



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENGARUH KONSENTRASI NaOH TERHADAP  
PERUBAHAN KADAR UNSUR PENYUSUN *GANGUE*  
*MINERAL* PADA PROSES EKSTRAKSI BAUKSIT**

SKRIPSI

**SATRIO RAHARJO DIPOKUSUMO**

**0606075265**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA PENGARUH KONSENTRASI NaOH TERHADAP  
PERUBAHAN KADAR UNSUR PENYUSUN *GANGUE*  
*MINERAL* PADA PROSES EKSTRAKSI BAUKSIT**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**SATRIO RAHARJO DIPOKUSUMO**

**0606075265**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**

**JULI 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 : Satrio Raharjo Dipokusumo**

**NPM : 0606075265**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 24 Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Satrio Raharjo Dipokusumo

NPM : 0606075265

Program Studi: Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Konsentrasi NaOH 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 Soedarsono, DEA)

Penguji :

(Deni Ferdian, ST, M.Sc)

Penguji :

(Ir. Aji Kawigraha, MT)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik jurusan Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penelitian dan pengujian dilakukan sebagai bentuk aplikatif ilmu yang telah diterima selama di bangku kuliah. Dengan skripsi ini, diharapkan penulis semakin siap terjun ke dunia kerja sebagai Sarjana Teknik.

Skripsi ini mengambil tema pengolahan mineral dengan judul *Analisis Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun Gangue Mineral Pada Proses Ekstraksi Bauksit*.

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

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen 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 FTUI.
3. Ir. Ahmad Herman Yuwono, Phd, selaku Koordinator Kerja Praktik Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
4. Dr. Ir. Sri Harjanto, selaku Pembimbing Akademis yang telah banyak membantu penulis selama kuliah di Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
5. PT Aneka Tambang – Unit Geomin yang telah banyak membantu penulis selama penulisan skripsi ini dengan menyediakan bahan baku penelitian.
6. Kedua orang tua dan kakak yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
7. Rekan-rekan skripsi bauksit : Richard Penguin, Fahmi Gopek, Wening yang telah berjuang bersama penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman – teman seperjuangan di katek dan Metalurgi dan Material Angkatan 2006 :  
Celiyanto, Marcel Cinsky, Remsky, Buldsky, Bipapayis, Borigg, Bagol, Rumengkang, Kudus, Tonggoru, Muciprig.
9. Johana Fawnia Chiquita atas inspirasi terindah dan dorongan semangatnya :  
ku tunggu kamu di Jakarta.
10. Rekan-rekan Metalurgi dan Material 2006 lain yang telah memberikan kemeriahan luar biasa dalam kehidupan kampus kita.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yesus Kristus berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Juni 2010

Satrio Raharjo Dipokusumo

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

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

**Nama** : **Satrio Raharjo Dipokusumo**  
**NPM** : **0606075265**  
**Program Studi** : **Teknik Metalurgi dan Material**  
**Departemen** : **Metalurgi dan Material**  
**Fakultas** : **Teknik**  
**Jenis Karya** : **Skripsi**

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

### **Analisa Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun *Gangue Mineral* Pada Proses Ekstraksi Bauksit**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media / format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Depok  
Pada Tanggal : 24 Juni 2010

Yang Menyatakan

(Satrio Raharjo Dipokusumo)

## ABSTRAK

Nama : Satrio Raharjo Dipokusumo  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul : Analisa Pengaruh Konsentrasi NaOH 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 konsentrasi pelindian dengan NaOH terhadap perubahan kadar unsur-unsur logam yang ada pada bauksit dan mineral ikutan atau *Red Mud*

Hasil yang didapatkan adalah kadar unsur Al semakin menurun dari 31% pada bauksit awal menjadi 12,05% pada konsentrasi 1,5 M. Kadar unsur Si pada tren stabil, bauksit awal adalah sebesar 4,03% sedangkan pada konsentrasi pelindian 1,5 M menjadi 5,1%. Peningkatan kadar juga terjadi pada logam Titanium, dari tidak terdeteksi pada bauksit awal hingga menjadi sebesar 2,08% pada pengotor di konsentrasi pelindian tertinggi sebesar 1,5 Molar. Unsur logam Fe (besi) pada pengotor mengalami kenaikan kadar dimana pada bauksit awal ditemukan kadar Fe sebesar 4,12% sedangkan pada konsentrasi pelindian 1,5 M diperoleh kadar sebesar 22,32%. Dari hasil proses pelindian dengan *Bayer Process*, pengolahan *Red Mud* mampu memberikan keuntungan dari sisi ekonomi Dengan didapatnya peningkatan kadar Titanium yang memiliki harga jual tinggi.

*Kata kunci:*

*Ekstraksi, Aluminium, Bauksit, Hydrometallurgy, Bayer Process, Pelindian*

## ABSTRACT

Name : Satrio Raharjo Dipokusumo  
Study Program : Metallurgy and Materials Engineering  
Title : The Analysis Of NaOH Concentration 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 concentration on changes in levels of metal element exist in bauxite and gangue minerals or Red mud.

The result is the content of Al decreasing from 31% at the raw bauxite, to 12,05% at 1,5 Molar NaOH concentration. Meanwhile, the Si element stay at the stable level, because it hovering at 4,03% on the raw bauxite, then stay at 5,1% in the 1,5 Molar NaOH concentration. However, the concentration of Titanium increase from undetectable at the raw bauxite, to 2,08% at 1,5 Molar NaOH concentration. And finally, the Fe element content increasing from 4,12% at the raw bauxite, to 22,32% at 1,5 Molar NaOH concentration. In conclusion, processing Red Mud from the leaching process using the Bayer Prrocess can provide economic benefit because the level of Titanium, which has a high selling price, increase.

*Keywords:*

*Extraction, Aluminium, Bauxote, Hydrometallurgy, Bayer Process, Leaching*

## DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.1.1. Industri Alumunium Dunia.....	1
1.1.2. Konsumsi Alumunium Dunia.....	2
1.1.3. Produksi Alumunium Dunia.....	4
1.1.4. Pertambangan dan Pengolahan Logam Alumunium di Indonesia .....	5
1.2. Perumusan Masalah .....	7
1.3. Tujuan Penelitian .....	8
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1. Bijih Bauksit .....	9
2.2. Pengolahan Mineral .....	10
2.2.1. Kominusi. ....	11
2.2.1.1. Penggerusan.....	11
2.2.1.2. Penggilingan .....	12
2.2.2. Metode Pengukuran.....	13

2.2.2.1. Pengayakan .....	13
2.2.2.2. Klasifikasi .....	14
2.2.3. Konsentrasi .....	15
2.3. Ekstraksi Aluminium ( <i>Hydrometallurgy</i> ) .....	16
2.4. Proses Asam .....	18
2.5. Proses Alkaline .....	19
2.5.1. Le Chatelier .....	19
2.5.2. <i>Bayer Process</i> .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1. Proses Penelitian .....	24
3.2. Diagram Alir Penelitian .....	25
3.3. Alat dan Bahan .....	25
3.3.1. Alat .....	25
3.3.2. Bahan .....	26
3.4. Prosedur Penelitian .....	26
3.5. Deskripsi Pengujian : EDAX .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1. Observasi dan Analisa Data Karakterisasi Awal Bijih Bauksit Kabupaten Tayan .....	35
4.2. Analisa Hasil Proses Pelindian .....	38
4.2.1. Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Pengotor Pada Proses Pelindian .....	39
4.2.2. Analisa Perubahan Kadar Logam Al, Si, Ti, dan Fe Pada Pengotor Setelah Dilakukan Proses Pelindian .....	42
4.2.3. Analisa Perubahan Kadar Al, Si, Ti, dan Fe Pada Mineral Ikutan Setelah Proses Pelindian .....	45
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>49</b>
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Aplikasi Produk Aluminium di Berbagai Sektor Industri .....	1
Gambar 1.2. Konsumsi Aluminium Dunia .....	3
Gambar 1.3. Produksi Aluminium Dunia .....	5
Gambar 2.1. Jenis-jenis Bijih Bauksit .....	10
Gambar 2.2. Pengolahan Mineral Sederhana .....	13
Gambar 2.3. Skema Proses Hidrometalurgi.....	17
Gambar 2.4. Metode-metode Pelindian .....	18
Gambar 2.5. Diagram Pourbaix Aluminium .....	21
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	25
Gambar 3.2. Tahapan Penggerusan .....	27
Gambar 3.3. Skema Klasifikasi .....	28
Gambar 3.4. Soda Api Pada Penelitian.....	30
Gambar 3.5. Gelas Stainless Steel yang Digunakan Pada Penelitian .....	31
Gambar 3.6. Skema Proses Pelindian.....	32
Gambar 3.7. Dapur Naberterm Untuk Mendapatkan Temperatur Tinggi Pada Penelitian.....	33
Gambar 3.8. Spektrum Hasil Pengujian EDAX .....	35
Gambar 4.1. (a) Bijih Bauksit Sampel Penelitianondisi awal; (b) Bohmite.....	36
Gambar 4.2. Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan .....	37
Gambar 4.3. Hasil Pengujian PH Larutan NaOH pada penelitian.....	39
Gambar 4.4. Sampel X Sebagai Pengotor Pada Proses Pelindian.....	39
Gambar 4.5 Perbandingan Antara (a) Red Mud dari Literatur yang Didapat dari Australia dan (b) Sampel X telah dikeringkan.....	40
Gambar 4.6. Tren Unsur Al, Si, Ti, dan Fe .....	45
Gambar 4.7. Harga Pasar Titanium Ingot di Indeks Dow Jones, AS .....	47
Gambar 4.8. Harga Pasar Aluminium Dunia Periode 2003-2008.....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Negara Terbesar Konsumen Aluminium Dunia .....	3
Tabel 1.2. Negara Terbesar Konsumen Aluminium Dunia .....	5
Tabel 2.1. Tipe dari bijih bauksit .....	9
Tabel 2.2. <i>Tyler Standard Series</i> untuk <i>Screen Analysis</i> .....	14
Tabel 2.3. Kondisi Pelindian Komersial dari Bijih Bauksit .....	21
Tabel 2.4. Nilai Komposisi yang terkandung dalam <i>Red Mud</i> .....	22
Tabel 3.1. Data Teknis Gelas Stainless Steel Pada Penelitian.....	31
Tabel 4.1. Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan .....	36
Tabel 4.2. Data Pengujian EDAX Sampel X pada beberapa Konsentrasi Pelindian .....	41
Tabel 4.3. Tren Unsur Logam Al.....	42
Tabel 4.4. Tren Unsur Logam Si .....	43
Tabel 4.5. Tren Unsur Logam Ti .....	43
Tabel 4.6. Tren Unsur Logam Fe .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian EDAX.....	52
---------------------------------------	----



# BAB I

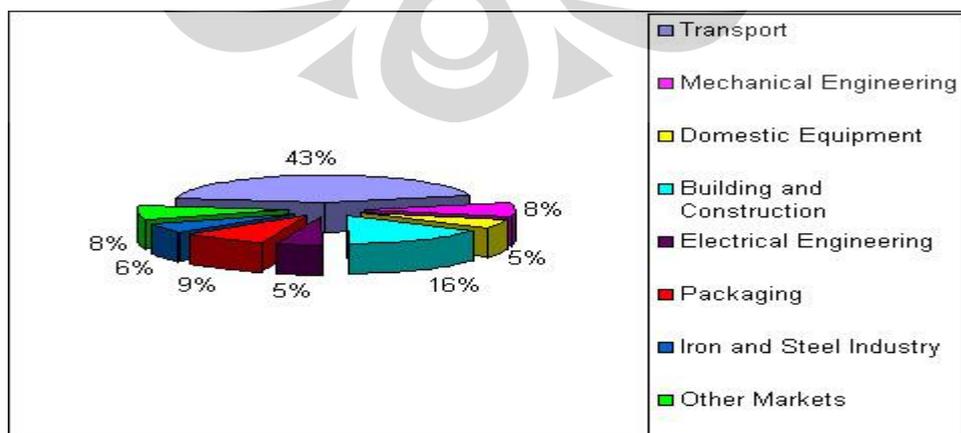
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industrialisasi yang terjadi di berbagai belahan dunia membuat keberadaan berbagai jenis logam dan mineral menjadi sangat penting dalam menunjang berbagai kegiatan manusia. Arus globalisasi dan perdagangan bebas yang membuat perpindahan modal dan barang serta berbagai proses produksi semakin mudah tentu saja membutuhkan energi yang didapat melalui berbagai sumber daya alam seperti logam dan mineral berharga. Salah satu jenis logam yang banyak dibutuhkan dalam berbagai kegiatan industri adalah aluminium. Aluminium menjadi logam yang paling banyak diproduksi di seluruh dunia setelah baja. Industri manufaktur, permesinan, dan transportasi yang makin berkembang di berbagai negara membuat kebutuhan akan aluminium semakin meningkat dalam beberapa dekade terakhir ini.

#### 1.1.1. Industri Aluminium Dunia

Aluminium saat ini banyak digunakan dalam industri otomotif sebagai bahan komponen mesin dan komponen interior kendaraan. Industri lain seperti industri besi baja dan kelistrikan mulai menyadari manfaat pemakaian aluminium dan mulai menggunakannya untuk aplikasi industrinya. Gambar 1.1 menunjukkan aplikasi Aluminium di berbagai sektor industri dunia.



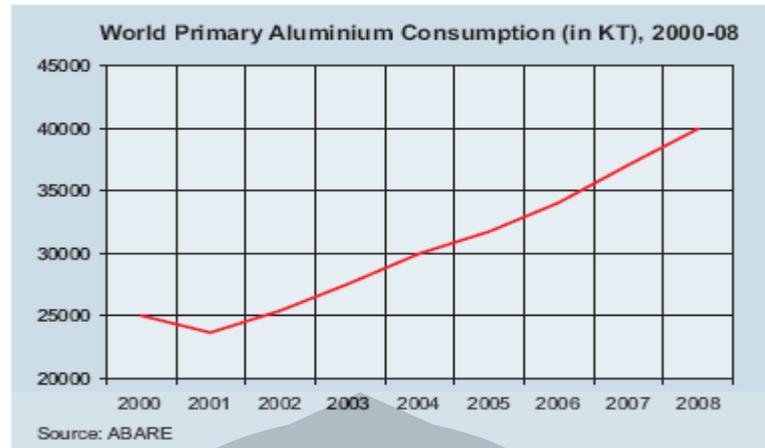
Gambar 1.1 Aplikasi produk aluminium di berbagai sektor industri<sup>[1]</sup>

Terdapat beberapa alasan mengapa Aluminium banyak digunakan pada berbagai jenis industri termasuk manufaktur, transportasi, maupun konstruksi dan infrastruktur, 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 49 MPa dan paduannya mampu mencapai 400 MPa. Bila dibandingkan dengan besi, densitas dari aluminium hanya sebesar 2,7 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan baja memiliki densitas 7,87 gr/cm<sup>3</sup> [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.

### 1.1.2. Konsumsi Aluminium Dunia

Pertumbuhan konsumsi aluminium dunia meningkat secara pesat dalam waktu satu dekade terakhir. Aplikasi yang sangat luas di berbagai sektor industri tersebut telah membuat aluminium menjadi salah satu jenis logam yang paling banyak dikonsumsi di seluruh dunia seperti terlihat di grafik gambar 1.2 dibawah ini.



**Gambar 1.2** Konsumsi Aluminium Dunia 2000-2008<sup>[2,3]</sup>

Konsumsi aluminium makin meningkat tiap tahun, terutama di benua Asia, yang menjadi pemimpin pertumbuhan ekonomi saat ini. Negara industrialis baru di Asia seperti China dan India yang menggunakan banyak aluminium dalam pembangunan negaranya membuat konsumsi aluminium di Asia meningkat lebih dari 100% dalam kurun waktu 6 tahun. Konsumsi aluminium di benua Asia bahkan 2 kali lipat dibanding konsumsi aluminium di benua Eropa dan Amerika, hal ini sesuai dengan yang terlihat pada tabel 1.1 dibawah ini.

**Tabel 1.1** 10 Negara terbesar Konsumen Aluminium Dunia 2000-2006<sup>[2,3]</sup>

Region	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Africa	366	347	357	399	414	452
Americas	6942	7270	7467	7777	8254	8385
Asia	8802	9661	11448	12967	14216	15996
Europe	7249	7721	7925	8379	8373	8762
Middle East	698	778	869	1045	1113	1134
Oceania	363	373	410	437	451	374

Source: ABARE

Country	2001	2002	2003	2004	2005	2006
China*	3492	4115	5178	6043	7119	8648
USA	5230	5509	5667	5800	6114	6150
Japan	2014	2010	2235	2319	2276	2323
Germany	1580	1690	1916	1795	1759	1823
S. Korea	850	921	982	1118	1201	1153
India	589	604	798	861	958	1080
Russia	786	990	803	1020	1020	1047
Italy	756	851	956	987	977	1021
Canada	743	747	736	755	801	846
Brazil	553	578	589	651	759	773

\* China excluding Hong Kong

Source: ABARE

Industri otomotif, kelistrikan, dan konstruksi di negara-negara besar Asia seperti China dan India yang menunjukkan perkembangan luar biasa diperkirakan menjadi faktor penting penyebab tingginya konsumsi aluminium primer di benua ini. Sementara rendahnya pertumbuhan konsumsi di Eropa dan Amerika disebabkan melemahnya sektor industri otomotif dan manufaktur akibat krisis ekonomi terburuk sejak 1929 yang dialami negara maju seperti Amerika Serikat serta krisis utang dan perbankan yang melanda beberapa negara Uni Eropa seperti Yunani, Spanyol, Italia, dan Portugal.

### **1.1.3 Produksi Aluminium Dunia**

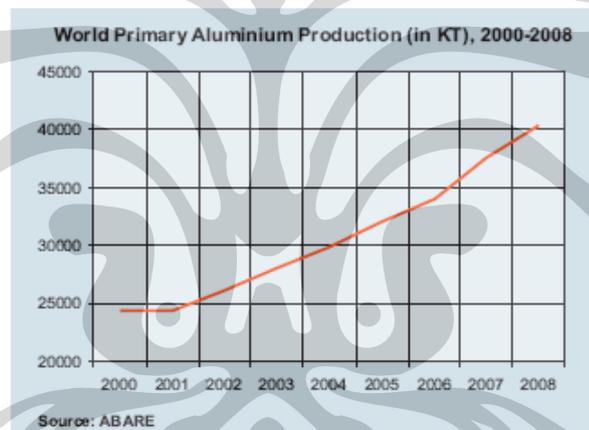
Sesuai perhitungan ABARE (*Australian Board of Agricultural and Resource Economy*), produksi Aluminium dunia tercatat sekitar 21.191 Kiloton pada tahun 2000 serta terus meningkat hingga mencapai 33.967 Kiloton pada 2006 dan mencapai 40.400 Kiloton pada 2008.

Pertumbuhan produksi yang luar biasa pesat ini terutama berasal dari Asia yakni akibat produksi besar-besaran oleh Cina dan India menjadi penopang utama pertumbuhan produksi Aluminium ini. Sementara itu pertumbuhan produksi Aluminium di benua Amerika cenderung stagnan, sedangkan di Eropa mengalami pertumbuhan produksi sekitar 2 %. Hal tersebut terlihat dari tabel 1.

**Tabel 1.2** 10 Negara terbesar Produsen Aluminium Dunia 2000-2006<sup>[2,3]</sup>

World's Top Ten Primary Aluminium Producing Countries (in KT), 2001-06						
Country	2001	2002	2003	2004	2005	2006
China	3371	4321	5547	6689	7806	9349
Russia	3302	3348	3478	3594	3647	3718
Canada	2583	2709	2792	2592	2894	3051
USA	2637	2705	2705	2517	2480	2281
Australia	1797	1836	1857	1895	1903	1932
Brazil	1132	1318	1381	1457	1498	1604
Norway	1068	1096	1192	1322	1377	1427
India	624	671	799	861	942	1105
S. Africa	654	704	733	864	851	887
Bahrain	522	517	526	524	708	844

Source: ABARE

**Gambar 1.3** Produksi Aluminium Dunia 2000-2008<sup>[2,3]</sup>

#### 1.1.4 Pertambangan dan Pengolahan Logam Aluminium di Indonesia

Sumber utama bahan mentah dalam pengolahan Aluminium adalah bijih bauksit. Bijih ini banyak ditemukan di kawasan Amerika Latin dan Asia.

Di Indonesia, bauksit pertama kali ditemukan tahun 1924 di Kijang, Pulau Bintan, dan sejak 1935, bauksit dari Pulau Bintan telah ditambang dan diekspor. Pada 1968 PT. Aneka Tambang mengakuisisi tambang tersebut dan menjadi produsen terbesar bauksit di Indonesia dengan volume produksi mencapai 1-1,5 juta ton per

tahun.

Indonesia memang menjadi salah satu eksportir utama bauksit di Asia. Meskipun beberapa negara Asia memiliki sumber daya mineral bauksit seperti di China dan India, namun jumlahnya relatif tidak signifikan terhadap pertumbuhan kebutuhan dalam negerinya. China sebagai contoh, memiliki jumlah cadangan bauksit dalam negeri yang cukup besar, tetapi kebutuhan dalam negeri yang sangat besar menyebabkan Cina terus menerus mengimpor bauksit, dan salah satunya dari Indonesia. Hal ini menyebabkan banyak pengusaha Cina yang mulai melakukan ekspansi dan masuk ke Indonesia untuk menguasai cadangan bauksit di Indonesia.

Masuknya pengusaha asing dalam berbagai sektor pertambangan dalam negeri, terutama bauksit, memiliki kelebihan dan kekurangan. Di satu sisi dapat menyebabkan realisasi investasi cepat terjadi dan diharapkan mempercepat pertumbuhan ekonomi dalam negeri, namun di sisi lain juga perlu dicermati agar Indonesia tidak menjadi sekedar pengeksportir bahan baku mentah sumber daya alam seperti bauksit tanpa mampu menghasilkan produk turunannya seperti alumina yang jelas memiliki harga yang jauh lebih tinggi dan mampu menyedot lapangan kerja yang lebih besar sehingga memberikan nilai tambah yang lebih besar bagi perekonomian dalam negeri serta diharapkan juga mampu memberikan kontribusi lebih besar dalam meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia.

Untuk menjawab tantangan tersebut, saat ini PT.Aneka Tambang yang merupakan badan usaha milik negara di bidang pertambangan telah merencanakan pembangunan proyek pengolahan bauksit *Chemical Grade Alumina* (CGA) yang berlokasi di salah satu pertambangan bauksit terbesar di Indonesia yaitu di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat<sup>[5]</sup>. Pabrik ini diperkirakan dapat memproduksi sekitar 300.000 ton CGA per tahun<sup>[5]</sup>.

Proyek CGA Tayan ini tentunya dibangun dengan salah satu tujuannya 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 mengeksportirnya secara mentah dan kita juga berkesempatan untuk mengolah mineral berharga lain yang ada dalam bijih bauksit yang juga

memiliki nilai ekonomi sangat tinggi seperti Besi (Fe), Silika (Si), dan Titanium (Ti).

Untuk mengembangkan proyek CGA Tayan ini, PT. Aneka Tambang bekerja sama dengan dua perusahaan Jepang, yaitu Showa Denco dan Marubeni serta konsorsium PT. Wijaya Karya, PT. Nusea dan Tsukishima Kikai sebagai kontraktor<sup>[5]</sup>. Pendanaan proyek ini dilakukan dengan dukungan dana dari kas internal PT. Aneka Tambang serta pinjaman dari *Japan Bank for International Cooperation* (JBIC)<sup>[5]</sup>.

## 1.2 Perumusan Masalah

Untuk memaksimalkan efektifitas proses produksi diperlukan penelitian yang menelaah lebih jauh kinerja proses ekstraksi Aluminium yang efektif dan ekonomis. Proses ekstraksi dilakukan dengan *Hydrometallurgy* yang dianggap lebih efisien dibanding proses peleburan dengan *Pyrometallurgy* yang membutuhkan Tanur dengan temperatur sekitar 1600°C.

Secara umum penelitian mencoba menelaah proses peningkatan kadar Aluminium dari bauksit merah dengan kadar besi tinggi dan kadar SiO<sub>2</sub> rendah yang didapat dari daerah Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, Indonesia.

Proses ekstraksi dimulai dari pengolahan bijih mineral berupa bijih bauksit hingga menghasilkan *alumina* serta pengotor berupa *slime* yang biasa disebut *red mud*. Selanjutnya, penelitian lebih dikonsentrasikan pada proses pelindian dengan *Hydrometallurgy* dan menggunakan prinsip *Bayer Process* yang menuntut kadar SiO<sub>2</sub> rendah. Dari hasil penelitian diharapkan dapat diketahui sejauh mana pengaruh tahap pelindian terhadap peningkatan kadar Aluminium dan unsur-unsur lain dalam pengotor berupa *red mud*, sehingga diketahui nilai efektivitas serta ekonomis dari proses pelindian terkait dengan unsur-unsur bawaan pada bijih bauksit yang memiliki nilai jual yang tinggi. Pada akhirnya diharapkan penelitian dapat turut memberikan kontribusi dalam pembukaan berbagai tambang baru di dalam negeri sehingga dapat memberikan manfaat lebih bagi dunia pertambangan Indonesia.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses ekstraksi bauksit yang efektif dan ekonomis.
2. Mengetahui dan membandingkan perubahan kadar Aluminium serta unsur-unsur lain yang terkandung dalam bijih bauksit, selama proses ekstraksi yang telah dilakukan di Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
3. Membandingkan kinerja konsentrasi cairan pelindi dengan menggunakan 5 variabel konsentrasi, yaitu 0,5 M, 0,75 M, 1 M, 1,25 M, dan 1,5 M.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini sebagai bentuk kontribusi dalam pengembangan dunia pertambangan dan ekstraksi mineral di Indonesia, khususnya untuk mineral bauksit. Beberapa manfaat yang diharapkan mampu diperoleh melalui penelitian ini antara lain :

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

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bijih Bauksit

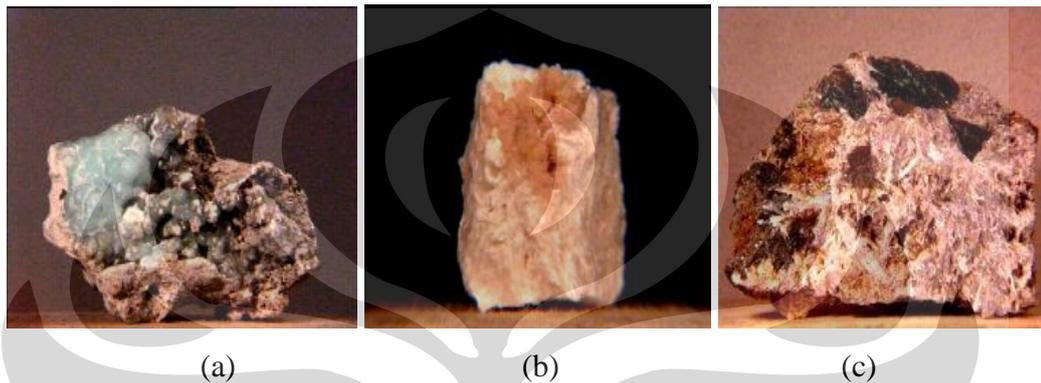
Bijih (*ore*) merupakan suatu padatan atau batuan yang mengandung berbagai jenis mineral berharga dengan jumlah tertentu [23], sedangkan definisi lainnya menyebutkan bijih adalah sekumpulan mineral yang membentuk agregat dan apabila dipisahkan maka akan terbentuk logam – logam berharga [6]. Bijih akan diproses pada pengolahan mineral memisahkan antara mineral berharga dengan mineral pengotor (*gangue*). Di alam, bijih Aluminium ditemukan sebagai bauksit. Bauksit dinamakan setelah tempat dimana pertama kali ditemukan, yaitu di sebuah desa Les Baux di selatan Perancis. Saat pertama ditemukan, bauksit bukan sebuah mineral, namun menunjukkan berbagai jenis bijih Aluminium mengandung sebagian besar Aluminium hidroksida. Bauksit dapat dibagi menjadi *gibbsite*, *diaspore*, *böehmite*, *corundum*, dan *kaolinite*. Namun, mayoritas yang ditemukan adalah *gibbsite*, *böehmite*, dan *diaspore*, masing – masing berbeda sifat fisik, seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Types of Bauksit Ores<sup>[7]</sup>

	Gibbsite (Hydrargillite)	Boehmite	Diaspore
Formula	Al(OH) <sub>3</sub>	AlOOH	AlOOH
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : H <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Solubility in 100 g/l Na <sub>2</sub> O solution at 125°C; g/l Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	128	54	insoluble
---	-----	----	-----------

Gambar 2.1 dibawah ini menunjukkan contoh penampakan langsung dari bijih bauksit yang didapat dari pertambangan



**Gambar 2.1** Jenis Bijih Bauksit (a) Gibbsite, (b) Boehmite, (c) Diaspore<sup>[8]</sup>

Bijih dengan kadar SiO<sub>2</sub> yang rendah lebih disukai untuk industri karena akan lebih mudah diproses selanjutnya, khususnya menggunakan *Bayer Process*. Secara kasat mata, dapat dibedakan bauksit menurut kadar pengotornya yang umumnya berupa besi (Fe) :

1. Bauksit merah : kadar besi tinggi dan kadar SiO<sub>2</sub> rendah
2. Bauksit putih keabu – abuan : kadar besi rendah dan kadar SiO<sub>2</sub> tinggi
3. Bauksit agak kemerah – merahan : kadar besi dan SiO<sub>2</sub> kurang lebih sama.

## 2.2 Pengolahan Mineral

Untuk memulai proses ekstraksi, yang pertama harus dilakukan adalah dengan melakukan beberapa tahap pengolahan mineral yang terdiri dari persiapan bijih, milling, dan ore dressing. Ore dressing adalah 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<sup>[6]</sup>.

Mineral bijih pada umumnya lebih halus dan terasosiasi dengan mineral gangue, sehingga berbagai mineral tersebut harus dihancurkan lalu dapat dibersihkan dari pengotornya. Oleh sebab itu, tahap pertama dari proses ore dressing adalah penggerusan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding*), yang disebut kominusi. Setelah proses kominusi, proses pengolahan mineral yang selanjutnya dilakukan adalah Pengukuran (*Sizing*) dan Konsentrasi (*Concentration*).

### 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<sup>[23]</sup>. 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<sup>[6]</sup>, 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, 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.

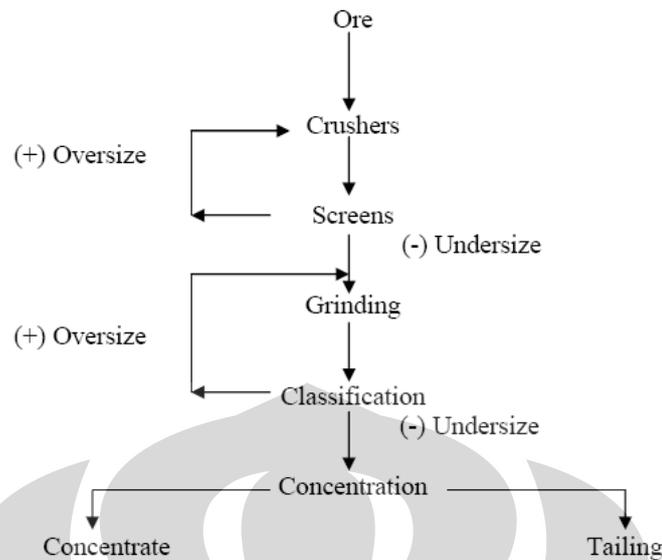
2. Penggilingan Halus (*Fine Grinding*)

*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** Pengolahan Mineral Sederhana<sup>[23]</sup>

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 *classification*. *Industrial Sizing* dilakukan pada sirkuit

tertutup dengan menggunakan crusher atau ball mill. Sementara Laboratory Screening merupakan sebuah teknik pengukuran dengan tujuan menentukan 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)*<sup>[6]</sup> 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*

	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<sup>[23]</sup>. 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<sup>[23]</sup>:

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 persentasi 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<sup>[23]</sup> :

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.

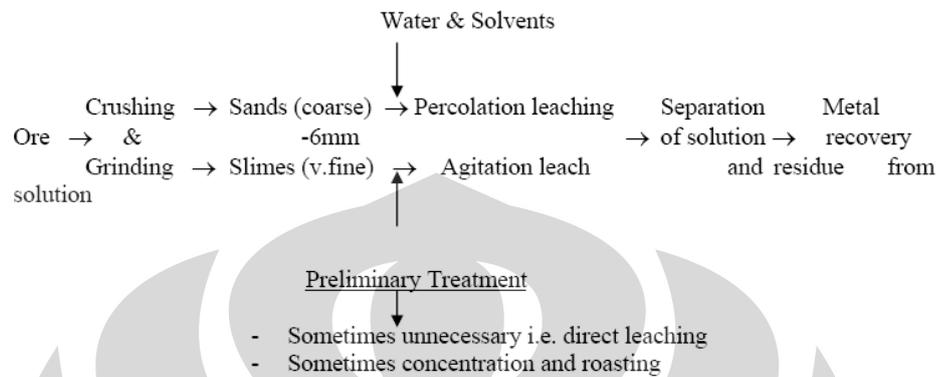
### 2.3 Ekstraksi Aluminium (*Hydrometallurgy*)

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. Selain itu, proses hidrometalurgi adalah pemisahan substansi terlarut dari padatan dibantu oleh pelarut. Pelarut dapat berupa air dan cairan lainnya. Kelebihan dan kekurangan Hidrometalurgi :

1. Kelebihan Hidrometalurgi, antara lain :
  - a. Tingkat ekstraksi tinggi dalam mengambil logam berharga
  - b. Membutuhkan bahan bakar yang sedikit
  - c. Peralatan yang dibutuhkan relative sederhana dan murah, pengeluaran yang besar terdapat pada reagent kimia. Dalam beberapa proses larutan mengalami regenerasi
  - d. Cocok bijih dengan kandungan rendah karena 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.



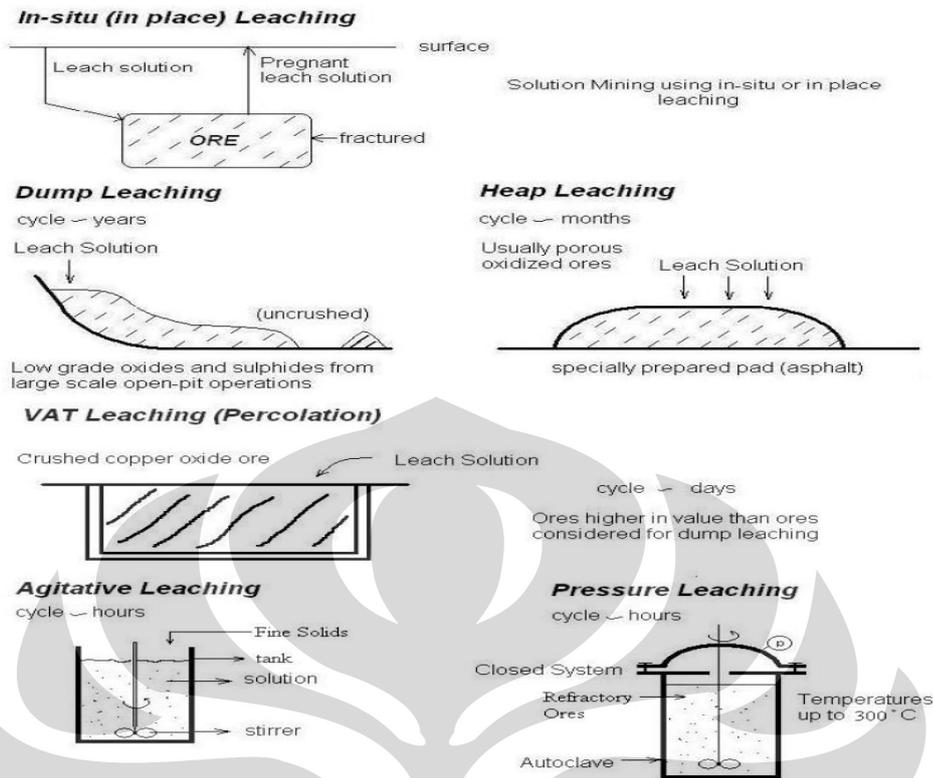
**Gambar 2.3** Skema Proses Hidrometalurgi

Larutan yang biasa digunakan pada proses leaching memiliki beberapa prasyarat, yaitu :

1. Bijih mineral harus larut cukup banyak untuk membuat ekstraksi komersial dapat dilaksanakan, dan material gangue tidak boleh ikut larut.
2. Harus murah dan bisa diterapkan dalam kuantitas besar.
3. Jika dimungkinkan, harus bisa diregenerasi.

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

1. Ditempat (*in situ*), contoh : air tambang untuk pelindihan  $\text{CuSO}_4$
2. Pelindihan menumpuk (ukuran bijih –20cm), pelindihan timbunan
3. Pelindihan halus (ukuran bijih sampai dengan 6mm) pada kolam besar atau tank
4. Pelindihan *agitative* (lumpur) dilaksanakan dengan mengagitasi padatan halus pada tanki baja (secara mekanik atau menggunakan udara)
5. Pelindihan tekanan pada *autoclave*



Gambar 2.4 Metode – Metode Pelindian (*Leaching*)<sup>[6]</sup>

Secara umum, proses ekstraksi Aluminium dibagi menjadi 2, yaitu :

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

## 2.4 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. Dari garam Al akan diperoleh  $Al(OH)_3$  yang kemudian dikalsinasi menjadi  $Al_2O_3$ . Proses ini memiliki keuntungan dan kerugian tersendiri, yaitu :

- Keuntungan : proses asam mudah digunakan untuk memisahkan silika dari alumina (tertinggal dalam residu), baik untuk bijih dengan kadar  $SiO_2$  tinggi.

- Kerugian :
  - garam – garam Ti dan Fe ikut larut bersama garam Al sehingga sulit dipisahkan karena sifat yang sama.
  - Dibutuhkan alat yang benar – benar acid proof sehingga mahal.
  - Sulit melakukan *acid recycling*.

## 2.5 Proses Alkaline

Proses Alkaline atau *alkaline process* adalah proses ekstraksi bauksit dengan cara menambah NaOH atau Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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 aluminate yang masih mengandung pengotor dan bauksit akan dipisahkan menjadi Al(OH)<sub>3</sub> dan dikalsinasi untuk memperoleh Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Keuntungan proses ini adalah oksida Ti, Fe dan Ca akan tetap tinggal sebagai residu. Sedangkan kerugiannya silica (SiO<sub>2</sub>) akan bereaksi dengan alkali sehingga sebagian alkali akan terbuang dan aluminanya akan terkotori oleh SiO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, proses alkaline lebih banyak diperuntukkan bauksit dengan kadar SiO<sub>2</sub> yang rendah. Contoh proses alkaline, yaitu : Le Chatelier dan Proses Bayer.

### 2.5.1 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), serta pada Proses Bayer ada autoclave. Tetapi keduanya memiliki persamaan yaitu keduanya dilakukan di Molten Salt Electrolysis dalam media kryolit cair.

### 2.5.2 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<sup>[11]</sup>.

Larutan Basa 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

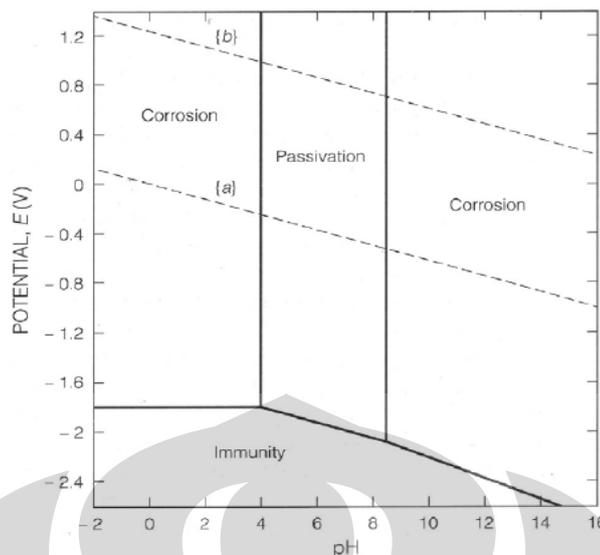
Gr = Massa dari soda api

Ar/Mr = Massa/berat molekul

M = Konsentrasi (Molar) dari larutan

V= Volume Larutan

Persamaan (1) menunjukkan persamaan untuk mencari mol dari larutan sementara persamaan (2) menunjukkan persamaan untuk mencari konsentrasi dari larutan<sup>[12]</sup>.



Gambar 2.5 Diagram Pourbaix Alumunium

Kondisi pelindian dari masing-masing jenis bauksit – gibbsite, diaspore, boehmite – umumnya berbeda-beda. Pelindian gibbsite biasanya dilakukan pada temperatur 140°C dengan konsentrasi 1 M. Sedangkan pelindian boehmite 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.

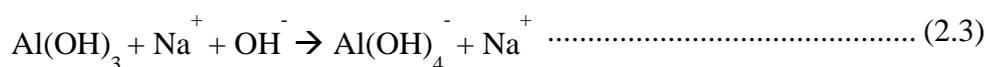
Tabel 2.3 Kondisi Pelindian Komersial dari Bijih Bauksit<sup>[14]</sup>

Bauxite type	Temperature, K	c <sub>NaOH</sub> , g/L	Final c <sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> , g/L
gibbsitic	380	260	165
	415	105–145	90–130
boehmite	470	150–250	120–160
	510	105–145	90–130
diaspore <sup>a</sup>	535	150–250	100–150

<sup>a</sup> CaO 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<sup>[11]</sup> :

Gibbsite:



Bohmite dan Diaspore:



Tekanan tidak terlalu diperhatikan pada proses ini, namun biasanya ditentukan dengan tekanan uap pada kondisi proses yang sebenarnya.

Proses pelindian bertujuan agar kita dapat melarutkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan memudahkan proses selanjutnya (karena berupa lumpur). Proses ini merupakan tahap pemurnian dimana akan dihasilkan aluminium hidroksida yang terlarut dan terpisah dari pengotor.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  murni yang sangat dibutuhkan untuk proses logam selanjutnya, dapat diperoleh dari larutan ini.

Konsentrasi dan temperature memiliki pengaruh penting dalam proses pelindian ini dimana semakin tingginya temperatur dan konsentrasi maka persentase Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang didapatkan juga akan semakin besar<sup>[14]</sup>. Setelah proses pelarutan, terdapat kurang lebih 10-30% dari massa bauksit akan tertinggal sebagai larutan slurry yang biasa disebut *Red Mud*. *Red Mud* umumnya memiliki derajat keasaman pH di sekitar 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. Komposisi yang ada di dalam *Red Mud* memiliki variasi 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*<sup>[16]</sup>

Komposisi	wt%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 - 60 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10 - 20 %
SiO <sub>2</sub>	3 - 50 %
Na <sub>2</sub> O	2 - 10 %
CaO	2 - 8 %
TiO <sub>2</sub>	trace - 25 %

*Red Mud* dapat diolah lebih lanjut untuk dipisahkan logam-logam berharga yang ada di dalamnya menggunakan prinsip pelindian tersendiri. Sementara pada pelindian bauksit yang utamanya diambil adalah sodium aluminat yang berbentuk

larutan untuk kemudian dilakukan proses presipitasi serta kalsinasi yang akan meningkatkan kadar dari Aluminium.

Sesuai dengan reaksi  $\text{Al(OH)}_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Al(OH)}_4^- + \text{Na}^+$  maka secara teoritis ketika konsentrasi NaOH dinaikkan selama proses pelindian, maka ion  $\text{OH}^-$  akan mulai berikatan dengan ion Al, sementara itu sisa ion Al yang belum berikatan dengan ion  $\text{OH}^-$  akan berikatan dengan ion Na ataupun ion Si.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

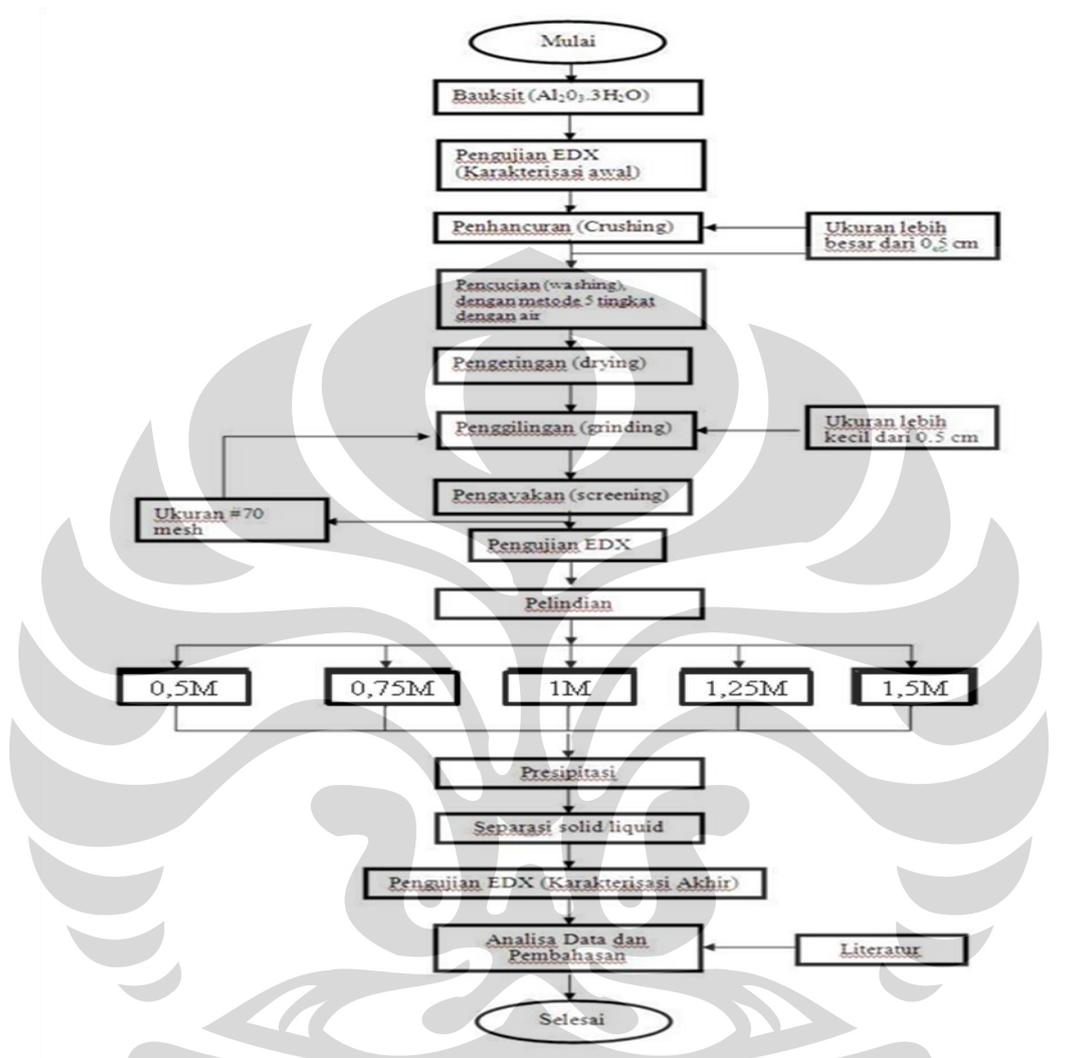
#### 3.1 Proses Penelitian

Penelitian ini menjelaskan pengaruh dari konsentrasi 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 pengotor berupa *red mud slime*. Pengambilan *red mud slime* sebagai sampel atau bahan uji digunakan 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 tinggi.

Proses penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu pengolahan mineral, pembuatan larutan pelindi, dan proses pelindian (*leaching*). Pelindian (*leaching*) yang merupakan fokus utama penelitian dilakukan dengan menggunakan *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 dari area pertambangan PT. Aneka Tambang. Semua alat yang digunakan untuk mendukung penelitian, kecuali alat pengujian, dibuat sendiri untuk meminimalkan biaya yang dikeluarkan serta melihat nilai aplikatif dan efektivitas dari proses penelitian yang nantinya dapat digunakan dalam aplikasi dunia industri secara nyata.

### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3. Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian, antara lain:

1. Alat penumbuk
2. Ember
3. Mesin Ayak

4. Pan Ayak No. Sieve #25, #45, #60, #70, #80, dan #120
5. Timbangan digital
6. pH meter digital
7. Gelas Stainless Steel
8. Dapur Naberterm
9. Kertas Saring
10. Corong
11. Beaker Glass 200 ml dan 400 ml
12. Sendok
13. Pipet
14. Kamera Digital

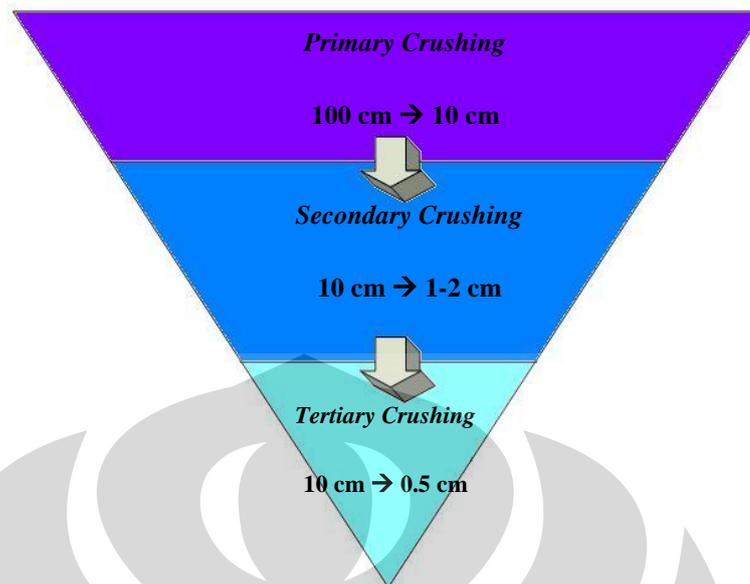
### **3.3.2. Bahan**

Bahan yang digunakan untuk penelitian, antara lain:

1. Bijih Bauksit (  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  )
2. Air
3. Aquades
4. Soda Api
5. Alkohol untuk membersihkan alat

### **3.4. Prosedur Penelitian**

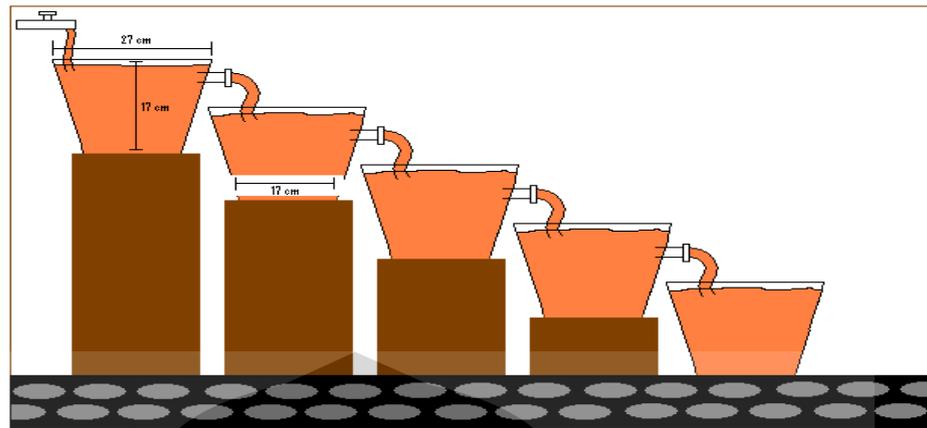
1. Pengujian EDX (Karakterisasi Awal)  
Bijih bauksit pertama kali diuji EDX terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi yang ada di dalam bijih tersebut.
2. Penghancuran (*Crushing*) Bijih Bauksit  
Persiapan material awal diawali dengan penghancuran (*crushing*) dari bijih bauksit yang akan digunakan sebagai sampel. Penghancuran dilakukan menggunakan alat penumbuk berupa palu dengan dialaskan sebuah wadah yang terbuat dari baja. Proses penghancuran terdiri dari beberapa tahapan hingga didapat material mencapai ukuran kurang dari 0.5 cm.



**Gambar 3.2** Tahapan Penggerusan

### 3. Klasifikasi

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



Gambar 3.3 Skema Klasifikasi

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.

5. Penggilingan (*Grinding*)

Setelah bijih bauksit dicuci, maka akan dilakukan proses penggilingan. Material yang akan digiling diambil dari kolam I, dengan anggapan bahwa material pada kolam I merupakan material yang mengandung Aluminium yang paling tinggi dibandingkan kolam-kolam yang lain. Penggilingan dilakukan hingga didapat serbuk-serbuk dari bauksit yang jauh lebih kecil dari 0,5 cm.

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 Pengujian EDX (Karakterisasi Menengah)

Sampel dengan ukuran #70 mesh diuji dengan EDX untuk mengetahui kemungkinan adanya perubahan komposisi dari komposisi awal setelah melalui proses-proses sebelumnya.

#### 7. Proses Pelindian (*Leaching*)

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*. Proses pelindian dilakukan menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi yang bervariasi mulai dari 0,5 M, 0,75 M, 1 M, 1,25 M, dan 1,5 M. Larutan NaOH dibuat dengan mencampurkan soda api dengan air sesuai dengan persamaan :

$$M = \frac{n}{V} \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana,

$$n = \frac{Gr}{Mr} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

M = Molar (konsentrasi NaOH)

n = mol soda api

V = Volume Aquades

Gr = Massa soda api

Mr = Berat molekul

Jika diinginkan larutan NaOH 1M sebanyak 1 liter maka nilai n yang dibutuhkan menurut persamaan diatas adalah 1. Diketahui berat molekul dari soda api adalah 140, maka soda api yang digunakan adalah 140 gram untuk membuat larutan NaOH 1M sebanyak 1 liter. Jika dimasukkan ke dalam kedua persamaan diatas maka akan didapat :

$$n = \frac{Gr}{Mr}$$

$$n = \frac{140gr}{140}$$

$$n = 1$$

Nilai n dimasukkan ke dalam persamaan berikutnya :

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

$$M = \frac{1}{1\text{ lt}}$$

$$M = 1\text{ M}$$

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.



**Gambar 3.4** Soda Api (Sodium Hidroksida) Pada Penelitian

Larutan NaOH kemudian dihitung pH nya. pH larutan yang diinginkan harus berada pada daerah korosi jika dilihat pada diagram fasa Aluminium, hal ini disebabkan karena pada daerah tersebut akan terbentuk ion-ion  $\text{Al}^{3+}$  yang ingin didapatkan agar dapat bereaksi dengan ion-ion  $\text{OH}^-$  dari larutan hingga membentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

Tahapan selanjutnya pada penelitian adalah proses pelindian, dimana larutan yang telah dibuat kemudian dimasukkan ke dalam gelas stainless steel sebanyak 200 ml. Kemudian dimasukkan serbuk bauksit mesh #70

sebanyak 20 gr untuk memenuhi perbandingan padatan : larutan sebesar 1 : 10<sup>[18]</sup>.

Gelas stainless yang digunakan merupakan tipe 18-8 (18% Chromium dan 8% Nickel). Gambar 3.5 menunjukkan gambar gelas stainless steel yang dipakai dalam penelitian sementara data teknis dari gelas yang digunakan dijelaskan pada tabel 3.1.



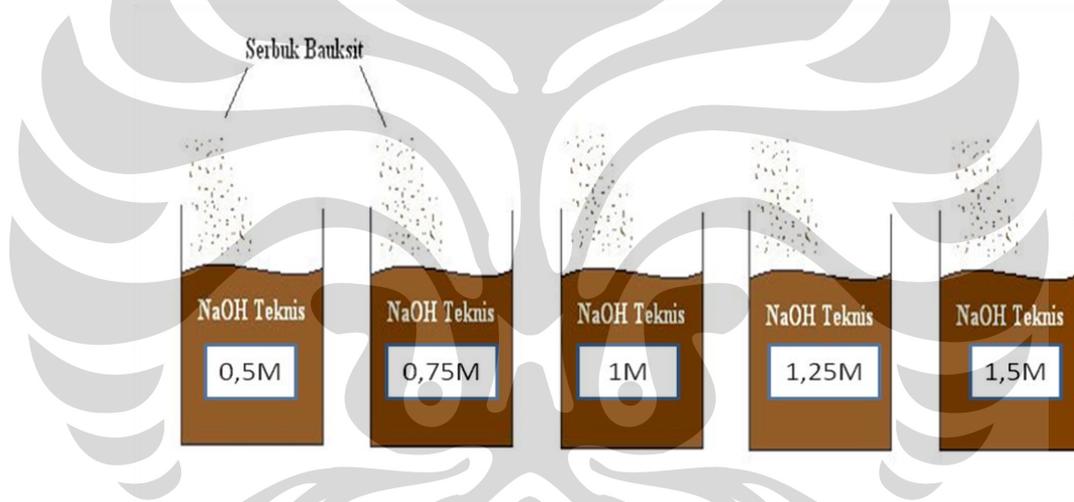
**Gambar 3.5** Gelas Stainless Steel yang Digunakan Pada Penelitian

**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> <sup>[19]</sup>	
Sifat	Nilai
Densitas	8.00 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	1400-1450 <sup>0</sup> C
Modulus Elastisitas	193 Gpa
Resistivitas Elektrik	0.072x10 <sup>-6</sup> Ω.m
Konduktivitas Termal	16.2 W/m.K pada 100 <sup>0</sup> C
Ekspansi Termal	17.2x10 <sup>-6</sup> /K pada 100 <sup>0</sup> 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 3.6 dibawah

Gelas stainless yang berisi campuran larutan dengan serbuk tersebut kemudian dimasukkan ke dalam dapur naberterm untuk kemudian dipanaskan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi 0,5 M, 0,75M, 1M, 1,25M, dan 1,5M. Skema dari proses pelindian dapat dilihat pada gambar dibawah



**Gambar 3.6** Skema Proses Pelindian

Untuk mendapatkan temperatur yang diinginkan proses leaching dilakukan di dalam dapur/oven Naberterm (Gambar 3.7).



**Gambar 3.7** Dapur Naberterm Untuk Mendapatkan Temperatur Tinggi pada Penelitian

#### 8. Pengendapan (Presipitasi)

Setelah dilakukan pemanasan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi 0,5M, 0,75M, 1M, 1,25M, dan 1,5M larutan yang berada di dalam gelas dimasukkan ke dalam beaker glass untuk dilakukan proses pengendapan. Beaker glass dидiamkan pada suhu ruang hingga terbentuk 2 lapisan pengendapan pada gelas tersebut.

#### 9. Pemisahan Padatan dengan Larutan (Separasi)

Setelah terjadi pengendapan yang menghasilkan 2 lapisan, kemudian dilakukan pemisahan antara larutan dengan padatan dalam *beaker glass*. 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.

Padatan yang ada (2 lapisan) juga dipisahkan satu sama lain. Lapisan yang merupakan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  kemudian diuji dengan EDX sebagai pengambilan data akhir.

#### 10. Pengeringan (*Drying*)

Mineral ikutan dari proses pemisahan antara paduan dengan cairan kemudian dikeringkan pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$ . Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa air yang masih ada pada mineral ikutan tersebut.

#### 11. Pengujian *Energy Disperse X-Ray Analysis* (Karakterisasi Akhir)

Pengujian EDX/EDAX merupakan tahap akhir pada proses ekstraksi bauksit ini, dimana akan diuji kembali kadar unsur-unsur berharga yang

ada di dalam mineral ikutan dan melihat pengaruh temperatur pelindian terhadap perubahan kadar tersebut.

### 3.5 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.

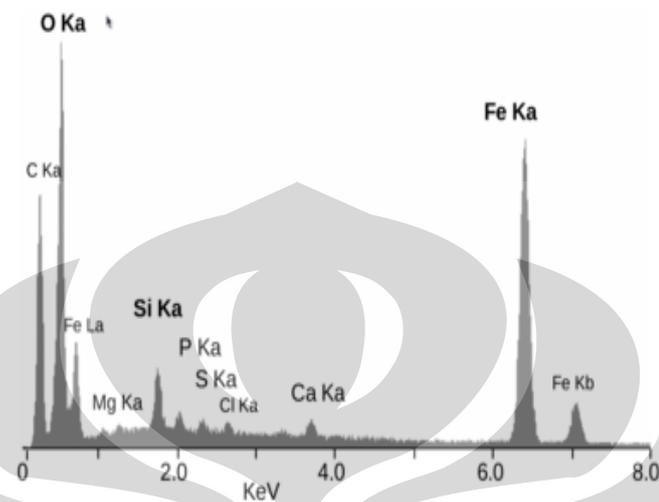
Selama analisa EDAX, spesimen ditembakkan menggunakan sinar electron yang ada pada SEM. Elektron yang ditembakkan tersebut akan menumbuk elektron dari atom-atom spesimen. Elektron pada lingkaran dalam akan tereksitasi menuju lingkaran yang lebih luar dan menciptakan lubang elektron (*electron hole*).

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 energy yang sangat tinggi dari lingkaran luar. Untuk dapat melakukannya elektron pada lingkaran luar yang berpindah harus memberikan sebagian dari energinya dengan memancarkan sinar  $X^{[20]}$ .

Jumlah energi yang dilepaskan oleh elektron yang berpindah bergantung pada berasal dari kulit/lingkar beberapa electron 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 penembakkan electron kita dapat mengetahui identitas dari atom yang memancarkan sinar  $X^{[20]}$ .

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 3.8.



**Gambar 3.8** Spektrum Hasil Pengujian EDAX<sup>[20]</sup>

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<sup>[20]</sup>.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, proses pelindian dilakukan dengan prinsip *Bayer Process*. Dengan memperkirakan bahwa setiap unsur akan menyusun ikatan yang berbeda apabila direaksikan dengan larutan basa, maka pada proses pelindian akan terjadi pemisahan antara unsur logam utama dengan pengotor secara kimia. Unsur logam utama akan terpisah dalam bentuk larutan sedangkan pengotor akan berbentuk padatan (lumpur) dimana pada pengotor tersebut kadar unsur logam utama akan menurun sementara unsur logam-logam berharga yang lain akan mengalami peningkatan kadar. Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian yang telah dilakukan sehingga selanjutnya dapat diambil kesimpulan serta pemberian saran terhadap hasil penelitian yang telah didapat.

#### **4.1 Observasi dan Analisa Data Karakterisasi Awal Bijih Bauksit Kabupaten Tayan**

Sampel bauksit yang digunakan dalam penelitian adalah sampel dari pertambangan bauksit di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Lokasi pertambangan ini adalah pertambangan bauksit yang dimiliki oleh PT. Aneka Tambang.

Observasi dilakukan secara visual dan kemudian analisa dilakukan berdasarkan data karakterisasi pengujian *energy disperse x-ray analysis* (EDAX). Melalui observasi secara visual diketahui bahwa :

1. Bijih Bauksit dari Tayan, Kabupaten Sanggau berwarna agak kemerahan. Hal tersebut dapat terlihat pada Gambar 4.1.
2. Bila dibandingkan dengan literature, menurut kadar pengotornya, maka kadar besi dan silikat dalam bauksit yang digunakan didalam penelitian ini memiliki kadar yang rendah.
3. Bila dibandingkan dengan literatur (gambar 2.1), menurut jenis bijih bauksit, maka bauksit tersebut merupakan jenis böhmite ( $Al(OH)_3$ ).



**Gambar 4.1** (a) Biji Bauksit Sampel Penelitian dan (b) Bohmite <sup>[8]</sup>

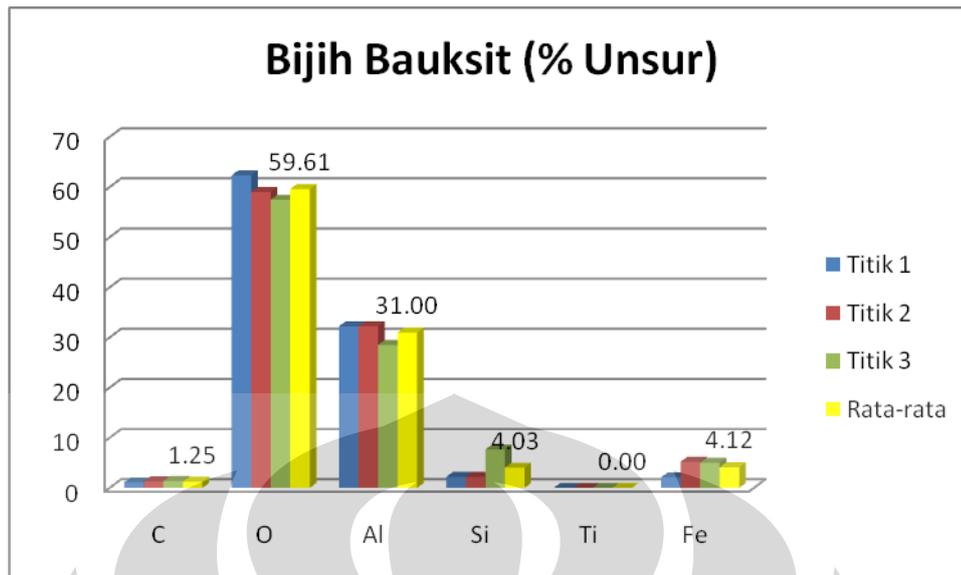
Untuk mengetahui spesifikasi dan tingkatan kadar dalam sampel secara lebih mendalam, maka selanjutnya dilakukan karakterisasi awal pada biji bauksit dengan menggunakan metode pengujian *energy disperse x-ray analysis*. Hasil pengujian ini dapat memberikan informasi mengenai persentase kadar dari masing-masing unsur yang terkandung dalam biji 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* sedangkan bauksit dengan kadar yang lebih tinggi (sekitar 6% - 14%) lebih cocok diproses menggunakan metode *Le Chatelier*.

Agar didapatkan hasil yang lebih obyektif dan jelas, maka pengujian EDAX dilakukan pada tiga area yang berbeda, hasilnya dapat terlihat pada tabel 4.1 serta grafik gambar 4.2.

**Tabel 4.1** Data Pengujian EDAX Biji Bauksit Tayan

	C	O	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)					
Titik 1	1.09	62.35	32.23	2.21	0	2.11
Titik 2	1.3	59.02	32.26	2.21	0	5.22
Titik 3	1.36	57.47	28.5	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 hasil pengujian EDAX pada bijih bauksit Tayan yang digunakan sebagai sampel adalah :

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 sebesar 31 %, kemudian unsur logam Fe sebesar 4,12 %, unsur logam Si sebesar 4,03 %, dan unsur logam Ti 0 %.
2. Hasil pengujian EDAX menunjukkan jumlah unsur logam Si dan Fe yang sama-sama rendah, hal ini sesuai dengan warna kemerahan yang terlihat dalam pengamatan visual serta literatur yang menyatakan bahwa bauksit berwarna kemerahan memiliki kadar Si dan Fe yang rendah.
3. Pada pengujian awal ini unsur logam Ti tidak terdeteksi sedangkan pada pengujian selanjutnya ditemukan adanya unsur logam Ti, hal ini disebabkan :
  - a. Memang tidak terdapat unsur logam Ti, namun pada penelitian berikutnya akan muncul kandungan unsur logam Ti sehingga kemungkinan ini menjadi gugur.

b. Terdapat unsur logam Ti namun konsentrasi pembagi yang besar menyebabkan kadarnya dibaca sangat kecil oleh EDAX dan dianggap tidak terdeteksi.

Hasil yang didapat dari pengujian EDAX pada karakterisasi awal ini penting sebab digunakan 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 Proses*.

#### **4.2 Analisa Hasil Proses Pelindian**

Proses pelindian dengan pemanasan 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. Dan gambar 4.3 dibawah menunjukkan bahwa pada saat penelitian, larutan NaOH yang digunakan berada pada kisaran PH 13 yang masuk ke dalam daerah korosif pada diagram pourbaix.

Untuk keluaran dari proses pelindian, sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya proses pelindian dengan pemanasan akan menghasilkan larutan sodium aluminat yang mengandung logam utama (Al) dan juga pengotor yang berbentuk padatan atau lumpur. Hasil pelindian sebelumnya dilakukan proses pengendapan terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk memudahkan pemisahan antara larutan dengan lumpur yang akan mengendap. Sampel pengotor yang diuji pada penelitian ini ditunjukkan sebagai sampel-x pada gambar 4.3.



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



**Gambar 4.4** Sampel-X Sebagai Pengotor Pada Proses Pelindian

#### **4.2.1 Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Pengotor 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* (EDAX) 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 warna kemerahan yang merupakan karakteristik dari *Red Mud*.
2. Setelah dikeringkan hasilnya merupakan partikel-partikel yang halus (*fine grain*), ciri-ciri ini juga dimiliki oleh *Red Mud*.

3. Apabila dikeringkan kemudian dibandingkan dengan gambar yang didapat dari literatur maka sampel X dapat dikategorikan sebagai *Red Mud* yang mengandung sebagian logam utama dari bijih bauksit serta beberapa logam lainnya. Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan antara sampel X dengan *Red Mud* yang digunakan sebagai pembanding dari literatur<sup>[18]</sup>.



(a)



(b)

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

Selanjutnya pada sampel X dilakukan pengujian EDAX yang dimana hasilnya akan menunjukkan komposisi yang berbeda-beda untuk setiap konsentrasi proses yang berbeda pula, hasil pengujian EDAX tersebut ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

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

<b>Konsentrasi 0,5 M</b>					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)				
Area 1	10.9	17.31	5.57	2.54	22.1
Area 2	9.36	18.44	4.58	1.93	21
Area 3	9.74	18.6	5.74	1.78	23.89
Rata-rata	10.00	18.12	5.30	2.08	22.42
<b>Konsentrasi 0,75 M</b>					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)				
Area 1	4.21	17.34	4.89	1.98	30.5
Area 2	4.16	17.15	5.23	2.82	27.86
Area 3	5.18	16.81	4.46	2.37	28.35
Rata-rata	4.52	17.10	4.86	2.39	28.90
<b>Konsentrasi 1 M</b>					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)				
Area 1	17.41	11.14	4.44	4.27	27.33
Area 2	18.81	11.05	4.82	1.94	26.44
Area 3	18.44	10.75	4.86	2.47	19.63
Rata-rata	18.22	10.98	4.71	2.89	24.47
<b>Konsentrasi 1,25 M</b>					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)				
Area 1	11.51	17.63	4.35	2.03	21.24
Area 2	14.09	11.98	4.84	2.4	28.76
Area 3	12.12	10.12	4.17	5.2	38.3
Rata-rata	12.57	13.24	4.45	3.21	29.43
<b>Konsentrasi 1,5 M</b>					
	Na	Al	Si	Ti	Fe
	Element (%)				
Area 1	15.4	10.81	4.55	2.22	28.41
Area 2	16.2	13.26	5.26	1.97	18.51
Area 3	22.55	12.08	5.5	2.05	20.05
Rata-rata	18.05	12.05	5.10	2.08	22.32

Hasil EDAX diatas menunjukkan bahwa pengotor pada proses penelitian mengandung unsur-unsur Na, Al, Si, Ti, dan Fe. Bila dibandingkan dengan tabel komposisi dari *Red Mud* menurut literatur ( Tabel 2.4 ) maka terdapat kesamaan

pada unsur yang terkandung didalamnya. Persentase Na pada penelitian adalah sekitar 4,52 % – 18,22 %, persentase Al adalah sekitar 10,98 % – 18,12 %, persentase Si adalah sekitar 4,45 % – 5,30 %, persentase Ti adalah sekitar 2,08 % – 3,21 %, dan persentase besi (Fe) adalah sekitar 22,32 % – 29,43 %. Informasi ini sangat penting untuk menentukan bahwa ternyata pengotor (sampel X) merupakan *Red Mud*.

#### 4.2.2 Analisa Perubahan Kadar Logam Al, Si, Ti, dan Fe Pada Pengotor Setelah Dilakukan Proses Pelindian

Selanjutnya akan diamati tren perubahan kadar unsur Al, Si, Ti, dan Fe dilihat mulai dari bauksit awal, sampel *input* dari pelindian, hingga mineral ikutan setelah pelindian mulai dari konsentrasi 0,5 M sampai konsentrasi 1,5 M.

Hasil proses pengolahan mineral 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 digabungkan ke dalam Tabel yang memuat hasil pelindian pada konsentrasi 0,5 M - 1,5 M. Selanjutnya dibuat grafik yang menggambarkan tren perubahan kadar dari unsur logam Al, Si, Ti, dan Fe secara lebih jelas. Tabel di bawah ini menunjukkan data EDAX masing-masing unsur yang dilihat mulai dari bauksit awal, sampel ukuran 70 mesh, hingga mineral ikutan hasil proses pelindian pada konsentrasi 0,5 M - 1,5 M.

**Tabel 4.3** Tren Unsur Logam Al

Aluminium							
	Bauksit Awal	Mesh 70	Konsentrasi 0,5 M	Konsentrasi 0,75 M	Konsentrasi 1 M	Konsentrasi 1,25 M	Konsentrasi 1,5 M
	Element (%)	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	32.23	25.17	17.31	17.34	11.14	17.63	10.81
Area 2	32.26	21.11	18.44	17,15	11.05	11.98	13.26
Area 3	28.5	27.14	18.60	16.81	10.75	10.12	12.08
Rata-rata	31.00	24.47	18.12	17.08	10.98	13.24	12.05

**Tabel 4.4** Tren Unsur Logam Si

Silika							
	Bauksit Awal	Mesh 70	Konsentrasi 0,5 M	Konsentrasi 0,75 M	Konsentrasi 1 M	Konsentrasi 1,25 M	Konsentrasi 1,5 M
	Element (%)	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	2.21	6.96	5.57	4.89	4.44	4.35	4.55
Area 2	2.21	7.88	4.58	5.23	4.82	4.84	5.26
Area 3	7.66	6.71	5.74	4.46	4.86	4.17	5.5
Rata-rata	4.03	7.18	5.30	4.86	4.71	4.45	5.10

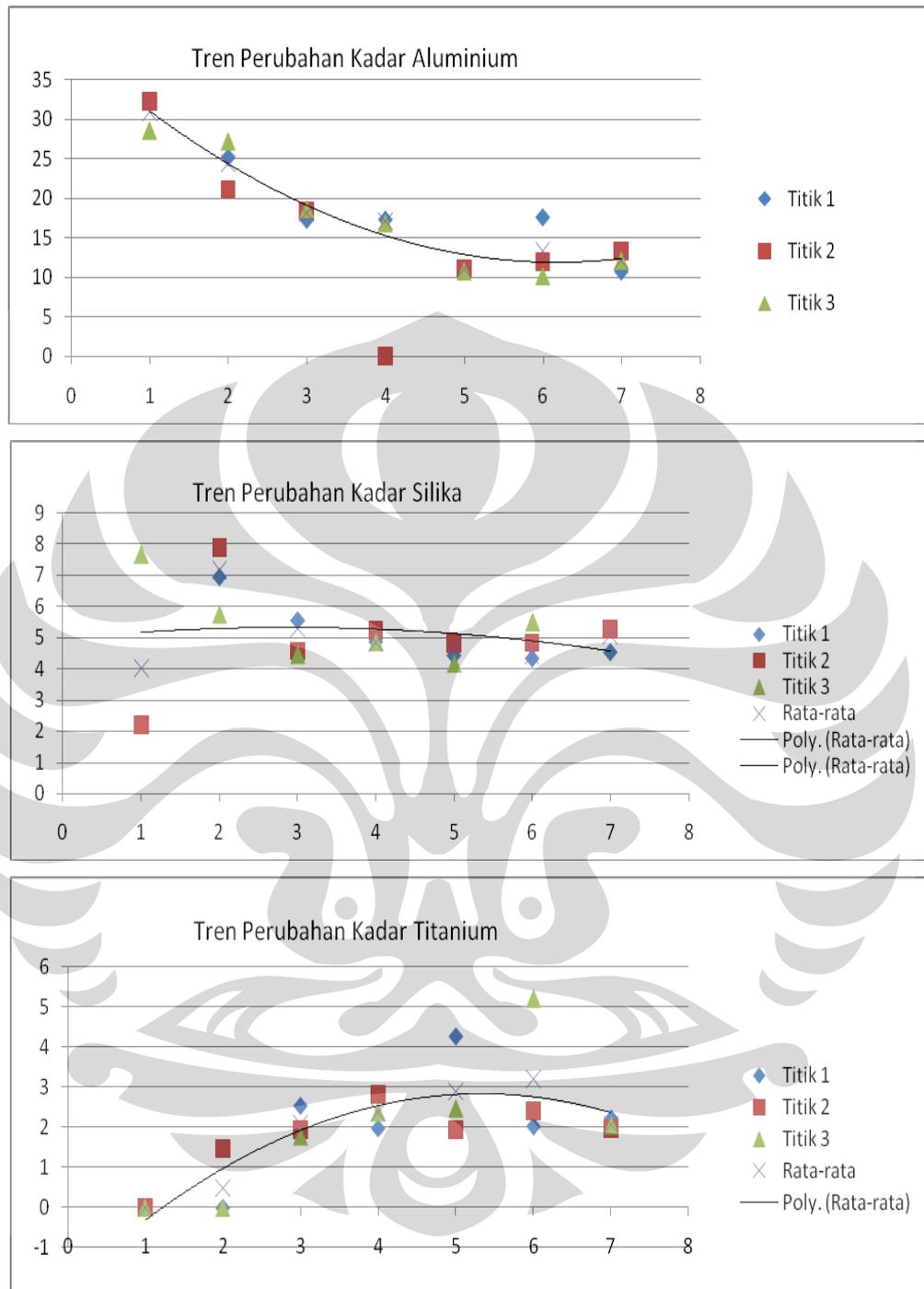
**Tabel 4.5** Tren Unsur Logam Ti

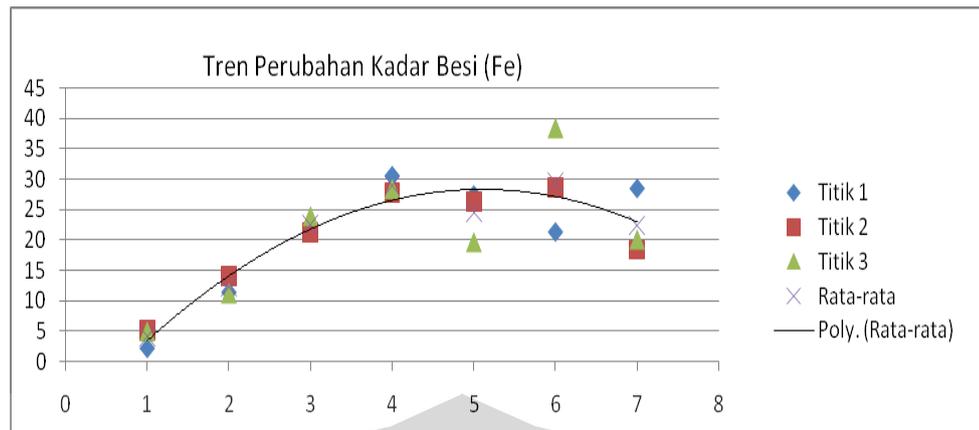
Titanium							
	Bauksit Awal	Mesh 70	Konsentrasi 0,5 M	Konsentrasi 0,75 M	Konsentrasi 1 M	Konsentrasi 1,25 M	Konsentrasi 1,5 M
	Element (%)	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Area 1	0	0	2.54	1.98	4.27	2.03	2.22
Area 2	0	1.47	1.93	2.82	1.94	2.4	1.97
Area 3	0	0	1.78	2.37	2.47	5.2	2.05
Rata-rata	0.00	0.49	2.08	2.39	2.89	3.21	2.08

**Tabel 4.6** Tren Unsur Logam Fe

Besi (Fe)							
	Bauksit Awal	Mesh 70	Konsentrasi 0,5 M	Konsentrasi 0,75 M	Konsentrasi 1 M	Konsentrasi 1,25 M	Konsentrasi 1,5 M
	Element (%)	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)
Titik 1	2.11	11.33	22.1	30.5	27.33	21.24	28.41
Titik 2	5.22	14.09	21	27.86	26.44	28.76	18.51
Titik 3	5.02	11.23	23.89	28.35	19.63	38.3	20.05
Rata-rata	4.12	12.22	22.42	28.90	24.47	29.43	22.32

Agar lebih jelas, diilustrasikan pada gambar grafik di bawah ini :





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

Analisa hasil EDAX pada unsur Al, Si, Ti, dan Fe pada gambar di atas bila dibandingkan dengan karakterisasi bauksit Tayan, memperlihatkan bahwa:

1. Kadar unsur logam Al mengalami tren penurunan dari 31% pada bauksit awal, 24,47% pada sampel 70 mesh, 18,12% pada sampel di konsentrasi 0,5 M, hingga menjadi 12,05 % pada konsentrasi 1,5 M.
2. Kadar unsur logam Si berada pada tren yang cenderung stabil. Kadar unsur logam Si pada bauksit awal adalah 4,03%, 7,18% pada sampel 70 mesh, hingga 5,30% pada konsentrasi 0,5 M, serta 5,10% pada konsentrasi 1,5 M.
3. Kadar unsur Ti semakin meningkat dari tidak terdeteksi pada bauksit awal, 0,49% pada sampel 70 mesh, 2,08% pada konsentrasi 0,5 M, serta 2,08% pada konsentrasi 1,5 M.
4. Kadar unsur Fe semakin meningkat dari 4,12% pada bauksit awal, 12,22% pada sampel 70 mesh, 22,42% pada konsentrasi 0,5 M, dan 22,32% pada konsentrasi 1,5 M.

#### **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. Namun, 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 akibat hadirnya Ti dan meningkatnya kadar unsur yang lain. Selain itu hal ini juga berarti bahwa kadar Al di sodium aluminat meningkat.

Selanjutnya terlihat hasil proses pelindian dimana logam Al kembali mengalami penurunan kadar dari 24,47% pada sampel 70 mesh hingga menjadi 12,56% pada konsentrasi 1,5 M. Penurunan kadar pada mineral ikutan ini menunjukkan bahwa jumlah unsur Al yang ada pada larutan sodium aluminat justru mengalami kenaikan, hal ini sesuai dengan persamaan reaksi<sup>[11]</sup>



Reaksi diatas menunjukkan bahwa sebagian besar Al terlarut dan bereaksi dengan hidroksida (OH<sup>-</sup>) dari larutan NaOH, sedangkan Al yang tersisa akan berikatan dengan Na dan mengendap dalam bentuk mineral ikutan. Terlihat juga bahwa bila konsentrasi NaOH dinaikkan maka jumlah ion-ion Al yang bereaksi dengan hidroksida akan semakin banyak, sebaliknya pada mineral ikutan jumlah Al semakin sedikit karena Al yang tersisa juga semakin sedikit. Al yang tersisa ini akan bereaksi bersama unsur lain (Na) dengan bantuan oksigen.

Unsur Si setelah proses pelindian mengalami sedikit penurunan kadar, dimana semula terdapat 7,18% pada sampel 70 mesh menjadi 5,30% pada konsentrasi 0,5 M. Kemudian menjadi sebesar 5,10% pada konsentrasi 1,5 M. Secara garis besar unsur Si berada pada tren stabil. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah Si tidak mengalami reaksi saat proses pelindian. Hal ini dimungkinkan karena Al telah bereaksi dengan Na dan hidroksida.

Unsur logam Ti mengalami peningkatan kadar setelah proses pelindian. Pada sampel 70 mesh ditemukan kadar unsur logam Si sebesar 0,49% kemudian

meningkat menjadi sebesar 2,08% pada konsentrasi 1,5 M. Hal yang sama terjadi pada unsur logam Fe, unsur logam Fe mengalami peningkatan kadar dari sebesar 12,22% pada sampel 70 mesh hingga menjadi 22,32% pada konsentrasi 1,5 M. Jika dilihat melalui Gambar 4.5 di bagian 4.2.2, Ti dan Fe sama-sama mengalami kenaikan kadar yang stabil serta memiliki bentuk grafik yang cukup identik. Dari hal ini dapat menunjukkan bahwa Ti dan Fe berikatan satu sama lain, sehingga apabila kadar unsur logam yang satu meningkat maka unsur yang lain juga akan meningkat kadarnya.

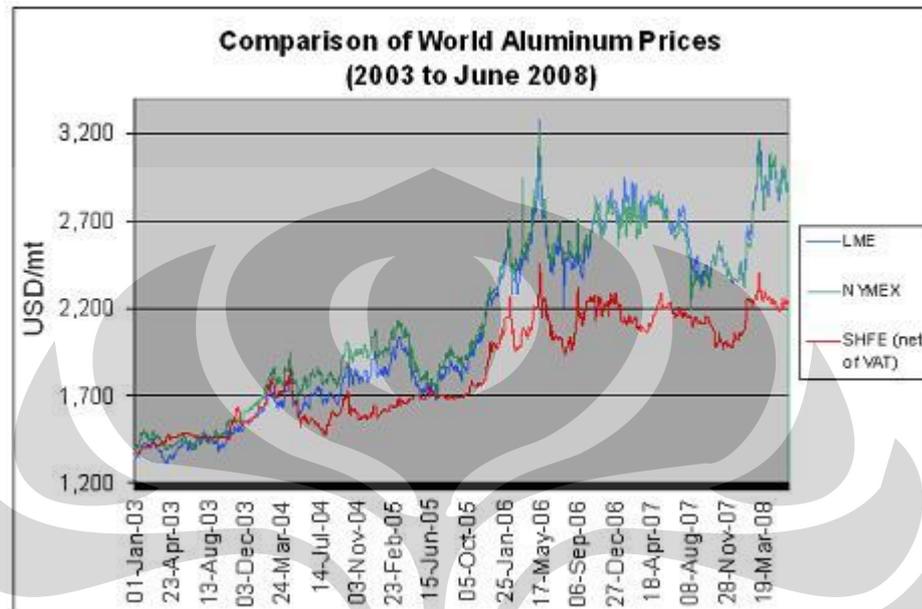
Peningkatan kadar pada unsur logam Ti memberikan keuntungan lebih dari sisi ekonomi. Hal ini disebabkan harga pasar Ti yang cukup tinggi di pasar internasional. Hal ini dapat terlihat dari harga pasar Titanium ingot di bawah ini. Seiring dengan perekonomian dunia yang telah pulih dari krisis ekonomi, permintaan Ti meningkat, dan berdampak pada ikut meningkatnya harga Ti di pasaran.



**Gambar 4.7** Harga Pasar Titanium Ingot di Indeks *Dow Jones*, Amerika Serikat<sup>[22]</sup>

Oleh karena itu, bila didapatkan peningkatan kadar unsur logam Ti yang cukup besar, maka proses ini tentu saja berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut sebagai proses untuk mendapatkan logam Ti dengan kadar yang lebih tinggi, dan apabila diolah lebih lanjut hingga mencapai kadar yang makin tinggi, tentu akan berdampak positif terhadap meningkatnya harga jual produk yang telah dihasilkan sehingga mampu meningkatkan hasil penjualan serta keuntungan. Hal ini tentu saja sangat positif karena bisa menambah diversifikasi bisnis perusahaan

disamping bisnis Alumina yang juga terus menunjukkan tren positif, seperti terlihat dari harga Aluminium dunia yang juga terus merangkak naik seiring naiknya permintaan seperti terlihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



**Gambar 4.8** Harga Pasar Aluminium Dunia Periode 2003-2008<sup>[25]</sup>

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Hasil analisa pengaruh konsentrasi pelindian pada peningkatan kadar unsur-unsur berharga pada *Red Mud* dari hasil ekstraksi bauksit yang didapat dari Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat, didapat kesimpulan bahwa :

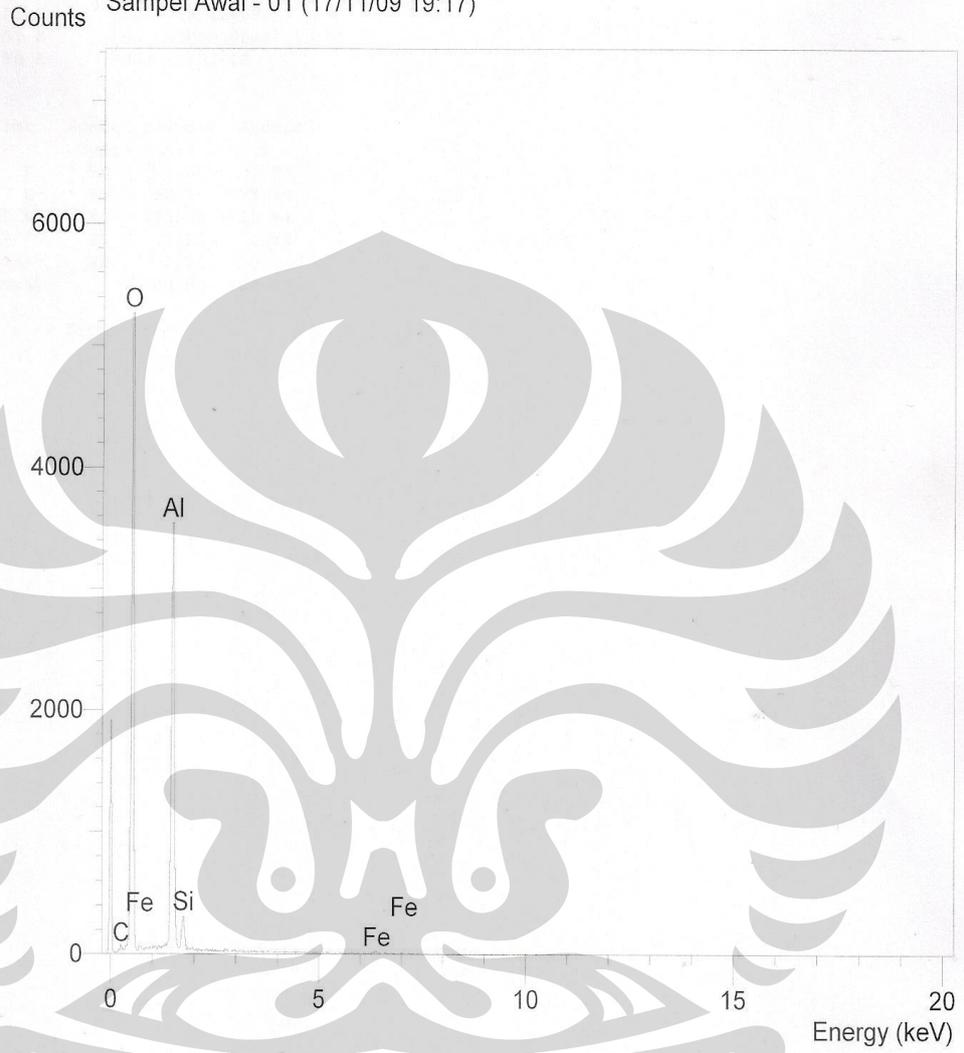
1. Pengotor yang diperoleh pada proses pelindian melalui *Bayer Process* merupakan *Red Mud*
2. Unsur logam Al pada pengotor mengalami penurunan kadar dari bauksit awal yaitu sebesar 31% turun menjadi 12,05% pada pengotor di konsentrasi pelindian tertinggi sebesar 1,5 Molar.
3. Unsur logam Si pada pengotor berada pada tren stabil meskipun mengalami sedikit kenaikan, dimana pada bauksit awal adalah sebesar 4,03% sedangkan pada konsentrasi pelindian 1,5 M menjadi 5,1%.
4. Peningkatan kadar juga terjadi pada logam Titanium, dari tidak terdeteksi pada bauksit awal hingga menjadi sebesar 2,08% pada pengotor di konsentrasi pelindian tertinggi sebesar 1,5 Molar.
5. Unsur logam Fe (besi) pada pengotor mengalami kenaikan kadar dimana pada bauksit awal ditemukan kadar Fe sebesar 4,12% sedangkan pada konsentrasi pelindian 1,5 M diperoleh kadar sebesar 22,32%.
6. Aplikasi proses pelindian dengan prinsip *Bayer Process* ternyata mampu memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi apabila *Red Mud* ikut diolah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Supply, Demand and The Global Aluminium Outlook  
<http://www.keronite.com/marketintelligence.htm>
2. Global outlook on Aluminium  
<http://www.abare.gov.au/publications/data.htm>
3. World Aluminium Consumption  
<http://www.commoditywatch.in/index.htm>
4. Lagaligo, Abraham. *Indonesia Eksportir Utama Bauksit di Asia*. 4 Juni 2010.  
<[http://www.majalahtambang.com/detail\\_berita.php?category=18&newsnr=2649](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. Red Mud Project. *Red Mud Characteristics*. 20 Juni 2010  
< <http://www.redmud.org/Characteristics.html> >
17. 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](http://www.csiro.au/news/newsletters/0611_metals/story5.htm) >
18. 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.
19. 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>>
20. EDX Analysis Guidelines. *EDX Analysis and WDX Analysis*. 4 Juni 2010  
< <http://www.siliconfareast.com/edxwdx.htm> >
21. Wiley, John & Sons. 2007 . *Kirk-Othmer : Encyclopedia Of Chemical Technology Fifth Edition*. Wiley-Interscience: New Jersey.
22. World Aluminium Outlook  
<<http://www.marketprice.com/freesite/metals/ti.htm>>
23. Wills, B.A. 2006. *Mineral Processing Technology : An Introduction To The Practical Aspects Of Ore Treatment And Mineral Recovery*. Elsevier: The University Of Queensland.
24. Experiments With Magnets and Conductors. *Density Of Materials*. 30 May 2010.  
<<http://www.coolmagnetman.com/magconda.htm>>
25. Demand on Global Aluminium Rise because Asian Consumption  
<[www.cbsa-asfc.gc.ca/sima-lmsi/i-e/ad1379/eng.htm](http://www.cbsa-asfc.gc.ca/sima-lmsi/i-e/ad1379/eng.htm)>

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.

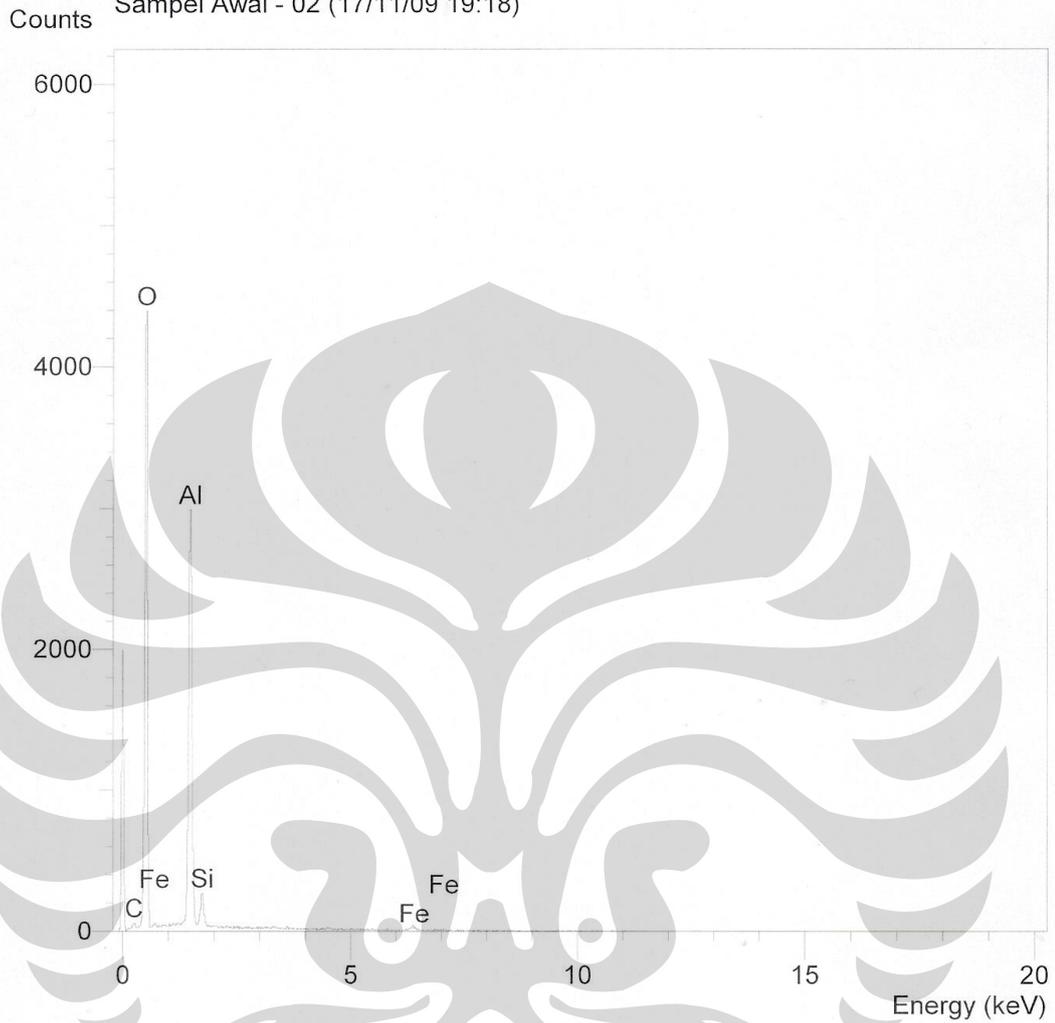
Standards :

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.

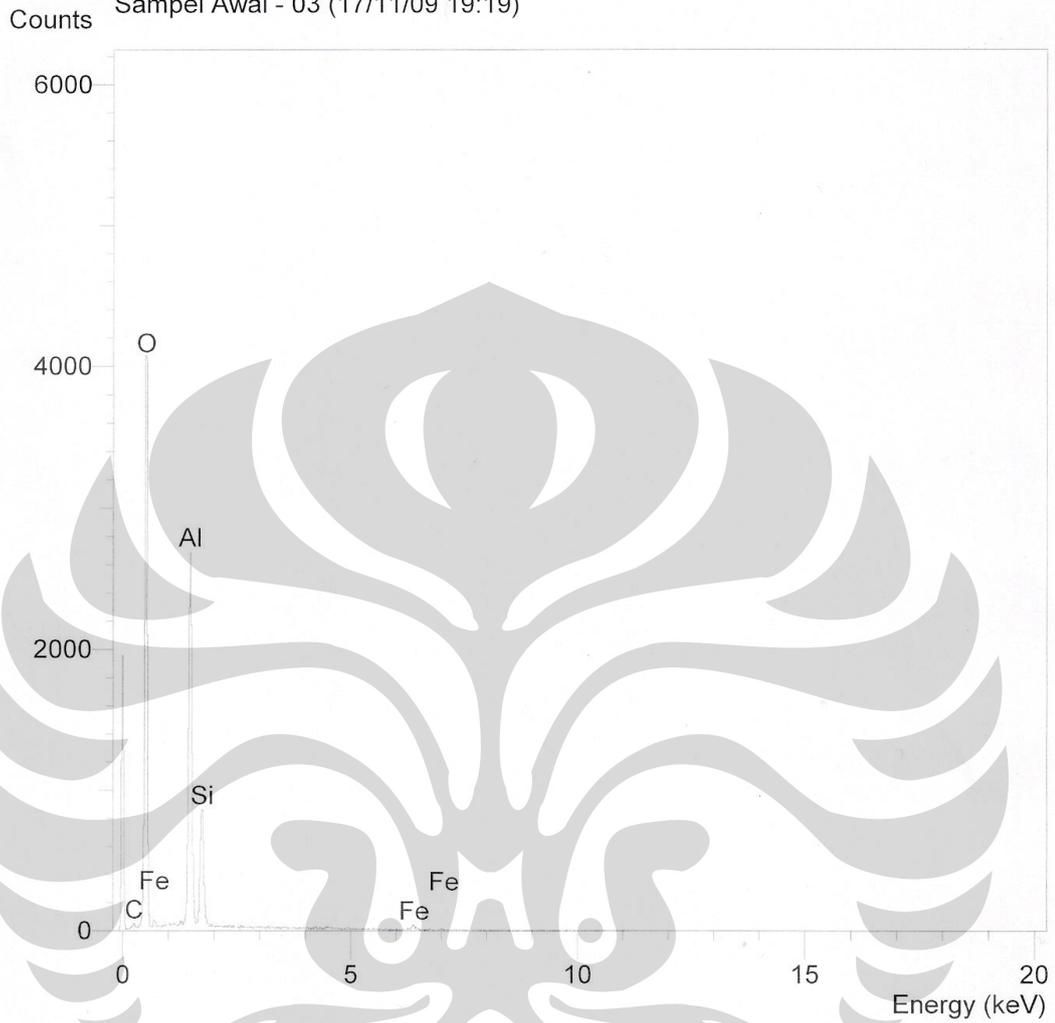
Standards :

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

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

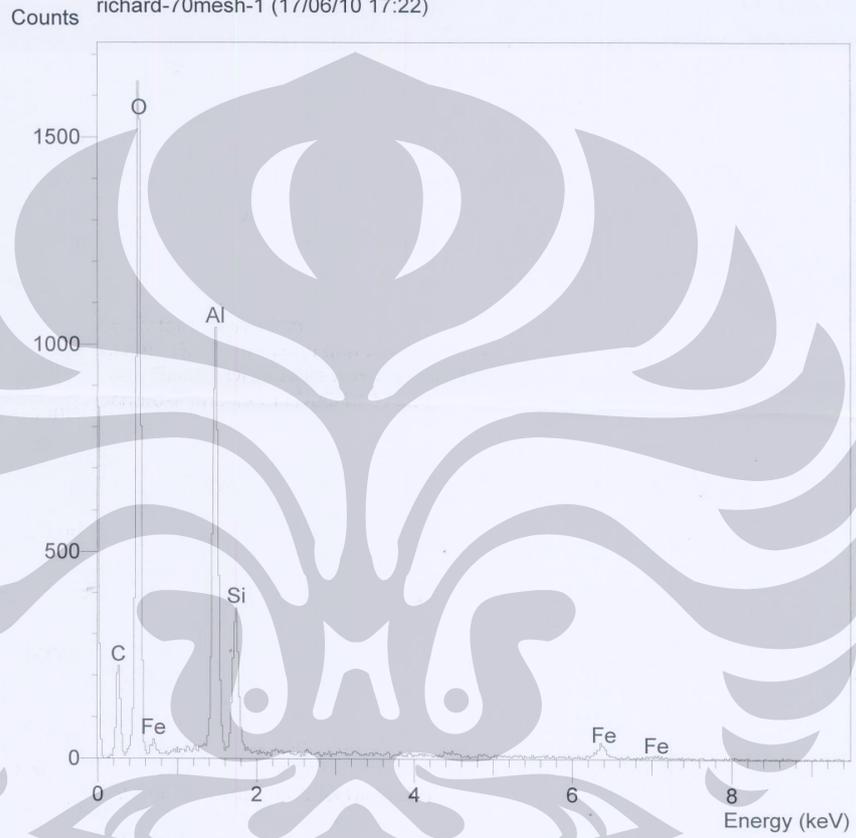
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K 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	3.12	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-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

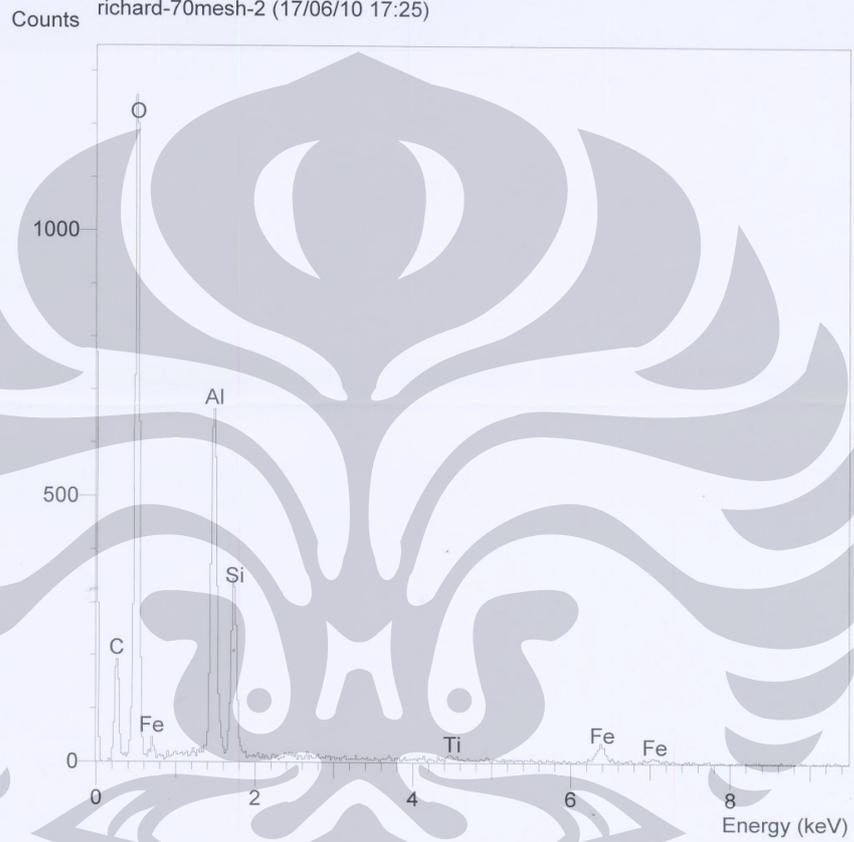
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K 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	3.12	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	AL203	17/11/09
Al K	AL203	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)

