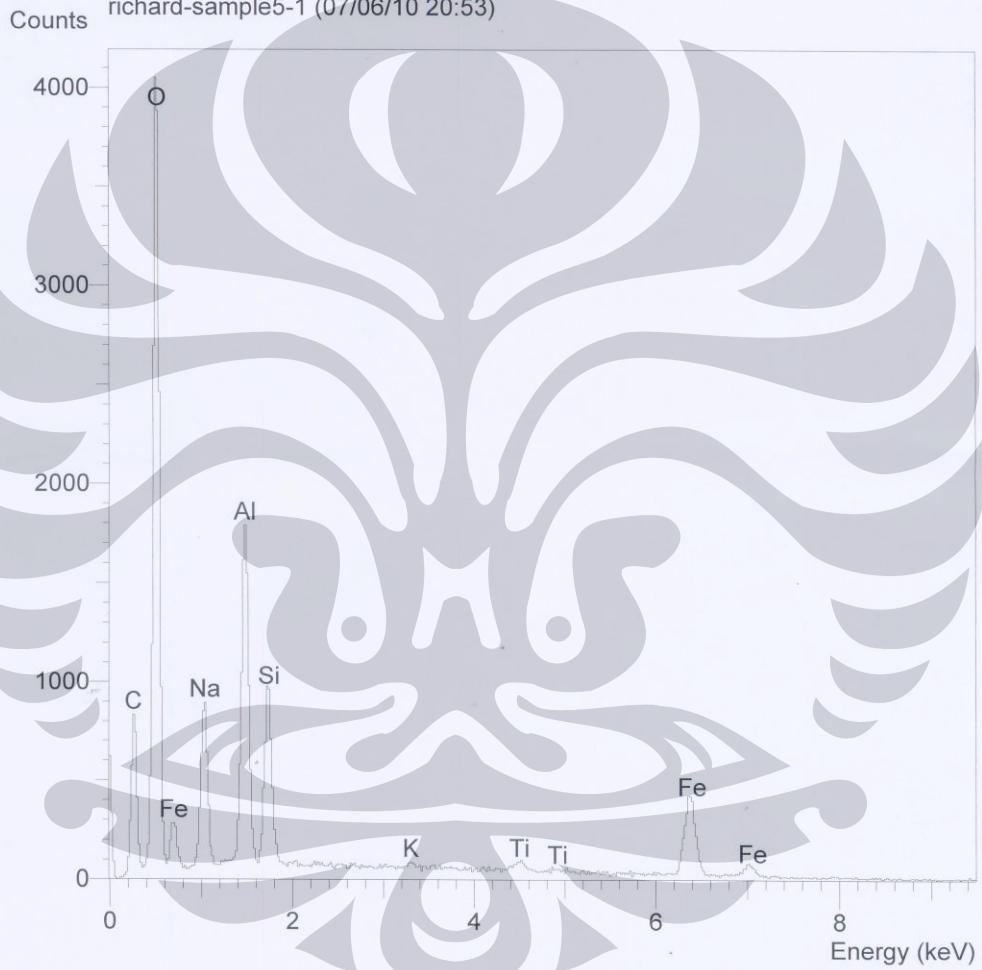
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
K K Orthoclase 22/03/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.47	0.90
O K	ED	39.78	56.74
Na K	ED	12.62	12.52
Al K	ED	19.76	16.72
Si K	ED	4.35	3.54
K K	ED	0.34	0.20
Ti K	ED	1.93	0.92
Fe K	ED	20.75	8.48
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample5-1 (07/06/10 20:53)



SEMQuant results. Listed at 20:54:23 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample5-1

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

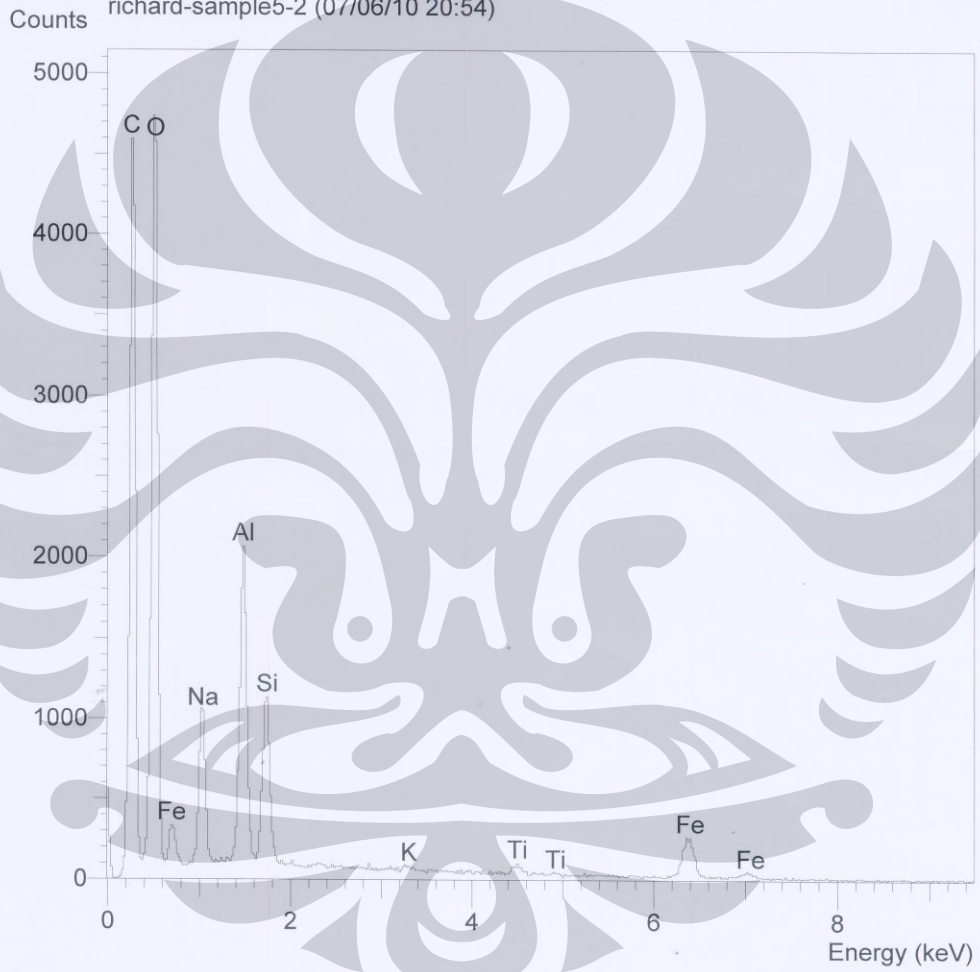
Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL203	17/11/09
Na K	Orthoclase	22/03/06
Al K	AL203	17/11/09
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
K K	Orthoclase	22/03/06
Ti K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.86	3.87
O K	ED	32.00	50.01
Na K	ED	13.57	14.76
Al K	ED	12.02	11.14
Si K	ED	4.11	3.66
K K	ED	0.59	0.38
Ti K	ED	1.64	0.86
Fe K	ED	34.21	15.32
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample5-2 (07/06/10 20:54)



SEMQuant results. Listed at 20:55:21 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample5-2

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (5 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

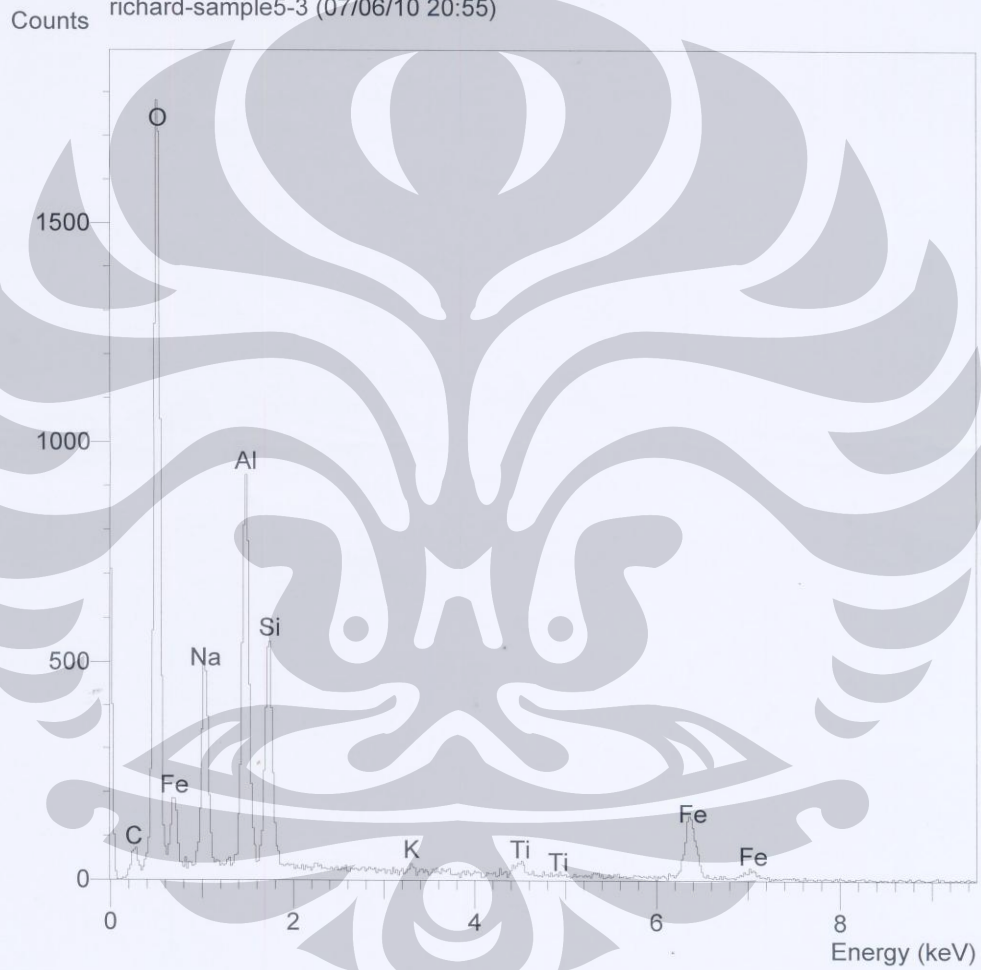
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
K K Orthoclase 22/03/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	8.28	14.52
O K	ED	39.33	51.82
Na K	ED	13.50	12.38
Al K	ED	11.85	9.26
Si K	ED	4.31	3.23
K K	ED	0.52	0.28
Ti K	ED	1.97	0.87
Fe K	ED	20.24	7.64
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
richard-sample5-3 (07/06/10 20:55)



SEMQuant results. Listed at 20:56:23 on 07/06/10
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: richard-sample5-3

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 17/11/09
Na K Orthoclase 22/03/06
Al K AL2O3 17/11/09
Si K Low Carbon Steel 13/09/06
K K Orthoclase 22/03/06
Ti K Titanium Oxide 19/05/06
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.73	1.48
O K	ED	33.78	51.12
Na K	ED	16.10	16.96
Al K	ED	13.80	12.38
Si K	ED	5.52	4.76
K K	ED	0.54	0.33
Ti K	ED	2.32	1.17
Fe K	ED	27.20	11.79
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma