



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PENGARUH UKURAN PARTIKEL TERHADAP PERUBAHAN  
KADAR UNSUR PENYUSUN BIJIH BAUKSIT**

**SKRIPSI**

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

**FAHMI IRFAN**

**0606074810**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**

**Juni 2010**

**i**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Fahmi Irfan**

**NPM : 0606074810**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 09 Juli 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Fahmi Irfan  
NPM : 0606074810  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap  
Perubahan Kadar Unsur Penyusun Bijih 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. Johnny Wahyu S. M. DEA ( )  
Penguji : Ir. Deni Ferdian, M.Sc ( )  
Penguji : Ir. Aji Kawigraha, MT ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 09 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 Ukuran Partikel Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun Bijih 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. Johnny Wahyuadi S. M.DEA, selaku pembimbing tugas akhir dan akademis yang telah meluangkan kesempatan untuk memberikan konsultasi dan saran-saran, serta motivasi;
2. Dr. Ir. A. Herman Yuwono, koordinator tugas akhir yang telah menyediakan waktu ditengah kesibukan beliau;
3. Ayah, Ibu dan saudara-saudaraku yang telah sangat membantu dan memberikan dorongan moril dan materiil;
4. Bapak Mamat yang membantu oprasional penelitian, terimakasih akan waktu yang telah diberikan
5. Ahmad Zakiyudin selaku operator SEM yang telah banyak membantu dalam penelitian dan pengambilan data
6. Para asisten Lab. Metalografi dan Lab. Pasir yang telah memberikan tempat, motivasi dan waktunya dalam penelitian ini;
7. Rekan-rekan penelitian Elisabet Wening, Richard J. Edward dan Satrio Dipokusumo
8. Rekan Tim Penelitian Inhibitor Beras ketan : Marcel, Remon, Rickson, Bintang Haruman

9. Seseorang yang menjadi Inspirasi dan memberikan semangat untuk lulus semester ini, terima kasih atas dukungannya, sungguh tak ternilai dukunganmu.
10. Teman-teman Metal 2006, yang juga tengah berjuang dengan penelitian dan tugas akhir mereka;
11. Pihak-pihak 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 : Fahmi Irfan  
NPM : 0606074810  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demikian demi 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 Ukuran Partikel terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun  
Bijih 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 : 09 Juli 2010

Yang menyatakan

(Fahmi Irfan)

## ABSTRAK

Nama : Fahmi Irfan

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul : Analisa Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Perubahan Kadar Unsur Penyusun Bijih Bauksit

Pada penelitian ini, diperoleh bijih bauksit dari Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat yang berupa bongkahan padat dan belum mendapat perlakuan apapun. Fokus penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perubahan ukuran partikel terhadap kandungan dari unsur-unsur penyusun mayoritas pada bijih bauksit itu sendiri, serta untuk mengetahui ukuran optimum yang mengandung mineral utama yang banyak dan mineral ikutannya sedikit (liberasi), dengan melakukan klasifikasi ukuran partikel yang didapat dari pengayakan yaitu mesh 70-80# , 120-150 #, 170-200#, 200-250#, 250 ó 300# dengan sebelumnya dilakukan proses penggilingan (*grinding*). Data yang didapatkan yaitu berupa distribusi berat partikel dan melalui pengujian, diketahui bahwa ukuran partikel berpengaruh terhadap nilai kadar dari butir yang dihasilkan. Peningkatan nilai kadar mineral utama dan penurunan mineral ikutan berpengaruh langsung pada proses penggilingan nantinya pada bijih bauksit tersebut dari segi efektivitas dan ekonominya. Nilai kadar mineral utama menurun dari 170-200#, 200-250#, 250 ó 300#, sedangkan mineral ikutannya meningkat dari 170-200#, 200-250#, 250 ó 300 setelah dilakukan pengujian SEM dan EDAX.

Kata kunci:

*Screening, sieving, bauksit, Liberasi, Kominusi, Penggerusan (Grinding), SEM, EDAX*

## ABSTRACT

Name : Setiadi Putra

Study Program : Metallurgy and Materials Engineering

Title : Analysis of Particle Size Affection on Change of Bauxite Ore Elements

In this study, we used bauxite from Tayan District, West Borneo in its natural form and it hasn't been treated before. The focus of this study is knowing the influences of the particle sizes affecting the content of the element in the bauxite ore, on the other hand to knowing its optimum size which contains the main mineral in a large portion with little portion of the gangue which consisted in the bauxite ore, which defined as the liberation of its main mineral from the gangue., with doing classification with screen size variation on 70-80# , 120-150 #, 170-200#, 200-250#, 250 ó 300#, which has been grinded before. From the screen we got the weight distribution from each screen size and from the testing we got variation of content from each screen size. the increasing of pressure affected on density and porosity from the plates that have been fabricated. The increasing of content of main mineral and the decreasing of its gangue directly affected on efficiency of grinding process. The content of main mineral decreases from 170-200#, 200-250#, 250 ó 300#, in the other hand the gangue content increases from 170-200#, 200-250#, 250 ó 300# after the SEM and EDAX testing.

Keywords :

Screening, sieving, bauksit, Liberation, Comminution, Grinding, SEM, EDAX



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....í í .....	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 Peran Aluminium di Dunia.....	4
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
<b>1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....</b>	<b>6</b>
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Pengolahan Mineral .....	7
2.2 Bijih Bauksit .....	7
2.3 Pembebasan ( <i>Liberation</i> ) í í í í í í í í í í í í í í í í .....	10
2.4 Kominusi í í í í í .....	12
2.4.1 Prinsip Kominusi .....	12
2.4.1.1 Tingkat <i>Grindability</i> .....	15
2.4.2 Penggerusan ( <i>Crushing</i> ).....	15
2.4.3 Penggilingan ( <i>Grinding</i> ).....	16
2.5 Metode <i>Sizing</i> .....	17
2.5.1 Pengayakan .....	17
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	22
3.1 Proses Penelitian .....	22
3.1.1 Metodologi.....	23
3.2 Pengujian EDAX .....	23
3.3 Pengamatan SEM .....	25
4. <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Observasi dan Analisa Data Karakterisasi Awal Bijih Bauksit Kabupaten Tayan.....	26
4.2 Analisa Hasil Proses Klasifikasi dengan Pengayakan .....	29
4.2.1 Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Mineral Pada Pengayakan....	29

4.2.2 Tren Perubahan Kadar Unsur Al, Si, Ti, dan Fe .....	31
4.2.3 Analisa Hasil Foto SEM .....	36
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>42</b>



## DAFTAR GAMBAR

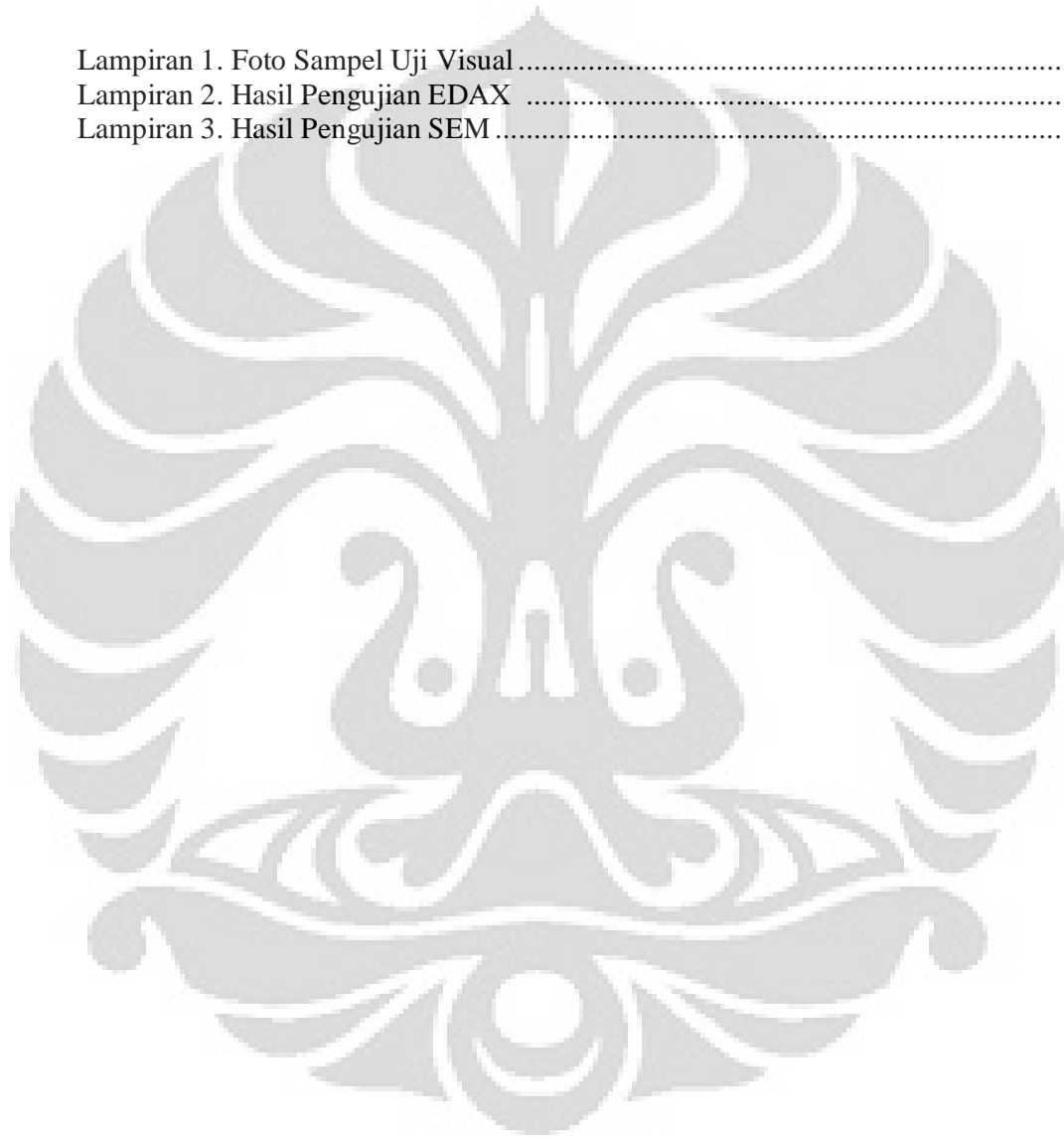
Gambar 1.1	Pola Konsumsi Energi Dunia .....	2
Gambar 1.2	Diagram Lingkaran Sektor-sektor Penggunaan / Aplikasi Aluminium pada Tahun 2006-2007 .....	5
Gambar 2.1	Berbagai Jenis Bijih Bauksit; (a) Gibbsite; (b) Diaspore; (c) Boehmite.....	9
Gambar 2.2	Ilustrasi mineral dengan <i>mineral ikutan-nya</i> pada sebuah bijih .....	11
Gambar 2.3	Pembebasan Mineral Pada Kominusi.....	12
Gambar 2.4	Simulasi Tegangan pada Kisi Kristal .....	13
Gambar 2.5	Konsentrasi Tegangan pada Ujung Retak .....	13
Gambar 2.6	Retakan Akibat Penggerusan.....	15
Gambar 2.7	Pengolahan Mineral Sederhana.....	18
Gambar 2.8	Kesetimabngan Ayakan.....	19
Gambar 3.1	Diagram Skematis Penelitian .....	22
Gambar 3.2	Prinsip <i>Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX)</i> .....	24
Gambar 3.3	Contoh Hasil Pengujian <i>Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX)</i> .....	24
Gambar 3.4	Komponen dasar dari <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	25
Gambar 4.1	(a) Bijih Bauksit Pada Penelitian dan (b) Bohmite .....	27
Gambar 4.2	Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan.....	28
Gambar 4.3	Diagram distribusi berat .....	32
Gambar 4.4	Tren Perubahan unsur Al.....	33
Gambar 4.5	Tren Perubahan unsur Si.....	34
Gambar 4.6	Tren Perubahan unsur Ti .....	34
Gambar 4.7	Tren Perubahan unsur Fe.....	34
Gambar 4.8	Foto SEM Ukuran Mesh -270.....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel	1.1	Daftar Kelimpahan Logam di Muka Bumi .....	2
Tabel	1.2	Tipe-tipe Bijih Bauksit .....	3
Tabel	2.1	Berbagai Tipe Bijih Bauksit .....	8
Tabel	2.2	Standar Tyler pada Ayakan .....	21
Tabel	4.1	Data Pengujian EDAX Bijih Bauksit Tayan.....	26
Tabel	4.2	Data Uji EDAX Sampel Bauksit Berbeda Ukuran .....	28
Tabel	4.3	Berat yang diperoleh pada masing-masing variasi ayakan.....	30
Tabel	4.4	Tren Unsur Logam Al .....	31
Tabel	4.5	Tren Unsur Si.....	31
Tabel	4.6	Tren Unsur Logam Ti.....	32
Tabel	4.7	Tren Unsur Logam Fe .....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Sampel Uji Visual .....	42
Lampiran 2. Hasil Pengujian EDAX .....	44
Lampiran 3. Hasil Pengujian SEM .....	55



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bauksit merupakan bahan dasar dalam memproduksi alumina, dan pertama kali ditemukan di daerah Kijang, P.Bintan, pada tahun 1924<sup>[1]</sup>. Bauksit dari P.Bintan telah digali dan diekspor sejak tahun 1935. Pada tahun 1968 PT. Antam mengakuisisi tambang tersebut. Dengan pengakuisisian tersebut Antam menjadi salah satu perusahaan Indonesia sebagai produsen Bauksit. Antam mengekspor bauksit kepada negara prodisen alumina yaitu Jepang dan Alumina sebanyak 1 ó 1.5 wmt per tahun.

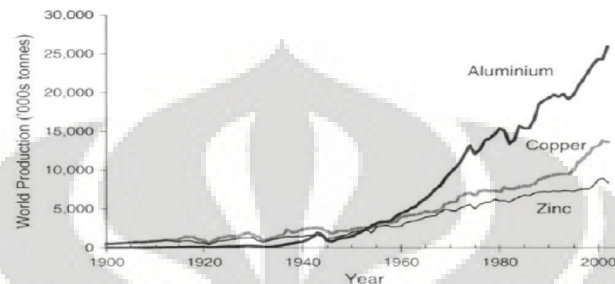
Tambang Bauksit pada daerah Kijang mulai menipis. Walaupun begitu, ekspor dari Kijang tetap berjalan, sebagaimana kostumer Antam di China tetap menginginkan bauksit dengan kualitas rendah dimana sebelumnya tidak cocok untuk penjualan dengan alasan harga yang lebih murah

Terdapat dua tipe alumina, dan Antam berencana untuk masuk ke dalam dua market alumina itu. Kedua tipe Alumina itu adalah Smelter Grade alumina dan Chemical Grade Alumina. Smelter Grade Alumina, yang menguasai pangsa pasar alumina, digunakan sebagai bahan dasar logam Aluminium. Antam memanfaatkan situasi ini dengan melakukan kerjasama dengan perusahaan Aluminium dari Rusia untuk membangun pabrik smelter di Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat

Tipe lainnya yaitu Chemical Grade Alumina digunakan dalam produk kimia yang bervariasi (sampai dengan 800 tipe) sebagai bahan dasar produk seperti cat, Keramik khusus, pemoles, aplikasi abrasive, penerang, dll. Chemical Grade Alumina berharga lebih jika ditinjau dari produk-produk yang akan dihasilkan di pasaran. Antam nantinya juga akan membangun pabrik chemical grade alumina pada kabupaten Tayan bekerjasama dengan partnernya dari Singapura dan Jepang.

Kebutuhan Aluminium dunia dipengaruhi langsung oleh tingkat produksi Smelter Grade Alumina. Hal ini perlu diperhatikan, karena terlihat pada grafik

Gambar 1.1 bahwa kebutuhan Aluminium terus meningkat dan menduduki peringkat teratas pada tingkat produksi logam dunia. Pada Grafik ini juga diperlihatkan tembaga menduduki peringkat kedua dan Seng ketiga.



**Gambar 1.1** Pduksi Aluminium, Tembaga dan Seng Dunia Periode 1900-2002<sup>[2]</sup>

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.

**Tabel 1.1** Daftar Kelimpahan Logam di Muka Bumi <sup>[2]</sup>

Element	Abundance (%)	Amount in 3.5 km of crust (tonnes)	Element	Abundance (%)	Amount in 3.5 km of crust (tonnes)
(Oxygen)	46.4		Vanadium	0.014	$10^{14}-10^{15}$
Silicon	28.2		Chromium	0.010	
Aluminium	8.2	$10^{16}-10^{18}$	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	$10^{16}-10^{18}$	Uranium	0.00027	$10^{11}-10^{13}$
Titanium	0.57		Tin	0.00020	
Manganese	0.095	$10^{15}-10^{16}$	Tungsten	0.00015	
Barium	0.043		Mercury	$8 \times 10^{-6}$	
Strontium	0.038		Silver	$7 \times 10^{-6}$	
Rare earths	0.023		Gold	$< 5 \times 10^{-6}$	
Zirconium	0.017	$10^{14}-10^{16}$	Platinum metals	$< 5 \times 10^{-6}$	

Aluminium yang terkandung dalam bauksit merupakan elemen logam yang melimpah pada kerak bumi, dan tidak pernah dijumpai dalam bentuk bebas Hal ini terlihat jelas pada Tabel 1.1 dimana Aluminium menempati peringkat ketiga dalam kelimpahannya di kerak bumi. Aluminium merupakan logam yang sangat reaktif

yang membentuk ikatan kimia yang kuat dengan oksigen. Dibandingkan dengan logam yang lain, sangat sulit untuk mengekstrasinya dari bentuk bijih, hal ini mengacu pada energy yang dibutuhkan untuk mereduksi Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Aluminium oksida memiliki temperature lebur sekitar  $2000^\circ\text{C}$ . Oleh karena itu harus di ekstraksi dengan menggunakan metode electrolysis.

Terdapat tiga tipe Aluminium hidroksida yang terkandung pada bauksit, yaitu : gibbsite, böhmite, dan diaspore. Masing ó masing berbeda sifat fisik, seperti terlihat pada Tabel 1.2 Telah ditunjukkan oleh Ginsberg (1951) dan Glemser dan Hartert (1956, 1958) bahwa komponen tersebut merupakan hidroksida dan bukan hydrated oksida.

**Tabel 1.2** Tipe-tipe Bijih Bauksit <sup>[3]</sup>

	Gibbsite (Hydrargillite)	Böhmite	Diaspore
Formula	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{AlOOH}$	$\text{AlOOH}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{H}_2\text{O}$	1 : 3	1 : 1	1 : 1
Crystal System	Monoclinic	Orthorhombic	Orthorhombic
Hardness (Moh)	$2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2} - 4$	$6\frac{1}{2} - 7$
Specific Gravity	2.42	3.01	3.44
Refractive Index	1.568	1.649	1.702
Temperature of Rapid Dehydration	$150^\circ\text{C}$	$350^\circ\text{C}$	$450^\circ\text{C}$
Product of Hydration	$-\text{Al}_2\text{O}_3$	$-\text{Al}_2\text{O}_3$	$-\text{Al}_2\text{O}_3$
Solubility in 100 g/l $\text{Na}_2\text{O}$ solution at $125^\circ\text{C}$ ; g/l $\text{Al}_2\text{O}_3$	128	54	insoluble

Tipe-tipe bauksit yang berbeda impurities-nya dapat dibedakan ke dalam bentuk morfologinya, yaitu dengan detail sebagai berikut :

1. Bauksit merah : kadar besi tinggi dan kadar  $\text{SiO}_2$  rendah
2. Bauksit putih keabu ó abuan : kadar besi rendah dan kadar  $\text{SiO}_2$  tinggi
3. Bauksit agak kemerah ó merahan : kadar besi dan  $\text{SiO}_2$  kurang lebih sama.



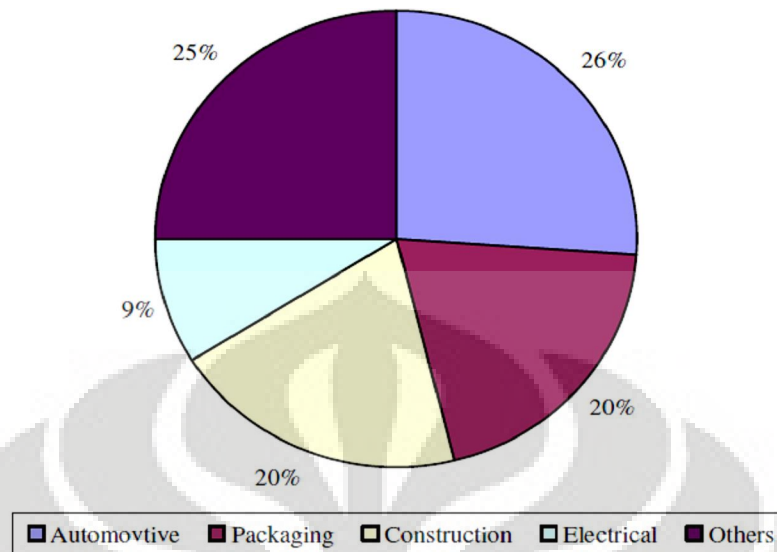
Pengolahan bauksit berbeda-beda bergantung pada kadar penyusun bauksit yang terdapat didalamnya. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan untuk mengolah bauksit itu sendiri mengingat terdapat teknik-teknik yang berbeda dalam pengolahan mineral itu sendiri. Perimbangan harus melingkupi aspek-aspek yang diperhatikan pengolahan mineral itu sendiri yaitu biaya, energy, limbah, regulasi yang ada, dll.

Deposit bauksit dapat dijumpai pada negara Australia, Brazil, Guinea, dan Jamaika akan tetapi area tambang primer bijih mineral terdapat pada negara Ghana, Indonesia, Jamaica, Russia and Suriname. Dan negara-negara pengolahnya terdapat pada Australia, Brazil, Canada, Norway, Russia dan United States. Karena proses pengolahannya membutuhkan energy yang cukup besar, kawasan dengan suplai LNG (*Liquid Natural Gas*) yang tinggi menjadi tempat refining dari aluminium.

Salah satu hasil akhir dari bauksit adalah Aluminium, dimana memiliki sifat ketahanan korosi yang sangat baik (karena mampu membentuk lapisan pasif) dan merupakan material yang ringan. Aluminium banyak digunakan di berbagai industri dan sangat penting bagi perekonomian dunia. Komponen struktural dibuat dari Aluminium dan paduannya merupakan obyek penting bagi industri penerbangan.

### **1.1.1 Peran Aluminium di Dunia**

Aluminium penting bagi transportasi dan bangunan dimana dibutuhkan material ringan dan kekuatan yang baik. Aluminium sebagai logam, nontoxic, nonmagnetic, dan nonsparking. Aluminium murni memiliki kekuatan tarik 49 MPa dan paduannya mampu mencapai 400 MPa, berat jenisnya hanya sepertiga dari baja atau tembaga, serta memiliki keuletan yang baik sehingga mudah dalam permesinan dan pengelasan.



**Gambar 1.2** Diagram Lingkaran Sektor-sektor Penggunaan / Aplikasi Aluminium pada Tahun 2006-2007<sup>[4]</sup>

Pada Gambar 1.2 diperlihatkan diagram lingkaran sector penggunaan Aluminium dalam kehidupan sehari-hari, pada diagram tersebut diperlihatkan bahwa konsumsi terbesar Aluminium terdapat pada dunia otomotif yakni sebanyak 26% dari total Aluminium yang diproduksi pada periode 2006 ó 2007. Konsumsi terbesar kedua Aluminium digunakan dalam sector *packaging* yakni sebesar 20%.

Disamping Aluminium sebagai material yang aplikatif Aluminium juga merupakan material yang 100% dapat didaur ulang tanpa kehilangan kualitasnya. Dalam dunia industry, daur ulang merupakan segmen yang penting terutama industry dengan bahan dasar aluminium. Di Eropa aluminium merupakan material yang sering di daur ulang, dengan detail 42% dari makanan kaleng, 85% dari material konstruksi dan 95% dari transportasi kendaraan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Kebutuhan akan logam Aluminium semakin hari semakin meningkat, jika biaya produksi semakin berkurang, kemungkinan kebutuhan lokal akan meningkat menjadi dua kalinya. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang menelaah lebih jauh

kinerja proses ekstraksi Aluminium. Cara ekstraksi dilakukan untuk menghindari proses peleburan yang membutuhkan Tanur bertemperatur diatas  $1600^{\circ}\text{C}$ .

Penelitian ini dikonsentrasikan pada peningkatan kadar Aluminium dari bauksit merah dengan kadar besi tinggi dan kadar  $\text{SiO}_2$  rendah, diperoleh dari kabupaten Tayan, Kalimantan Barat, Indonesia. Hal ini dilakukan karena akan digunakan ekstraksi Aluminium dengan *Bayer Process* yang menuntut kadar  $\text{SiO}_2$  rendah. Selain itu hal ini berkenaan dengan keikutsertaan penelitian terhadap pembukaan berbagai tambang baru di Indonesia.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pencucian sampel terhadap kadar Aluminium pada proses ekstraksi bauksit.
2. Membandingkan kinerja pencucian sampel Aluminium dengan variabel cucian  $\text{H}_2\text{O}$ , mulai dari cucian 1 hingga cucian 5.
3. Melakukan proses ekstraksi bauksit dengan *Bayer Process*.

### 1.4 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 :

- Dari penelitian ini dapat diketahui pengaruh ukuran sampel terhadap peningkatan kadar Aluminium pada proses ekstraksi bauksit.
- Dari penelitian ini juga dapat dibandingkan hasil penggerusan yang efektif pada proses ekstraksi bauksit guna meningkatkan kinerja ekstraksi itu sendiri.
- Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan nilai ekonomis proses serta efektivitas yang ingin dicapai pada proses ekstraksi bauksit.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Pengolahan Mineral

Tahapan utama pada proses pengolahan mineral setelah penambangan adalah mineral *dressing* pada bijih atau *milling* atau bisa disebut juga penggilingan, tahapan ini merupakan persiapan pada bijih itu sendiri. Dimana, dalam proses ini dilakukan gaya mekanik yang memisahkan bijih mineral yang berharga dari mineral mineral ikutan-nya (mineral pengikut), yang kemudian nantinya akan menjadi sebuah konsentrat (kandungan yang lebih tinggi) dari mineral yang diinginkan dan tailing (hasil samping) yang nantinya pada proses yang lebih lanjut akan disingkirkan.

Oleh karena itu, mineral bijih pada umumnya harus dibuat menjadi lebih halus dan terjadi disosiasi dengan mineral *mineral ikutan-nya*. Maka dari itu bagian awal pada proses dressing adalah proses kominusi yang mencakup Penggerusan (*crushing*) yang kemudian akan dilakukan tahapan lebih lanjut yakni penggerusan (*grinding*) untuk memperoleh ukuran yang lebih kecil atau halus dari proses sebelumnya.

#### 2.2 Bijih Bauksit

Bijih (*ore*) merupakan suatu padatan atau batuan yang mengandung berbagai jenis mineral berharga dengan jumlah kandungan tertentu <sup>[2]</sup>, sedangkan definisi lainnya menyebutkan bijih adalah sekumpulan mineral yang membentuk agregat dan apabila dipisahkan maka akan diperoleh logam ó logam berharga <sup>[6]</sup>. Sedangkan, definisi mineral adalah substansi inorganik yang terbentuk secara alami dan homogen yang terdiri dari sebuah komposisi kimia tertentu dengan karakteristik sifat fisik yang sama. Bijih akan diproses pada pengolahan mineral memisahkan antara mineral berharga dengan mineral pengotor (*mineral ikutan*), misalnya pada bijih  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  akan dipisahkan mineral berharga bauksit  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  dan mineral pengotor silikat  $SiO_2$ .

Bijih dapat di klasifikasikan menjadi dua, menurut agregat senyawa yang dikandungnya yaitu,

1. bijih sulfida (*sulfide ores*) yaitu bijih yang mengandung sulfida umumnya mineral non-ferrous misalnya PbS, CuFeS<sub>2</sub>, dan ZnS
2. bijih oksida (*oxide* atau *oxidized ores*) yaitu bijih yang mengandung oksida, karbonat, sulfat, hidroksida, atau silikat misalnya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, PbSO<sub>4</sub>, Zn<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>.SiO<sub>3</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O.

dengan bentuk senyawa yang berbeda maka akan mempengaruhi proses librasi (pembebasan) pada mineral yang lebih lanjut

Bijih aluminium merupakan bauksit. Bauksit, dinamakan setelah sebuah desa Les Baux dekat Arles di selatan Perancis, tempat dimana pertama kali ditemukan, bukan sebuah mineral, namun menunjukkan berbagai jenis bijih Aluminium, dan mengandung sebagian besar Aluminium hidroksida. Dan penelitian menunjukkan bauksit merupakan sebuah batuan yang mengandung aluminium dalam bentuk hidroksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.xH<sub>2</sub>O), umumnya terdiri dari 55 ó 61 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10 ó 30 % kombinasi air, 1 ó 25 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1 ó 3 % TiO<sub>2</sub> and 1 ó 12 % SiO<sub>2</sub><sup>[9]</sup>.

Bauksit dapat dibagi menjadi *gibbsite* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O), *diaspore* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O), *böehmite* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O), *corundum* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan *kaolinite* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2.SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O). Mayoritas yang ditemukan adalah *gibbsite*, *böehmite*, dan *diaspore*, masing ó masing berbeda sifat fisik, seperti terlihat pada Tabel 2.1

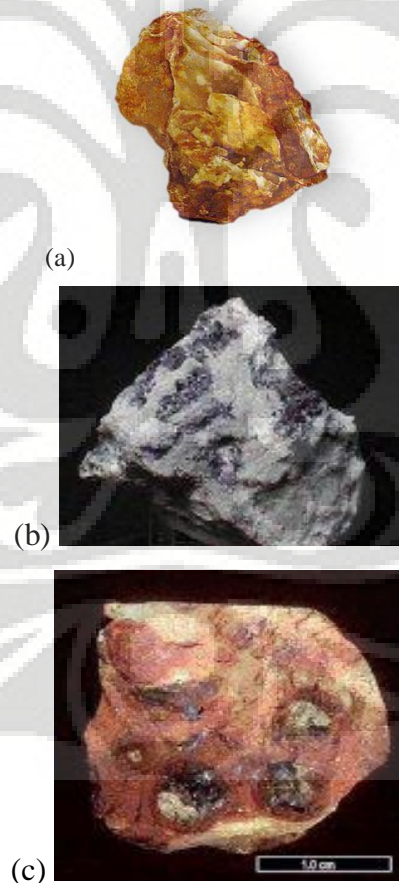
**Tabel 2.1** Berbagai Tipe Bijih Bauksit

	Gibbsite (Hydrargillite)	Böhmite	Diaspore
<b>Formula</b>	Al(OH) <sub>3</sub>	AlOOH	AlOOH
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>O</b>	1:03	1:01	1:01
<b>Crystal System</b>	Monoclinic	Orthorhombic	Orthorhombic
<b>Hardness (Moh)</b>	2½ - 3½	3½ - 4	6½ - 7
<b>Specific Gravity</b>	2.42	3.01	3.44
<b>Refractive Index</b>	1.568	1.649	1.702
<b>Temperature of Rapid Dehydration</b>	150°C	350°C	450°C

Product of Hydration	-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-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

Formasi Aluminium di alam lainnya adalah *Corundum* yang merupakan material kristalin (*rhombohedral*) dengan komposisi yang sebagian besar terdiri dari -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Material ini adalah material keras dengan kekerasan setelah intan (*diamond*) dengan sifat unggulan tahan korosi dan lingkungan reaktif. Selain itu, terdapat *Kaolinite* yang merupakan batuan sedimen dengan komposisi *white kaolinite clay*, kaya akan aluminium dan biasa ditemukan di Georgia

Berikut jenis-jenis dari bauksit dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Berbagai Jenis Bijih Bauksit; (a) Gibbsite; (b) Diaspore; (c) Boehmite<sup>[5]</sup>



Secara morfologis, kita dapat mengetahui perbedaan kandungan pengotor yang terkandung dalam bauksit itu sendiri. Dari warna yang tercipta pada bauksit itu sendiri dapat di perkirakan pengotor mayoritas yang ada didalamnya, berikut kategorinya :

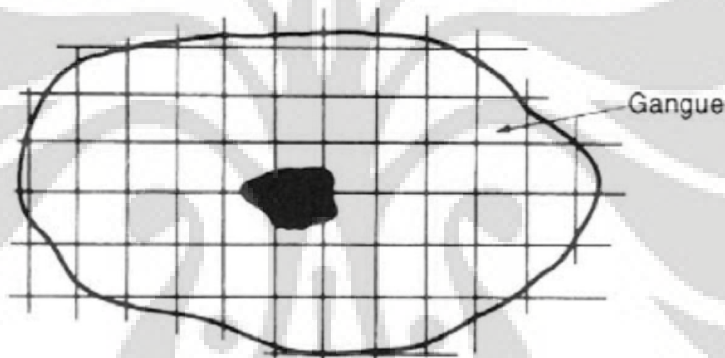
1. Bauksit merah : kadar besi tinggi dan kadar  $\text{SiO}_2$  rendah
2. Bauksit agak kemerah ó merah : kadar besi dan  $\text{SiO}_2$  kurang lebih sama
3. Bauksit putih keabu ó abuan : kadar besi rendah dan kadar  $\text{SiO}_2$  tinggi

### 2.3 Pembebasan (*Liberation*)

Pembebasan mineral berharga dari *mineral ikutan* ini dilakukan dengan proses kominusi (penumbukan), yang melibatkan menghancurkan, dan, jika perlu, menggiling /menggerus, hingga diperoleh ukuran partikel berupa campuran dari partikel yang relatif bersih mineral dan *mineral ikutan* -nya. Grinding memakan energi terbesar, jika dihitung dapat mencapai 50% dari konsentrator 's konsumsi energinya. Disamping proses ini berperan dalam pembebasan mineral berharga dari *mineral ikutan*, juga merupakan proses pemisahan yang efisien pada mineral, dan sering dikatakan kunci untuk pengolahan mineral yang baik. Untuk menghasilkan konsentrat dengan sedikit kontaminasi dengan mineral *mineral ikutan*, perlu untuk menggiling bijih yang cukup halus untuk membebaskan logam yang diinginkan - *Fine grinding*. Namun, konsumsi energy yang meningkat dan produksi yang sangat halus dapat menyebabkan  $\Delta$ lendirø sehingga partikel yang ingin di dapat hilang ke dalam tailing. Oleh karena itu grinding menjadi pertimbangan antara lain konsentrat bersih (kandungan tinggi), biaya operasi dan kemungkinan hilang mineral halus. Jika bijih kelas rendah, dan mineral memiliki ukuran butir yang sangat kecil dan disebarluaskan melalui batu itu,

Salah satu tujuan utama kominusi adalah pembebasan, atau pelepasan, dari mineral berharga dari mineral *mineral ikutan* terkait pada ukuran partikel kasar mungkin. Jika seperti tujuan tersebut dicapai, maka bukan hanya energi disimpan oleh pengurangan jumlah energi yang digunakan, tetapi setiap tahap pemisahan

berikutnya menjadi lebih mudah dan lebih murah. Jika produk padat kelas tinggi diperlukan, maka pembebasan yang baik sangat penting, namun untuk proses hidrometalurgi berikutnya, seperti pelindian, hanya perlu untuk mengekspos mineral. Dalam praktiknya pembebasan yang komplit jarang tercapai, walaupun bijih sesuai dalam ukuran butir partikel mineral yang diinginkan. Hal ini diilustrasikan oleh Gambar 2.2 dibawah, ditunjukkan segumpal bijih yang telah disesuaikan ke sejumlah kubus volume identik dan dengan ukuran dibawah butir mineral diamati dalam sampel bijih yang asli. Dapat dilihat bahwa setiap partikel mengandung mineral yang dihasilkan juga berisi sebagian mineral ikutan; pembebasan lengkap belum tercapai; jumlah besar antara mineral ikutan-mineral utama, bagaimanapun, telah dibebaskan dari nilai-mineral minor itu.



Gambar 2.2 Ilustrasi mineral dengan *mineral ikutan*-nya pada sebuah bijih <sup>[2]</sup>

Tingkat liberasi dapat tinggi jika ada batas yang lemah antara mineral dan partikel mineral ikutan, yang sering terjadi dengan Bijih terutama terdiri dari mineral pembentuk batuan, mineral terutama sedimen. Tetapi, hal yang biasa dijumpai adalah adhesi antara mineral dengan *mineral ikutan* bersifat kuat dan, selama kominusi, sering terjadi pembelahan antara kedua konstituen tersebut. Hal ini mengakibatkan *middlings* dan derajat pembebasan yang rendah. Pendekatan baru dalam meningkatkan derajat pembebasan adalah dengan memberikan tegangan pada batas kristal mineral. Salah satu teknik dalam pembebasan mineral adalah kominusi

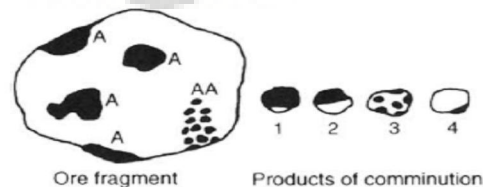


### 2.3.1 Ikatan pada Mineral (*Mineral Interlocking*)

Pada proses pengolahan mineral bijih dihancurkan selama penggilingan untuk membebaskan berbagai ikatan pada mineral satu dengan lainnya dan untuk mengkonsentrasikan mineral berharga harus dilakukan pengurangan menjadi lebih kecil dari ukuran pembebasannya dengan tujuan untuk memisahkan dari *mineral ikutan-nya*<sup>[7]</sup>. Penggerusan dan penggilingan batu mineral memakan biaya dan jika ukuran butir mineral di bawah 0.05 mm mungkin akan memakan biaya lebih tinggi daripada nilai dari konstituen yang akan dibebaskan. Selain itu ada batas-batas yang lebih rendah untuk tingkat penggilingan yang mungkin ditentukan oleh proses pemisahan untuk lebih lanjut karena ini adalah yang paling efektif atas rentang ukuran butir tertentu: misalnya pemisahan magnetik, 0,02-2,5 mm; flotasi buih, 0,01-0,3 mm; pemisahan elektrostatik, 0,12-1,4 mm.

## 2.4 Kominusi

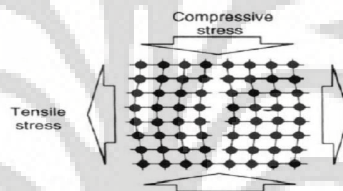
Kominusi (*comminution*) dan konsentrasi (*concentration*) merupakan dua proses utama pada proses pengolahan mineral. Kominusi adalah proses pembebasan mineral berharga dari pengotornya<sup>[2]</sup>, dimana bijih akan digerus dan diperkecil ukurannya sehingga mineral berharga terpisah dari pengotor dan optimal bagi proses selanjutnya<sup>[2]</sup>. Ukuran bijih akan direduksi secara bertahap pada proses kominusi, dibagi menjadi penggerusan (*crushing*) dan penggilingan (*grinding*). Gambar 2.3 menunjukkan hasil pembebasan mineral dimana satu bagian besar bijih akan dibebaskan menjadi beberapa partikel kecil kaya akan mineral berharga ataupun berupa partikel sisa dari mineral pengotor.



**Gambar 2.3** Pembebasan Mineral Pada Kominusi<sup>[2]</sup>

### 2.4.1 Prinsip Kominusi

Kebanyakan mineral merupakan material kristalin dimana atom-atomnya tersusun dalam susunan tiga dimensi. Konfigurasi atom-atomnya ditentukan oleh ukuran dan tipe fisik dan ikatan kimia yang berikatan dengan semua penyusunnya. Kisi kristalin pada mineral, ikatan inter-atomic hanya efektif pada ukuran yang kecil dan dapat di rusak dengan tegangan yang tinggi, Dengan arah gaya dan simulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Simulasi Tegangan pada Kisi kristal <sup>[2]</sup>

Meskipun saat bijih dibebani secara seragam, tegangan internal tidak terdistribusi secara merata, sebagaimana batuan bijih mengandung mineral yang terdispersi menjadi butir dengan ukuran yang bervariasi. Distribusi tegangan bergantung pada sifat mekanis dari mineral itu sendiri, tetapi yang lebih penting lagi adalah keberadaan cacat atau *crack* pada matrixnya, yang berperan sebagai tempat konsentrasi tegangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

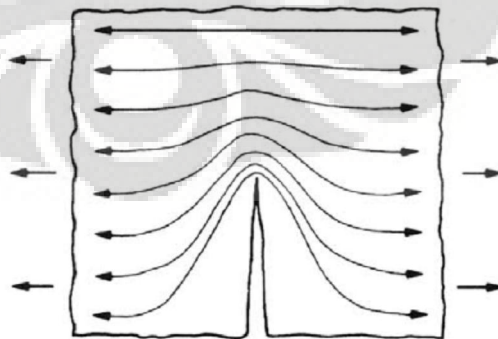


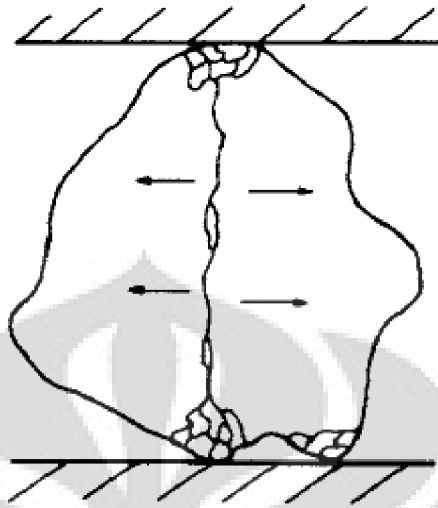
Figure 5.2 Stress concentration at a crack tip

Gambar 2.5 Konsentrasi Tegangan pada Ujung Retak <sup>[2]</sup>

Walaupun begitu teori dari kominusi mengasumsikan bahwa material bersifat rapuh, termasuk Kristal, tetapi secara fakta terdapat sifat elastic yang terkandung didalamnya. Saat terjadi retakan, sebagian dari energy yang tersimpan di transformasikan menjadi energy bebas permukaan, dimana energy potensial dari atom pada permukaan yang baru terbentuk, Mengacu pada tingginya energy pada permukaan, permukaan yang baru lebih reaktif secara kimiawi dan lebih cocok dengan proses flotasi

Grifith (1921) menunjukkan bahwa material mengalami kegagalan oleh propagasi retak mungkin terjadi jika energinya memungkinkan, yaitu saat energy yang dilepas dari pengurangan energy regangan yang lebih besar dari energy permukaan yang baru terbentuk. Material yang rapuh melepaskan energy regangan sebagian besar dari propagasi retak. Propagasi retak dapat dihalangi dengan pertemuan oleh retakan lainnya atau dengan batas Kristal. Oleh karena itu bijih batuan yang halus, lebih tangguh dari yang kasar.

Partikel dalam kenyataannya bentuknya irregular, dan pembebanannya tidak seragam tetapi diterapkan dalam bentuk titik atau area yang kecil dari kontak. Kerusakan diperoleh secara umum dari penggerusan, beban impact, dan erosi, dan semua bentuk dari perusakan (kompresif, tarik, dan geser) dan dapat dibedakan tergantung dari sifat mekanik batuan dan tipe pembebanan. Saat partikel dengan bentuk tidak beraturan di rusak dengan penekanan, atau penggerusan, produk terpecah menjadi dua ukuran yang bebrebeda, partikel yang kasar merupakan hasil yang termasuk dalam kegagalan *tensile* dan bentuk yang halus merupakan hasil dari kegagalan akibat kompresif yang dekat dengan pembebanan. Jumlah partikel yang halus dapat dikurangi dengan penurunan area kontak pembebanan.



Gambar 2.6 Retakan Akibat Penggerusan <sup>[2]</sup>

Pada perusakan dengan impak, bergantung pada besarnya pembebanan, partikel mengalami rata-rata pembebanan yang lebih besar selama mengalami regangan, maka diperoleh retakan yang lebih sederhana, dan cenderung untuk terpecah belah lebih besar, dan sebagian besar bentuknya adalah rusak *tensile*. Produknya seringkali kurang lebih sama pada bentuk dan ukuran.

Teori kominusi lebih memperhatikan hubungan antara energy input dengan ukuran partikel yang didapat dari ukuran umpan. Berikut persamaan yang dikemukakan oleh Kick:

$$E = K \left( \frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right) \dots\dots\dots [1]$$

Dimana, E adalah energi input, D adalah ukuran partikel awal, D<sub>2</sub> adalah partikel ukuran diinginkan dan K adalah konstanta.

#### 2.4.1.1 Tingkat *Grindability*

*Grindability* sebuah bijih mengacu pada tingkat kemudahan material tersebut dapat dikominusi, dan data dari pengujian *grindability* digunakan dalam efisiensi penggersan dan penggilingan. Kemungkinan parameter yang digunakan untuk

mengukur *grindability* sebuah bijih adalah dengan index Bond  $W_{80}$ . Jika karakteristik kerusakannya tetap konstan pada semua rasio ukuran, maka nilai  $W_{80}$  tetap konstan. Bagaimanapun juga, perbedaannya terletak pada karakteristik kerusakan dan bergantung pada ukuran partikel, dimana nantinya akan berpengaruh pada index kerjanya. Sebagai contoh, saat mineral mudah patah atau rusak pada batasnya tetapi butir yang individual bersifat tangguh, oleh karena itu *grindability* meningkat dengan penggilasan yang lebih halus.

Parameter *grindability* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu,

1. Metode Grafis, dimana secara umum didasarkan pada distribusi berat yang ada
2. Metode *Tracer*, yang melibatkan penghilangan salah satu interval ukuran dengan melakukan analisa lebih lanjut
3. Metode regresi non-linier dimana, mengizinkan semua parameter untuk di komputasi dari data yang minimum

#### 2.4.2 Penggerusan (*Crushing*)

Tahap awal dari proses kominusi adalah Penggerusan (*crushing*) dimana proses pemodifikasian ukuran hingga tereduksi sampai ukuran yang diinginkan dan dilakukan secara bertahap. Dalam proses ini terdapat 3 tingkatan crushing, yaitu:

1. 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. Secondary crushing (intermediate crushing) : pada tahap ini, bijih digerus dari 10 cm hingga kurang dari 1 ó 2 cm, biasanya digunakan cone atau roll crusher, umumnya memerlukan energy lebih banyak dibandingkan primary crusher.
3. 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.

### 2.4.3 Penggilingan (*Grinding*)

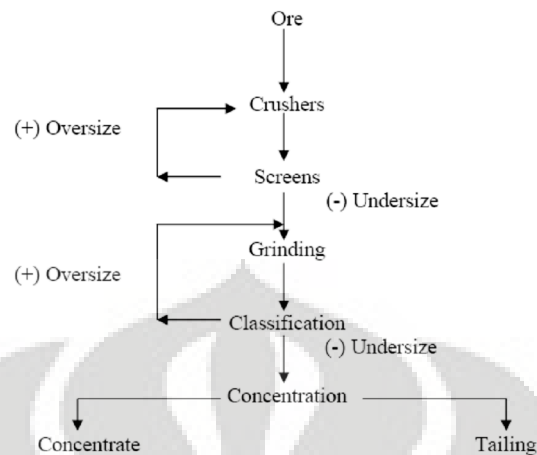
Setelah proses Penggerusan (*Crushing*), bijih selanjutnya dilakukan proses penggilingan untuk mendapatkan ukuran yang lebih halus lagi. Pada tahap ini terdapat 2 tingkatan penggilingan, yaitu :

1. 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. Fine Grinding : fine grinding merupakan tahapan akhir dari kominusi, digunakan ball mills dengan bola baja, yang menghasilkan keluaran kurang dari 100 micron. Grinding umumnya dilakukan pada keadaan kering.

Berikut ini adalah tujuan grinding, 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).

Mineral processing mengkombinasikan beberapa tahapan atas unit operasi. Diagram berikut ini menunjukkan unit operasi pada umumnya. Kominusi dan konsentrasi adalah dua unit utama pada mineral processing, akan tetapi terdapat beberapa tahapan yang terkait, misalnya sizing (oleh ayakan dan klasifikasi).



**Gambar 2.7** Pengolahan Mineral Sederhana<sup>[6]</sup>

## 2.5 Metode Sizing

Pengukuran dilakukan untuk memisahkan material dengan ukuran yang seragam, dimana biasanya partikel halus akan melewati suatu pengayakan atau pengklasifikasian, sedangkan partikel kasar akan dikembalikan pada proses kominusi. Ukuran yang seragam dibutuhkan pada proses pengolahan mineral karena apabila ukuran partikel berbeda maka sifat fisik (misalnya berat jenis, kesukaan akan air, sifat magnetik) tidak akan terlihat jelas. Ukuran ditentukan agar tidak terlalu halus ataupun terlalu kasar, namun optimum untuk proses selanjutnya. Terdapat dua metode sizing secara umum, yaitu pengayakan (*screening*) dan pemisahan (*classification*).

### 2.5.1 Pengayakan

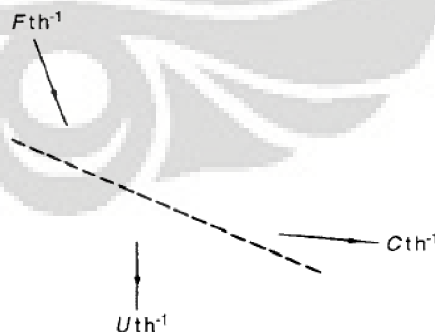
sizing sangat luas dipakai untuk pemisahan ukuran 300 mm hingga menjadi ukuran sekitar 40 m, meskipun efisiensi ikut menurun seiring dengan tingkat kehalusan. Ayakaning kering biasanya terbatas pada material di atas 5 mm, sedangkan ayakaning basah umumnya berukuran 250 m, metode untuk penanganan material di bawah 250 m ditangani dengan menggunakan metode klasifikasi. Pemilihan penggunaan antara ayakan dan klasifikasi dipengaruhi adanya



pertimbangan bahwa pemisahan yang halus membutuhkan area yang luas untuk permukaan ayakaning dan oleh karena itu proses ini memerlukan biaya yang mahal dibandingkan dengan proses klasifikasi. Berikut tujuan dilakukannya ayakaning

- *Sizing / classifying* : untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran. Biasanya untuk menyediakan unit proses dengan range ukuran partikel yang diinginkan disesuaikan dengan unit operasinya masing-masing.
- *Scalping* : untuk menghilangkan fraksi partikel yang kasar pada material pengumpan, biasanya hasil scalping pada akhirnya dapat dihancurkan atau dihilangkan dari proses.
- *Grading* : untuk menyiapkan sejumlah produk dengan range ukuran yang diinginkan.
- *Media recovery* : sebagai media magnetic untuk membersihkan bijih.
- *Dewatering* : untuk menghilangkan kotoran dari proses wet sand slurry.
- *Desliming atau de-dusting* : untuk menghilangkan material yang halus, umumnya di bawah 0.5 mm dari umpan basah atau kering.
- *Trash removal* : biasanya digunakan untuk menghilangkan serat kayu dari arus slurry yang halus.

Dalam bentuk sederhana, permukaan ayakan memiliki banyak celah atau lubang, biasanya dengan dimensi yang sama. Tidak ada metode yang secara universal menerima pendefinisian performa ayakaning dan jumlah metode yang dipakai.



**Figure 8.1** Mass balance on a screen

**Gambar 2.8** Kestimbangan Ayakan <sup>[2]</sup>



Performa dari Ayakan melibatkan dua hal yaitu,

1. Efisiensi Ayakan
2. Mass Balance Ayakan yang dipengaruhi oleh,

$$F = C + U, \text{ jika}$$

$f$  = fraksi material feed

$c$  = fraksi material yang tertahan ayakan

$u$  = fraksi material yang lolos

maka, Efisiensi keseluruhan dari ayakan :

$$E = \frac{c(f-u)(1-u)(c-f)}{f(c-u)^2(1-f)} \quad [2]$$

Jika dianggap coarse material tertahan semua di ayakan, maka  $u$  dapat dianggap = 0 (berarti coarse material terseleksi baik), maka efisiensi dapat ditulis :

$$E = \frac{c-f}{c(1-f)} \quad [3]$$

Pada prakteknya, banyak hal yang mempengaruhi efisiensi ayakan :

- Ukuran partikel yang mendekati ukuran aperture.
- Robeknya aperture.

Faktor-faktor yang mempengaruhi performa Ayakan :

- Feed rate : high feed rate diperlukan untuk mengurangi article dwell time.
- vibration pada ayakan. Tujuannya untuk meningkatkan efisiensi. Semakin tinggi laju feed (feed rate) makin besar vibratuion yang dilakukan.
- Sudut datang dan orientasi partikel saat di ayakan.

Jika partikel tidak berbentuk bola, pada satu sisi memiliki luas area yang kecil untuk melewati ayakan dan di sisi lain memiliki luas yang berbeda lebih besar yang justru menghambat pergerakan ke ayakan.

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>[5]</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, Tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar Tyler pada Ayakan <sup>[2]</sup>

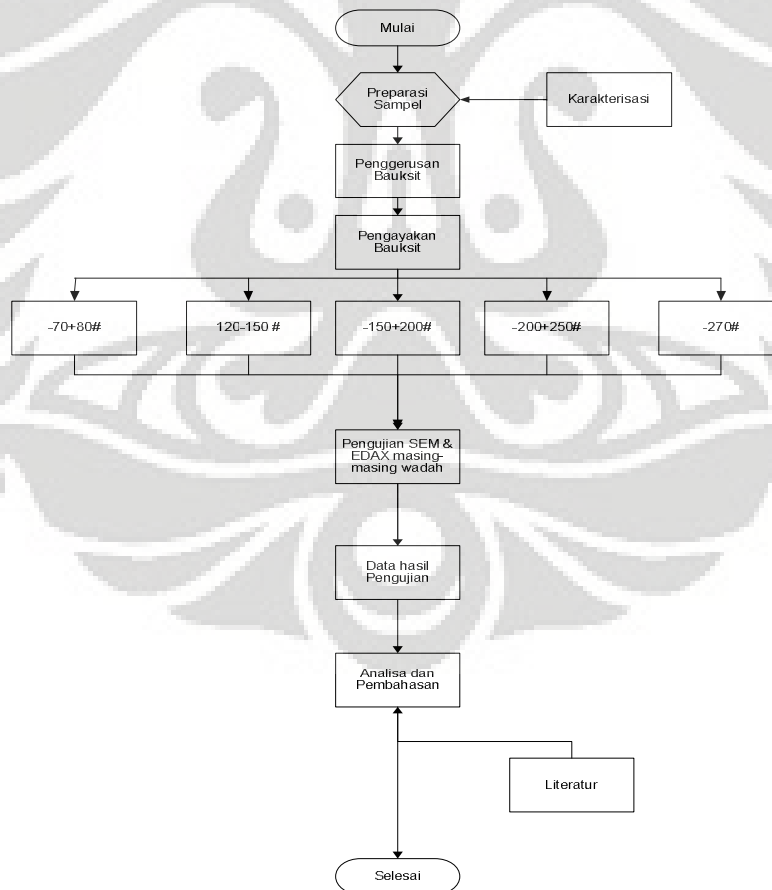
Table 2			
The Tyler Standard Series for Screen Analysis			
	Aperture Size		Tyler Mesh #
	Millimeters	Microns	
← √2 series	26.67	-	-
	18.85	-	-
	13.33	-	-
	9.423	-	-
	6.680	-	3
	4.699	-	4
	3.327	-	6
	2.362	-	8
	1.651	-	10
	1.168	-	14
	0.833	833	20
	0.589	589	28
	0.417	417	35
	0.295	295	48
	0.208	208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

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menjelaskan pengaruh metoda klasifikasi dengan menggunakan pengayakan sebagai salah satu tahap pengolahan mineral aluminium pada bijih bauksit Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat. Dengan prakiraan bahwa setiap unsur memiliki ukuran partikel yang berbeda, maka pada proses klasifikasi akan terjadi pemisahan secara konsentrasi terhadap masing ó masing unsur.

### 3.1 PROSES PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material dengan bantuan sampel bauksit dari Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat, milik PT Aneka Tambang. Gambar 3.1 menunjukkan diagram skematis penelitian.



**Gambar 3.1** Diagram Skematis Penelitian

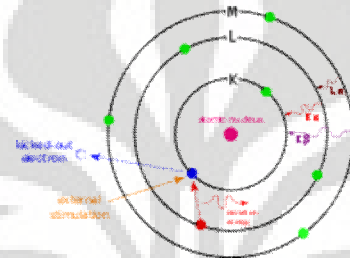
### 3.1.1 Metodologi

1. Alat
  - Mesin Pengayak
  - Penumbuk
  - SEM & EDX
2. Bahan
  - Bauksit yang belum mendapat perlakuan dari Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat.
  - Ayakan 70-80# , 120-150 #, 170-200#, 200-250#, 250 ó 300#.
  - Wadah plastik
3. Prosedur Kerja
  - Persiapan Sampel:
    - Menggerus Bauksit yang berupa bongkahan menjadi butiran yang halus
  - Screening sampel untuk mendapatkan ukuran mesh partikelnya yaitu 70-80# , 120-150 #, 170-200#, 200-250#, 250 ó 300#.
  - Persiapan Karakterisasi
    - Karakterisasi dilakukan pada masing-masing ukuran
    - Proses karakterisasi kadar unsur Al dan mineral ikutannya dengan meninjau segi grafisnya seperti yang di sebutkan sebelumnya pada bagian 2.5.1.1

### 3.2 Pengujian EDAX

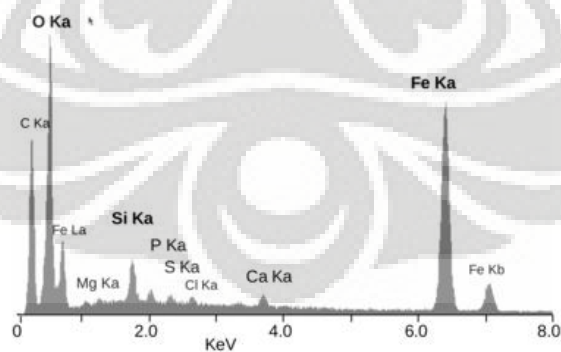
Fokus penelitian ini adalah peningkatan kadar bauksit. Oleh karena itu sangat tepat bila dilakukan pengujian *Energy Dispersive X-Ray Analysis* (EDAX). *Energy Dispersive X-Ray Analysis* (EDAX) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk karakterisasi kimia elemental dari sebuah sample padatan. EDAX merupakan salah satu varian dari *X-Ray Fluorosense* (XRF). Dinamakan spektroskopi karena investigasi sampel dilakukan berdasarkan interaksi radiasi elektromagnetik, membuat sinar x-ray teremitasi dan menumbuk partikel. Proses karakterisasi didasari oleh prinsip bahwa semua elemen memiliki struktur atom yang unik dan tersendiri.

Simulasi emisi dari karakterisasi x-ray dilakukan dengan ledakan berkekuatan tinggi (*high energy beam*) berisi muatan ó muatan elektron dan proton. Ledakan ini akan menyebabkan electron pada lingkaran dalam tereksitasi, menuju lingkaran yang lebih luar dan menciptakan lubang electron (*electron hole*) <sup>[13]</sup>, Gambar 3.2. Perbedaan energi dari hasil emisi elektron tersebut kemudian diukur oleh *energy dispersive spectrometer*. Karena energi tiap elemen berbeda, maka pengujian dapat menghasilkan komposisi elemental dari sampel uji.



**Gambar 3.2** Prinsip *Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX)* <sup>[8]</sup>

Hasil EDAX memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya adalah detektor EDAX tidak mampu mendeteksi keberadaan elemen dengan nomor atom kurang dari 5, artinya EDAX tidak dapat mendeteksi H, HE, LI, ataupun Be. Selain itu, EDAX tidak mampu mendeteksi elemen dengan titik puncak yang terlampau besar energinya (*overlapping peaks*) misalnya Ti K and V K , Mn K and Fe K . Gambar 3.3 menunjukkan salah satu contoh hasil pengujian EDAX.



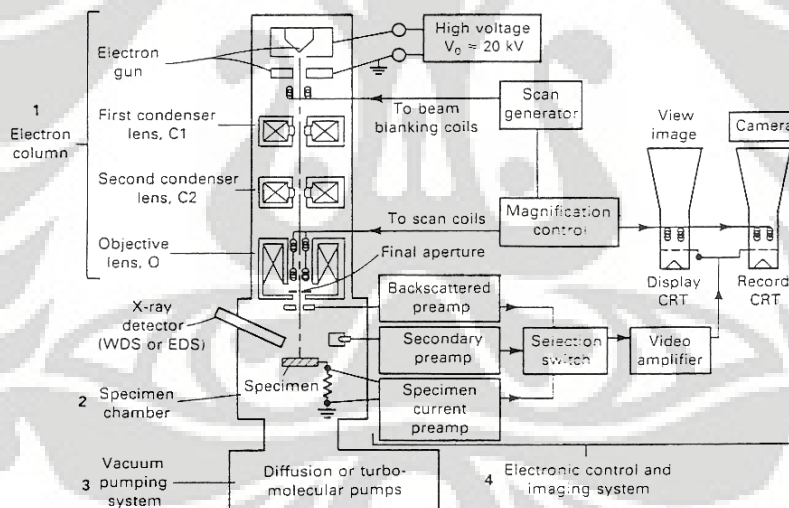
**Gambar 3.3** Contoh Hasil Pengujian *Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX)* <sup>[8]</sup>

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian EDAX pada sample bauksit Kabupaten Tayan sebelum dan sesudah perlakuan, kemudian dibandingkan hasil yang didapat. Diharapkan hasil berupa peningkatan kadar bauksit.

### 3.3 Pengamatan SEM

Pengamatan menggunakan SEM bertujuan untuk melihat bentuk dan gradasi butir yang terjadi. Hal ini dapat menjadi perbandingan unsure mana yang dominan menyusun pada bijih bauksit yang telah diperoleh dari Tayan. Pengamatan ini dilakukan ketika penggilasan dan pengayakan selesai dilakukan.

Prinsip pengamatan dengan SEM adalah *electron* ditembakkan melewati sebuah *deflector beam* yang kemudian ditangkap oleh lensa yang meneruskan elektron ke arah sampel untuk mengamati sampel dengan perbesaran yang sangat tinggi. Pada Gambar 3.4 dijelaskan skematis kerja dan aliran electron pada alat SEM



Gambar 3.4 Komponen dasar dari *Scanning Electron Microscope* [berbagai sumber]

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses klasifikasi pada penelitian ini merupakan pelindian menggunakan prinsip *screening*. Dengan perkiraan bahwa setiap unsur memiliki ukuran optimumnya dengan meninjau liberasi mineral dari mineral ikutannya, maka pada proses penggerusan yang dilanjutkan dengan pengayakan nantinya akan menunjukkan perbedaan konsentrasi unsur penyusun dari bijih. Unsur mineral utama akan terpisah dalam satu ukuran tertentu sedangkan mineral ikutan akan terpisah pada ukuran-ukuran tertentuberbentuk 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 Kabupaten 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 <sup>[5]</sup>

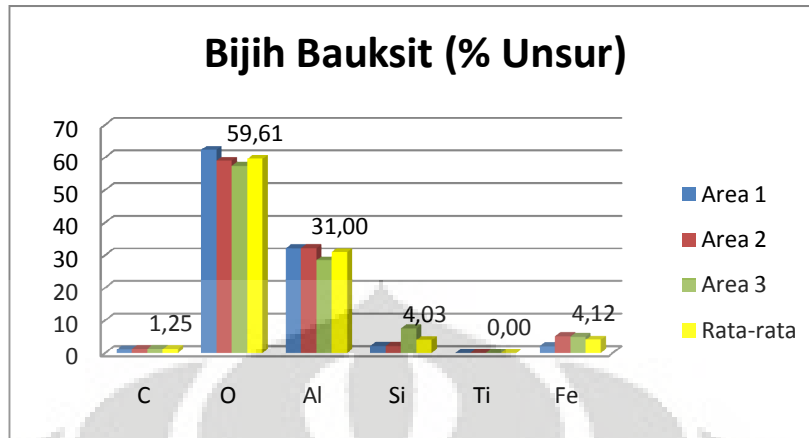
Selanjutnya bijih bauksit dilakukan karakterisasi awal dengan pengujian *energy disperse x-ray analysis*. Pada pengujian ini didapat persentase kadar dari masing-masing unsur yang terkandung di dalam bijih bauksit tersebut sehingga dapat ditentukan proses pengolahan selanjutnya yang lebih baik. Bauksit dengan kadar silika renda ( lebih kecil dari 6%) lebih cocok diproses menggunakan *Bayer Process*.

Pengujian EDAX dilakukan pada tiga titik 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						
	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	1.3	59.02	32.26	2.21	0	5.22
Area 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 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 besarnya fraksi dari material masih besar, selain itu belum dilakukan penyeragaman ukuran dan pengujiannya berskala area.

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 Klasifikasi dengan Pengayakan

Proses klasifikasi dengan pengayakan akan menghasilkan konsentrasi unsur mineral yang mengandung unsur logam utama (Al) dan juga mineral ikutan yang berbeda-beda terutama Si pada tiap ukuran ayakan yang digunakan yaitu mesh -70+80, -120+150, -170+200, -200+250, dan -270. Seperti dijelaskan pada bagian 2.6 untuk memperoleh sifat-sifat fisik dan jumlah konsentrasi penyusun yang berbeda maka penyesuaian ukuran harus dilakukan. Hal ini terlihat adanya konsentrasi unsur penyusun bijih yang berbeda-beda pada tiap ukuran yang telah disebutkan sebelumnya dan akan dibahas lebih lanjut.

### 4.2.1 Observasi Karakterisasi dan Analisa Data Mineral Pada Pengayakan

Sampel dari hasil pengayakan dilakukan foto SEM dan pengujian *energy dispersive x-ray analysis* pada 4 titik yang berbeda pada tiap ukuran mesh untuk mengetahui adanya perubahan komposisi pada masing-masing ukuran ayakan mesh yang dipergunakan yaitu -70+80, -120+150, -170+200, -200+250, dan -270. Hasil pengamatan dengan menggunakan *energy dispersive x-ray analysis* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Uji EDAX Sampel Bauksit Berbeda Ukuran

Mesh -70+80					
	Al	Si	Ti	Fe	
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	28.88	2.6	2.23	26.19	
Titik 2	26.2	0.96	0.95	16.09	
Titik 3	26.88	3.13	1.06	14.94	
Rata-rata	27.32	2.23	1.41	19.07	
Mesh -120+150					
	Al	Si	Ti	Fe	
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	31.57	6.21	0.89	13.02	
Titik 2	31.57	2.52	0.45	7.68	

Titik 3	38.46	1.31	0.41	3.95	
Rata-rata	33.87	3.35	0.58	8.22	
<b>Mesh -170+180</b>					
	Al	Si	Ti	Fe	
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	32.57	3.41	0	4.09	
Titik 2	40.54	1.42	0	3.91	
Titik 3	28.65	2.92	0	10.12	
Rata-rata	33.92	2.58	0.00	6.04	
<b>Mesh -200+250</b>					
	Al	Si	Ti	Fe	
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	24.88	12.35	0	4.11	
Titik 2	33.23	6.36	0.98	6.14	
Titik 3	34.28	0.63	0	1.3	
Rata-rata	30.80	6.45	0.33	3.85	
<b>Mesh -270</b>					
	Al	Si	Ti	Fe	
	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	18.24	8.39	1.76	28.08	
Titik 2	8.22	21.75	0.67	8.09	
Titik 3	35.78	0.97	0.45	2.98	
Rata-rata	20.75	10.37	0.96	13.05	

Hasil EDAX diatas menunjukkan bahwa proses pengklasifikasian dengan metode pengayakan mengalami perubahan unsure-unsur penyusun bijih bauksit, dari mineral berharga dan mineral ikutannya terutama Silika dan Aluminium. Pada Silika (Si) terjadi peningkatan kadar dari 2,23 % - 10,37%. Hasil ini sesuai dengan yang dijelaskan pada 2.5 dan 2.6.1 dimana terjadi liberasi dengan pengaruh kekerasan yang dimiliki unsur Si pada bijih, selain itu perubahan fraksi yang terjadi akibat semakin kecilnya diameter ukuran yang semakin kecil.

Pada unsur Aluminium (Al) terjadi perubahan kadar yang cenderung menurun setelah mengalami puncaknya pada saat ukuran ayakan -170+200 mesh dengan kadar 33,9% menjadi 30,8% pada ukuran ayakan -200+250 mesh dan terakhir hanya 20,75% pada ukuran mesh -270. Hal seperti yang dijelaskan sebelumnya pada bagian 2.5 mengenai sifat dari unsur penyusun itu sendiri.

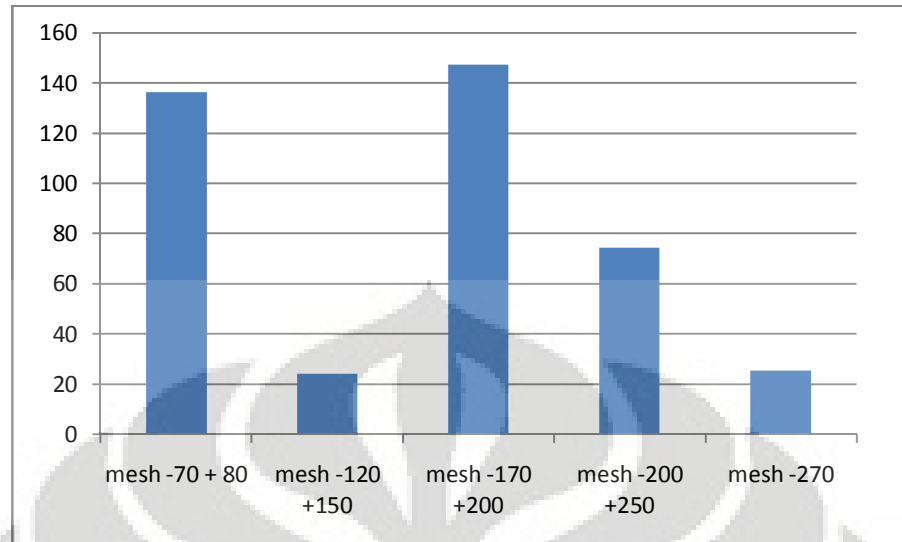
#### 4.2.2 Tren Perubahan Kadar Unsur Al, Si, Ti, dan Fe

Tren perubahan kadar unsur Al, Si, Ti, dan Fe dilihat mulai dari bauksit awal, hingga mineral setelah pengayakan pada ukuran mesh -70+80, -120+150, -170+200, -200+250, dan -270.

Pada proses pengolahan mineral awal didapat hasil berupa pasir bauksit dengan berupa bongkahan dengan ukuran berat 600 gram dengan ukuran lebih dari 5 cm, yang kemudian digerus menjadi ukuran yang lebih halus dimana pada proses ini ukuran partikel yang ukurannya lebih 0,5 cm ó 1cm nantinya akan digerus ulang yang sebelumnya dilakukan proses pengayakan terlebih dahulu dan kemudian digerus kembali sehingga diperoleh partikel dengan distribusi berat yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan diagram batang pada Gambar 4.2

**Tabel 4.3** Berat yang diperoleh pada masing-masing variasi ayakan

Nomer Ayakan	Berat
mesh -70 + 80	136.2
mesh -120 +150	24.3
mesh -170 +200	147.23
mesh -200 +250	74.29
mesh -270	25.4
total	407.42



**Gambar 4.3** Diagram distribusi berat

Pada diagram yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 terlihat bahwa penggerusan diperoleh sampel paling banyak terdapat pada ukuran ayakan mesh -70+80 dan -170+200 dengan berat masing-masing sampel pada ukuran tersebut adalah sebesar 136,2 g dan 147,23.

**Tabel 4.4** Tren Unsur Logam Al

Aluminium							
	-70 +80	-120 +150	-170 +200	-200 +250	-270		
	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)		
Titik 1	28.88	31.57	32.57	24.88	18.24		
Titik 2	26.2	31.57	40.54	33.23	8.22		
Titik 3	26.88	38.46	28.65	34.28	35.78		
Rata-rata	27.32	33.87	33.92	30.80	20.75		

**Tabel 4.5** Tren Unsur Si

Silika							
	-70 +80	-120 +150	-170 +200	-200 +250	-270		
	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)		
Titik 1	2.6	6.21	3.41	12.35	8.39		
Titik 2	0.96	2.52	1.42	6.36	21.75		
Titik 3	3.13	1.31	2.92	0.63	0.97		
Rata-rata	2.23	3.35	2.58	6.45	10.37		

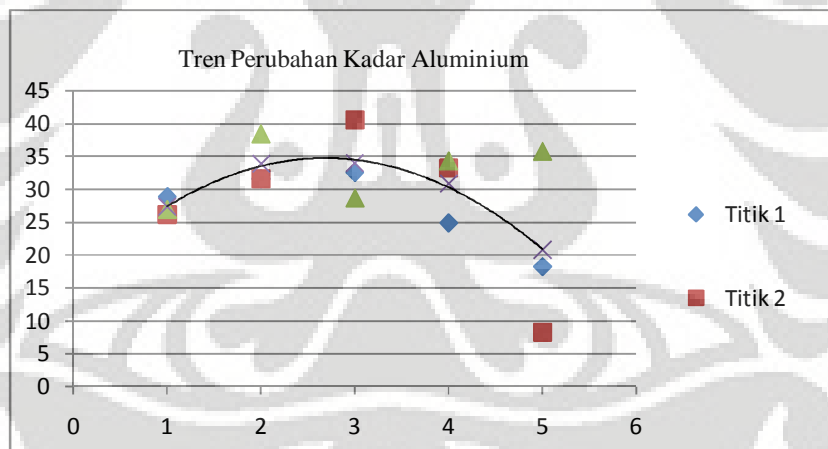
**Tabel 4.6** Tren Unsur Logam Ti

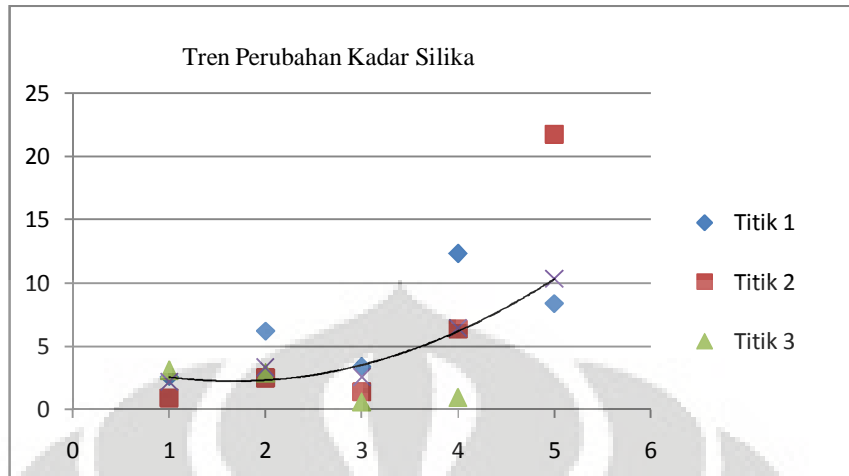
Titanium						
	-70 +80	-120 +150	-170 +200	-200 +250	-270	
	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	2.23	0.89	0	0	1.76	
Titik 2	0.95	0.45	0	0.98	0.67	
Titik 3	1.06	0.41	0	0	0.45	
Rata-rata	1.41	0.58	0.00	0.33	0.96	

**Tabel 4.7** Tren Unsur Logam Fe

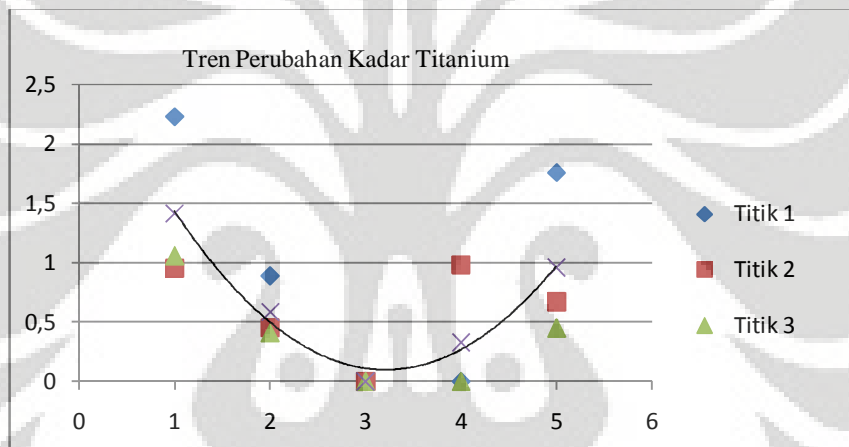
Besi (Fe)						
	-70 +80	-120 +150	-170 +200	-200 +250	-270	
	Element(%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	Element (%)	
Titik 1	26.19	13.02	4.09	4.11	28.08	
Titik 2	16.09	7.68	3.91	6.14	8.09	
Titik 3	14.94	3.95	10.12	1.3	2.98	
Rata-rata	19.07	8.22	6.04	3.85	13.05	

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

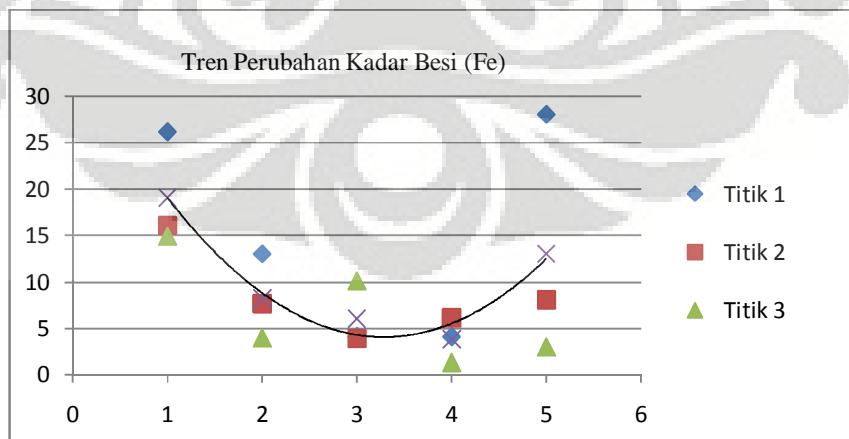
**Gambar 4.4** Tren Perubahan unsur Al



Gambar 4.5 Tren Perubahan unsur Si



Gambar 4.6 Tren Perubahan unsur Ti



Gambar 4.7 Tren Perubahan unsur Fe

Pengujian EDAX pada masing-masing ukuran adalah dengan melakukan penembakan pada butir-butir dengan bentuk dan gradasi warna yang identik sebagaimana yang telah disebutkan pada bagian 2.5.1.1 dimana digunakan peninjauan grafis, dengan foto SEM terlampir.

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

1. Tren kadar unsur Al membentuk parabola dari 31 % pada sampel awal meningkat menjadi 33,8 % pada ukuran mesh -120+150, dan kemudian menurun secara perlahan menjadi hingga menjadi 20,8 % pada ukuran ayakan -270.
2. Tren kadar Si membentuk cenderung menanjak, kadar Si semakin meningkat dari 4,03 % pada sampel awal, yang kemudian menurun menjadi 2,6% pada ukuran mesh -170+200 dan kemudian meningkat menjadi 6,45 % pada ukuran -200+250, dan kadar unsur Si tertinggi dicapai pada ukuran -270 dengan kadar 10,4%. Hal ini disebabkan oleh tingkat pembebasan pada tiap ukuran mesh berbeda-beda dan fraksi berat juga mempengaruhi tingkat kadar Si yang terbentuk pada masing-masing ukuran mesh. Selain itu, terdapat factor lain yang mempengaruhi yaitu bentuk Silika itu sendiri yang terdapat pada bauksit. Penyusunan unsur Si pada bauksit pada umumnya ada dua jenis yaitu berbentuk Si bebas atau Si yang terikat secara senyawa dalam bentuk tanah liat ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).
3. Tren unsur Ti membentuk parabola yang terbuka keatas, pada mesh 70 kadar unsure Ti sebesar 1,41% dan kemudian menurun pada ukuran mesh yang lebih besar, -120+150, yaitu 0,58% dan kemudian tidak terdeteksi pada ukuran mesh -170+200 yang kemudian mulai meningkat kembali pada ukuran mesh berikutnya yaitu -200+250 sebesar 0,33% dan terus meningkat pada ukuran mesh -270 yaitu sebesar 0,96. Hal ini, disebabkan oleh berat fraksi yang dipengaruhi ukuran partikel yang telah mengalami kominusi, dimana kadar unsure

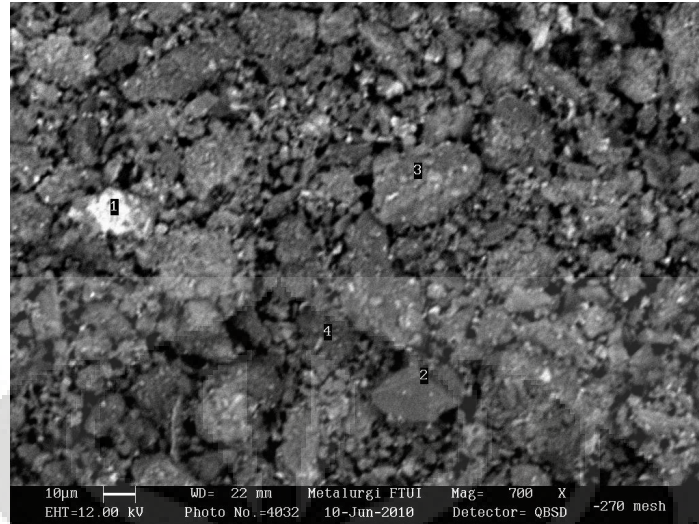


mineral utama pada mesh -170+200 berada pada kadar maksimalnya yaitu 33,92% jika dibandingkan dengan besar ukuran partikel yang lain.

4. Kecenderungan tren unsur Fe kurang lebih sama dengan unsure Ti, yaitu grafik berupa parabola yang terbuka keatas, kadar unsure Fe terendah berada pada mesh -170+200, sama dengan Ti, hal ini memiliki kaitan bahwa unsure Ti dan Fe pada bauksit memiliki ikatan, sebagaimana yang telah dijelaskan sebagai Mineral Interlocking pada bagian 2.4. Selain itu pada mesh -120+150, -170+200, dan -200+250, kadar unsure Fe antara lain 8,22%; 6,04% ; dan 3,85% hal ini menunjukkan bahwa pada ukuran tersebut, kadar unsure mineral ikutan Fe dapat dilakukan penyaringan atau separasi dengan metode sising. Lebih lanjut lagi, kandungan unsure Fe diteliti pada foto SEM.

#### **4.2.3 Analisa Foto SEM**

Pada bagian sebelumnya disinggung soal tren kadar dari unsur penyusun bijih dimana dilakukan analisa pada butir-butir / partikel yang terbentuk, dengan menggunakan pertimbangan segi grafisnya (warna dan bentuk geometrinya). Pada Gambar 4.4 terlihat foto SEM dengan perbesaran 700 kali dan angka-angka butir yang ditinjau kadarnya dengan EDAX, dimana ukurannya adalah -270 mesh yang sebelumnya dibahas kadar unsur Si pada ukuran ini cukup tinggi. Hal ini dikarenakan pembebasan Si dan sifat mekanisnya yang rapuh yang menyebabkan mudahnya Si hancur. Disamping itu angka 2 pada Gambar 4.4 memiliki kadar unsur Si sebesar 21% dan Al 8%. Hal ini berhubungan dengan fraksi seperti yang disinggung sebelumnya pada bagian 2.5.



**Gambar 4.8** Foto SEM Ukuran Mesh -270

Selain itu, pada peninjauan gambar foto yang lebih lanjut maka dapat diteliti bahwa semakin gelap gradasi warna kadar Fe semakin menurun hal ini terbukti pada hasil pengujian EDAX sampel (dilampirkan) terlihat bahwa pada pada ukuran mesh -270 , Gambar 4.4, terlihat titik 4 dimana pada pengujian EDAX yang terlampir kadar Fe yang terhitung hanya sebesar 2,98%. Hal ini juga didukung bahwa pada titik 1 Gambar 4.4 dimana kadar Fe sangat besar saat dilakukan pengujian EDAX yaitu sebesar 67,44%,.

Hal ini menunjukkan bahwa pada bauksit perbedaan gradasi dan morfologi menunjukkan adanya perbedaan kandungan kadar unsure yang ada pada bauksit itu sendiri <sup>[11]</sup>. Selain itu, pada unsure Aluminium terdapat dua tipe ikatan yang pada umumnya sering ditemukan pada bauksit yaitu, dalam bentuk sebagai kaolinite dan tanah liat <sup>[10]</sup>. dimana pada bentuk tanah liat Al bersama dengan Si berikatan sebagai senyawa, berbeda bentuk dengan Al dalam Kaolinite yang tidak berbentuk senyawa ikatannya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi pengaruh klasifikasi dengan menggunakan screening pada pengolahan mineral bauksit Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat, diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Pada foto SEM perbedaan gradasi warna dan geometri pada butir bijih bauksit Kabupaten Tayan, Kalimantan Barat, menunjukkan perbedaan kandungan pada butir itu sendiri.
2. Penyusun bijih baik mineral maupun gangue-nya terkonsentrasi pada ayakan yang berbeda terutama pada mesh -270, dimana pada ukuran tersebut rata-rata konsentrasi unsur Si sebesar 10,4%
3. Unsur Aluminium tertinggi dicapai pada mesh -120+150 dan -170+200 dengan rata-rata kandungan 33.87% dan 33.92% dari total berat
4. Unsur Logam Fe berada pada titik terendah pada ukuran partikel mesh -120+150, -170+200, dan -200+250 berturut-turut 8,22%; 6,04%; dan 3,85 % menunjukan tren menurun daripada ukuran mesh sebelumnya , -70+180, yaitu sebesar 19,07% dan kemudian pada ukuran yang lebih kecil,-270, mulai naik lagi hingga 13,05%.
5. Logam Titanium memiliki tren yang j\hampir sama
6. Ukuran partikel mulai dari ukuran mesh -150+200, -200+250, hingga -270 kadar unsur Si meningkat beturut-turut : 2,58%; 6,45% dan 10,37%

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, hasil pengolahan mineral bauksit akan mencapai nilai optimum, terutama setelah dilakukan proses klasifikasi, dengan beberapa saran,

1. Memfokuskan peningkatan kadar Al berdasarkan ukuran partikel dengan meninjau sifat-sifat nya pada kondisi ukuran tertentu mengingat adanya perbedaan kadar pada masing-masing ukuran partikel
2. Melakukan klasifikasi lebih lanjut, seperti gravity, hal ini dikarenakan untuk logam Fe terlihat tidak ada ukuran partikel dimana terkandung logam Fe
3. Hindari Grinding dengan waktu yang terlalu lama selain memakan energy tinggi, juga dapat menyebabkan konsentrasi *gangue* Si yang tinggi pula
4. Ukuran partikel disarankan dari -70 hingga +150 dimana konsentrasi silica rendah dan Al berada pada puncaknya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bauxite. *Bauxite & Iron Sands*. PT. Antam Persero Tbk. <  
[http://www.antam.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=21&Itemid=30#](http://www.antam.com/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=30#)>
2. Wills, B.A. 2006. *Mineral Processing Technology : An Introduction To The Practical Aspects Of Ore Treatment And Mineral Recovery*. Elsevier: The University Of Queensland.
3. Rosenqvist, T. 1973. *Principles of Extractive Metallurgy Vol 2*. McGraw ó Hill
4. Palani Kumar. 2006. *Aluminium : The Metal of Future*. Metalworld
5. Mineral Collection Images. *My Mineral Collection, Miscellaneous Systematic Oxides Page*. The Robotics Institute : Carnegie Mellon. <  
<http://www.cs.cmu.edu/~adg/adg-psoimages.html>>
6. Topkaya, Yavuz A. 2005. *Lecture Notes : Chemical Principles of Material Production*. Jepang
7. J. Moon, Charles. 2006. *Introduction to Mineral Exploration 2<sup>nd</sup> ed.* Blackwell Publishing
8. Fandrich, R., Ying Gu, Debra Burrows, Kurt Moeller. 2006. *Modern SEM-based mineral liberation analysis*. Elsevier
9. Wiley, John & Sons. 2007. *Kirk-Othmer : Encyclopedia Of Chemical Technology Fifth Edition*. Wiley-Interscience: New Jersey.
10. Lagaligo, Abraham. *Indonesia Eksporir 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)>
11. Usman, Dudi N. 2006. *MINERALISASI ENDAPAN BAUKSIT*. Unisba <  
<http://mining.unisba.ac.id/index.php?pilihan=detail&kategori=jurnal&id=12>>
12. Aris S, Tri., Antonio Gomes. 2009. *Tugas Bahan : "Aluminium"*. Institut Teknologi Malang

13. Fahad, Muhammad ; Yaseen Iqbal; Rick Ubic. *BAUXITE DEPOSITS IN PAKISTAN: AN INTRODUCTION*. Material Connection Centre, Institute of Electronics & Physics, University of Peshawar, Pakistan





**LAMPIRAN 1. FOTO SAMPEL UJI**



(a)

(b)

(c)



(d)



(e)

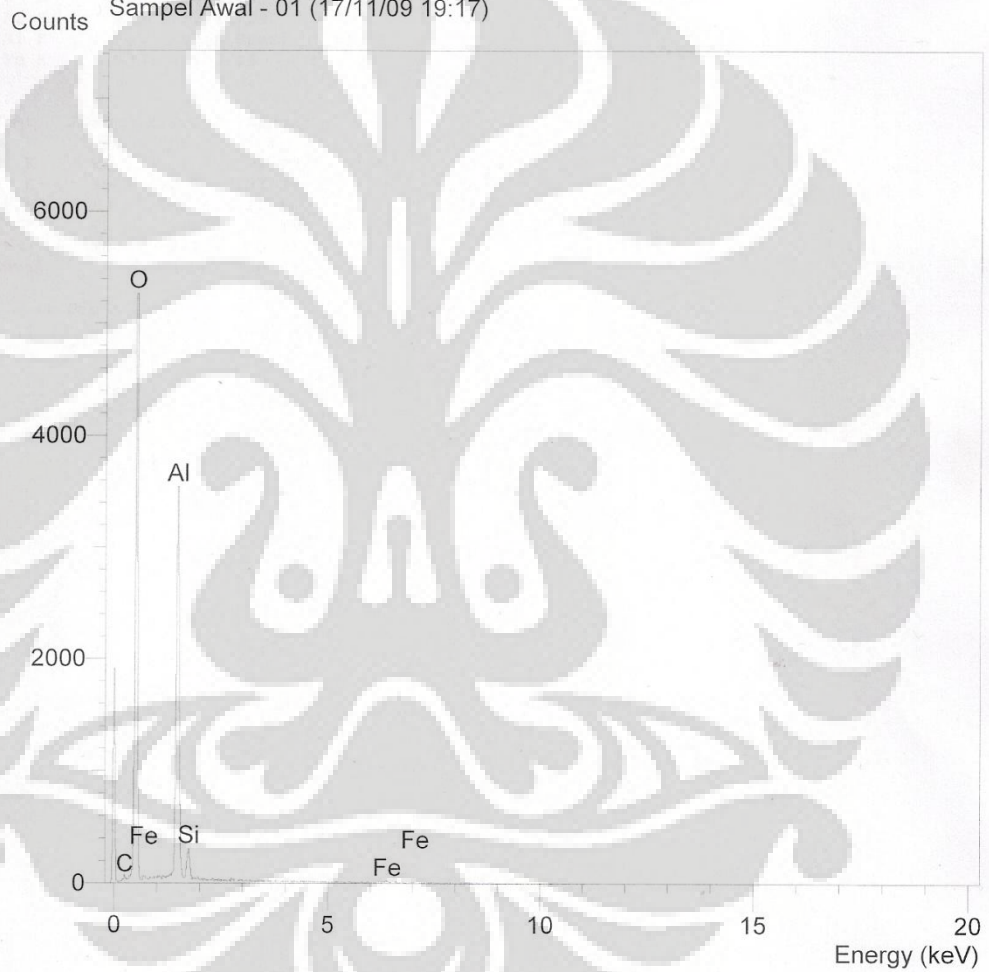
Foto Sampel Uji dengan Ukuran yang Berbeda





**LAMPIRAN 2. HASIL PENGUJIAN EDAX**

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 19:18:14 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.

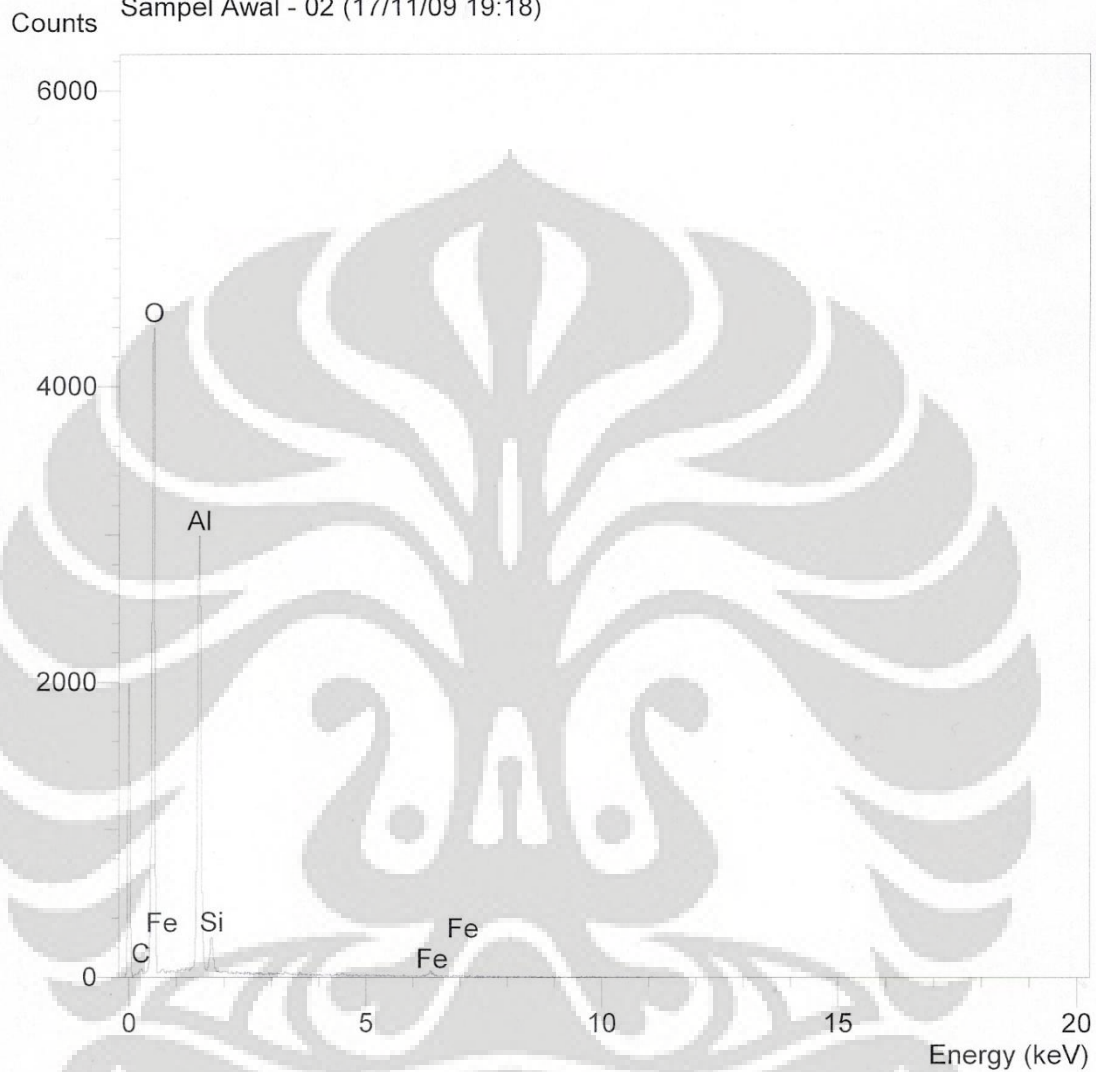
Standards :

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.

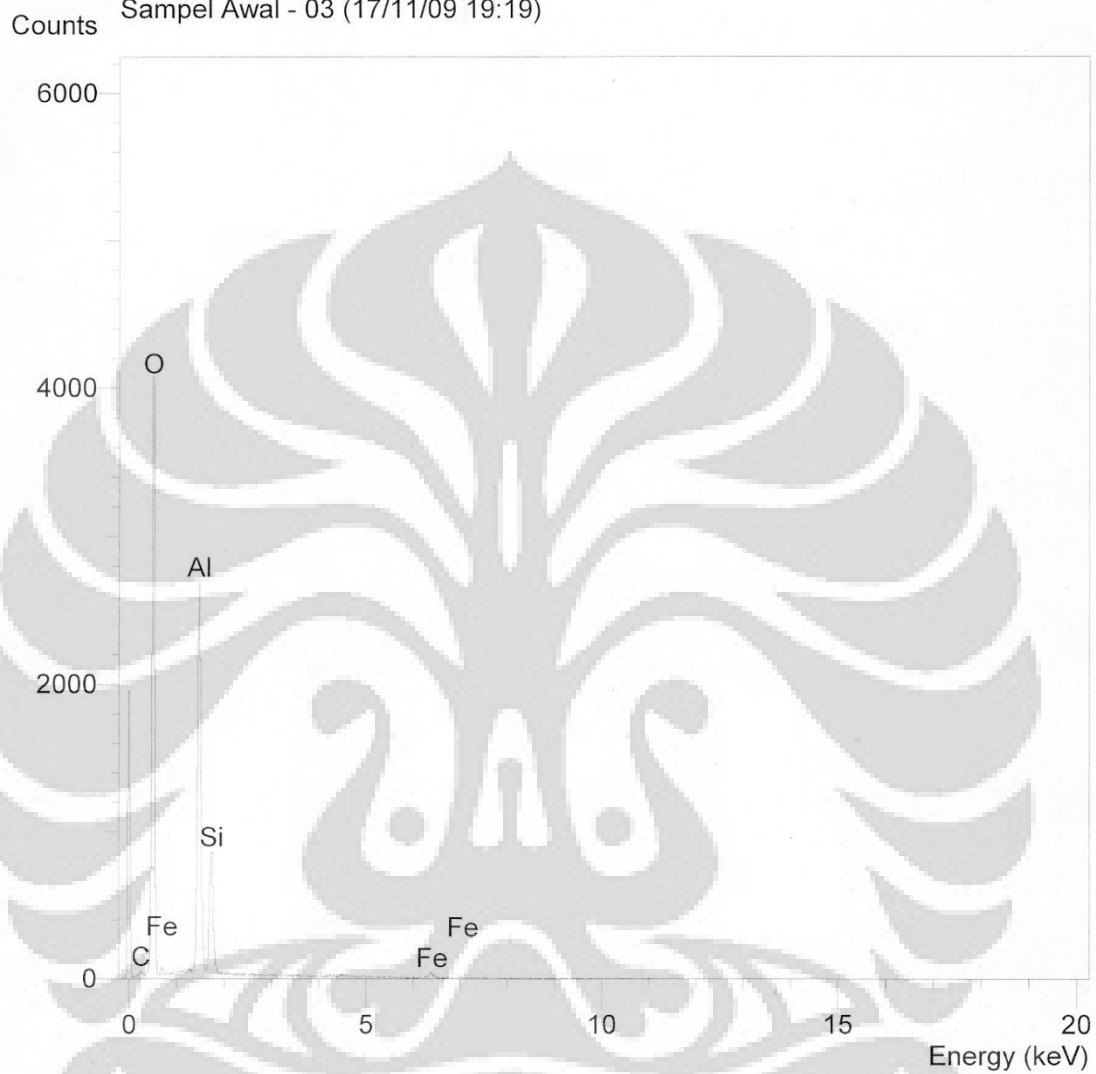
Standards :

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 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.

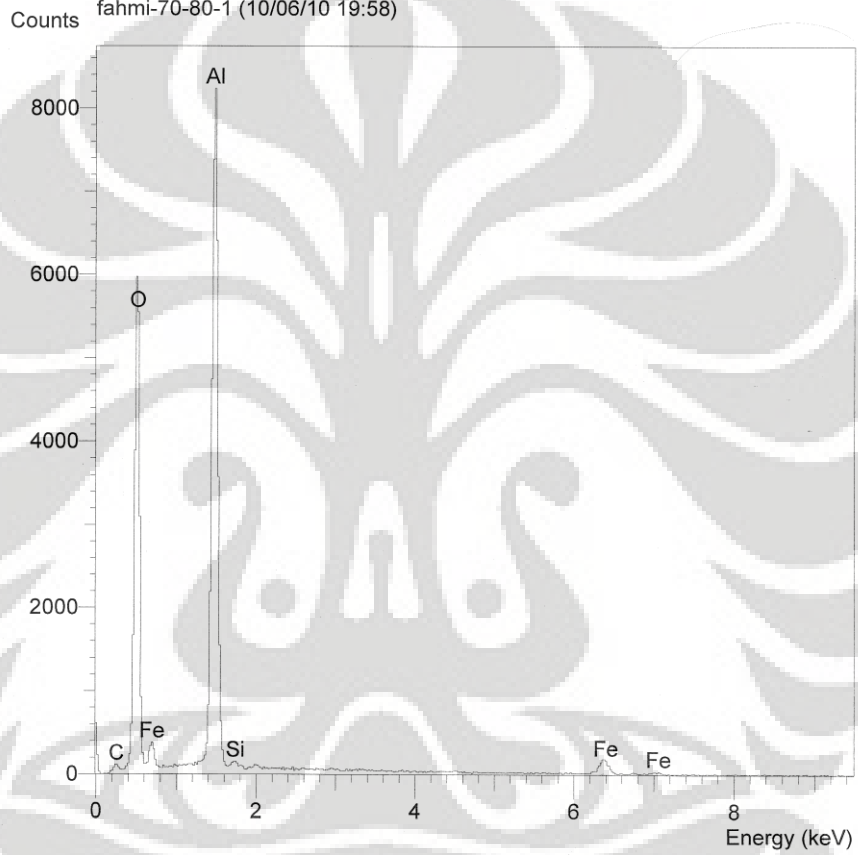
Standards :

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

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-70-80-1 (10/06/10 19:58)





SEMQuant results. Listed at 20:01:59 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-70-80-2

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV.

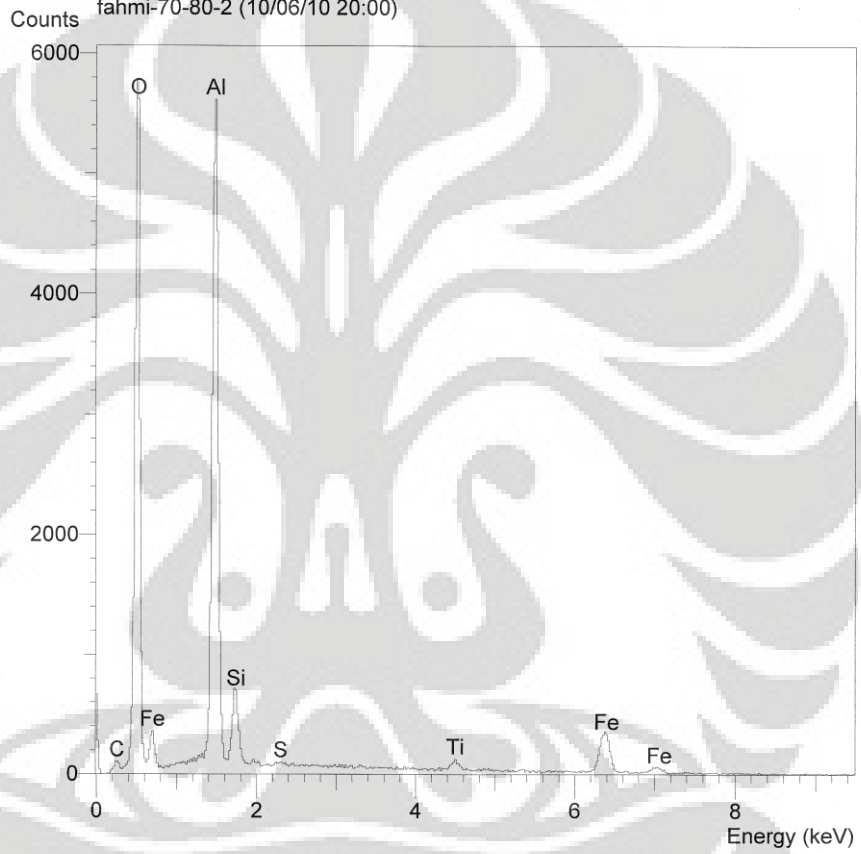
Standards :

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
S K	FeS2	22/03/06
Ti K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.32	0.65
O K	ED	39.54	59.07
Al K	ED	28.88	25.58
Si K	ED	2.60	2.21
S K	ED	0.24	0.18
Ti K	ED	2.23	1.11
Fe K	ED	26.19	11.21
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-70-80-2 (10/06/10 20:00)



SEMQuant results. Listed at 20:00:23 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-70-80-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

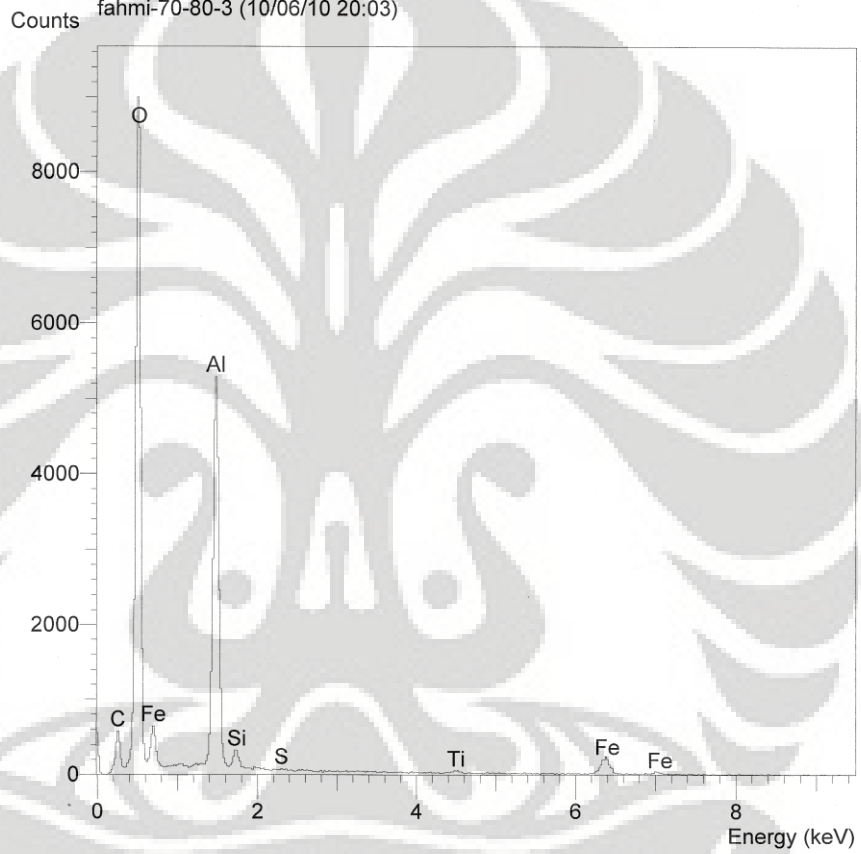
Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	17/11/09
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	0.42	0.78
O K	ED	42.54	58.67
Al K	ED	42.19	34.50
Si K	ED	0.47	0.37
Fe K	ED	14.37	5.68
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-70-80-3 (10/06/10 20:03)



SEMQuant results. Listed at 20:04:56 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-70-80-3

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

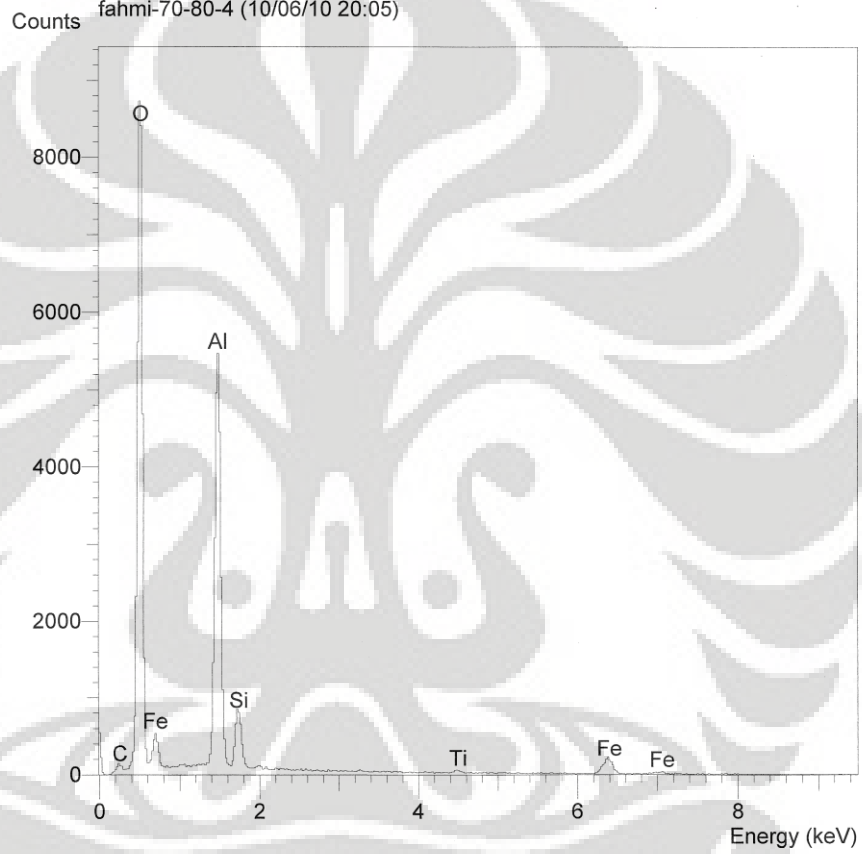
Standards :

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

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.09	1.88
O K	ED	54.55	70.76
Al K	ED	26.20	20.15
Si K	ED	0.96	0.71
S K	ED	0.16	0.11
Ti K	ED	0.95	0.41
Fe K	ED	16.09	5.98
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-70-80-4 (10/06/10 20:05)



SEMQuant results. Listed at 20:07:09 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-70-80-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

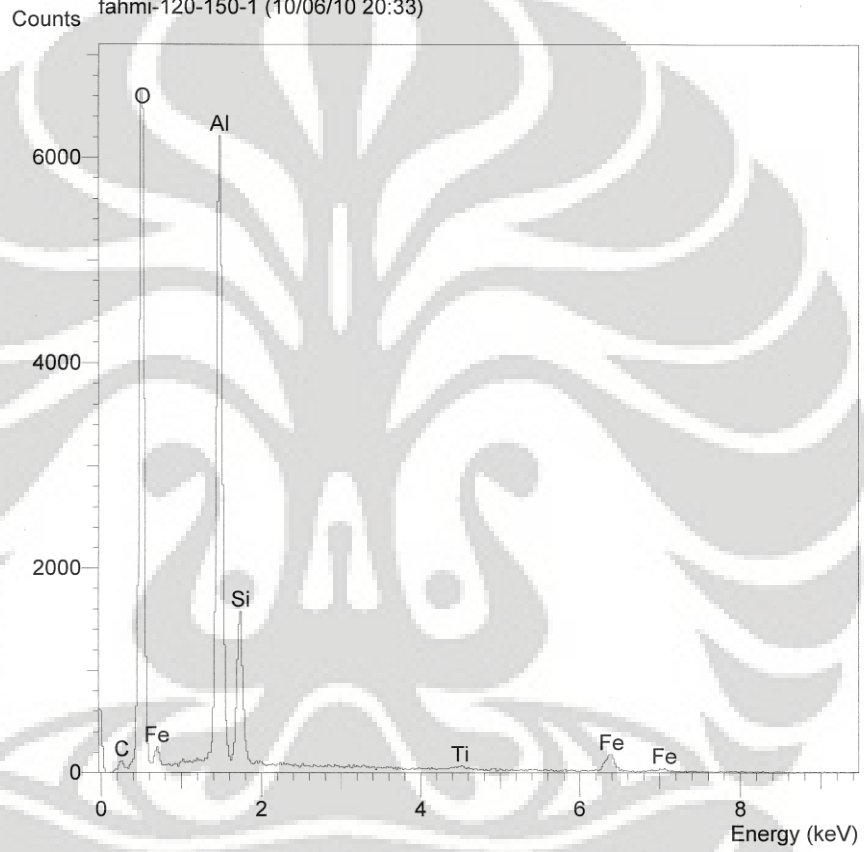
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K AL2O3 17/11/09  
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	0.38	0.65
O K	ED	53.62	70.11
Al K	ED	26.88	20.85
Si K	ED	3.13	2.33
Ti K	ED	1.06	0.46
Fe K	ED	14.94	5.60
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-120-150-1 (10/06/10 20:33)





SEMQuant results. Listed at 20:34:31 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-120-150-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

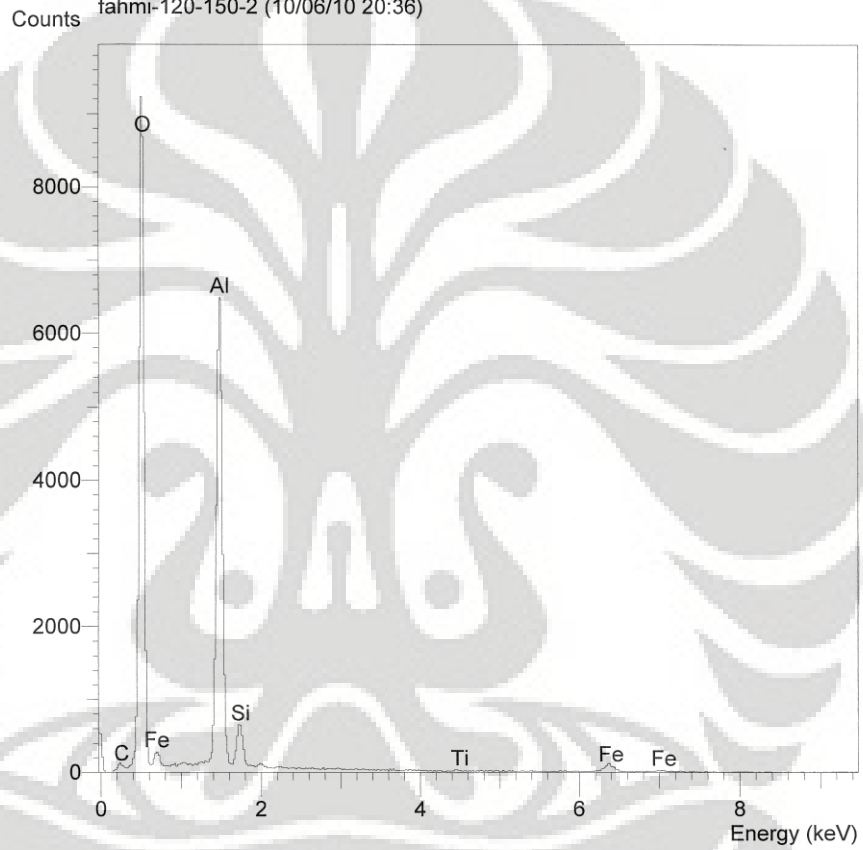
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K AL2O3 17/11/09  
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	0.39	0.69
O K	ED	47.93	64.14
Al K	ED	31.57	25.05
Si K	ED	6.21	4.74
Ti K	ED	0.89	0.40
Fe K	ED	13.02	4.99
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-120-150-2 (10/06/10 20:36)



SEMQuant results. Listed at 20:38:13 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-120-150-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

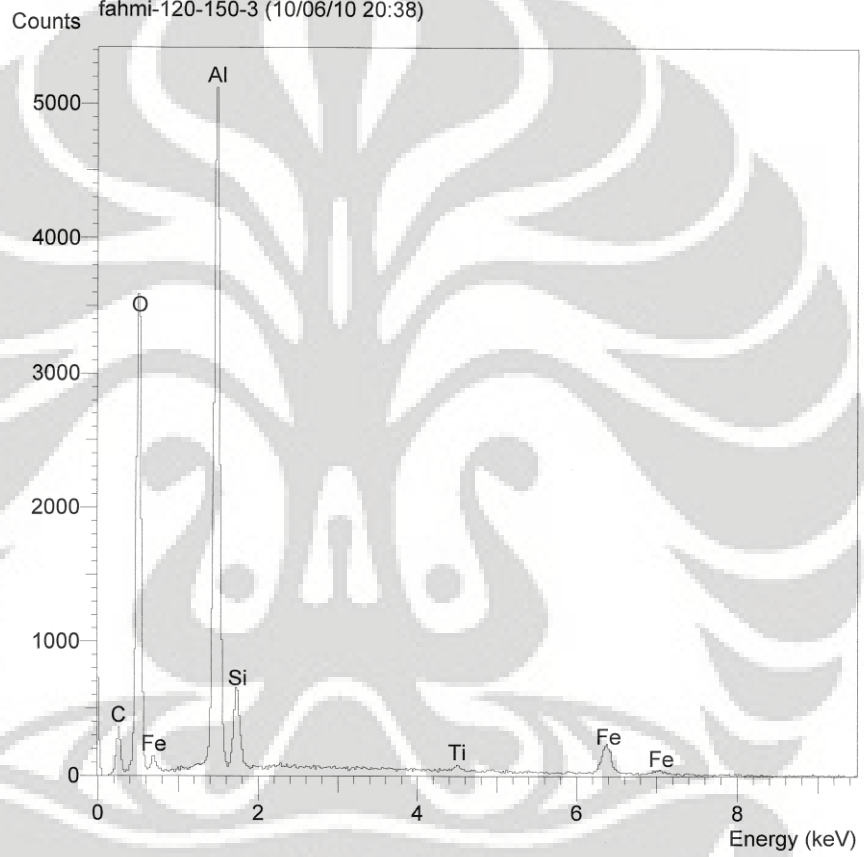
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K AL2O3 17/11/09  
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	0.37	0.61
O K	ED	57.40	71.39
Al K	ED	31.57	23.28
Si K	ED	2.52	1.79
Ti K	ED	0.45	0.19
Fe K	ED	7.68	2.74
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-120-150-3 (10/06/10 20:38)



SEMQuant results. Listed at 20:39:54 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-120-150-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

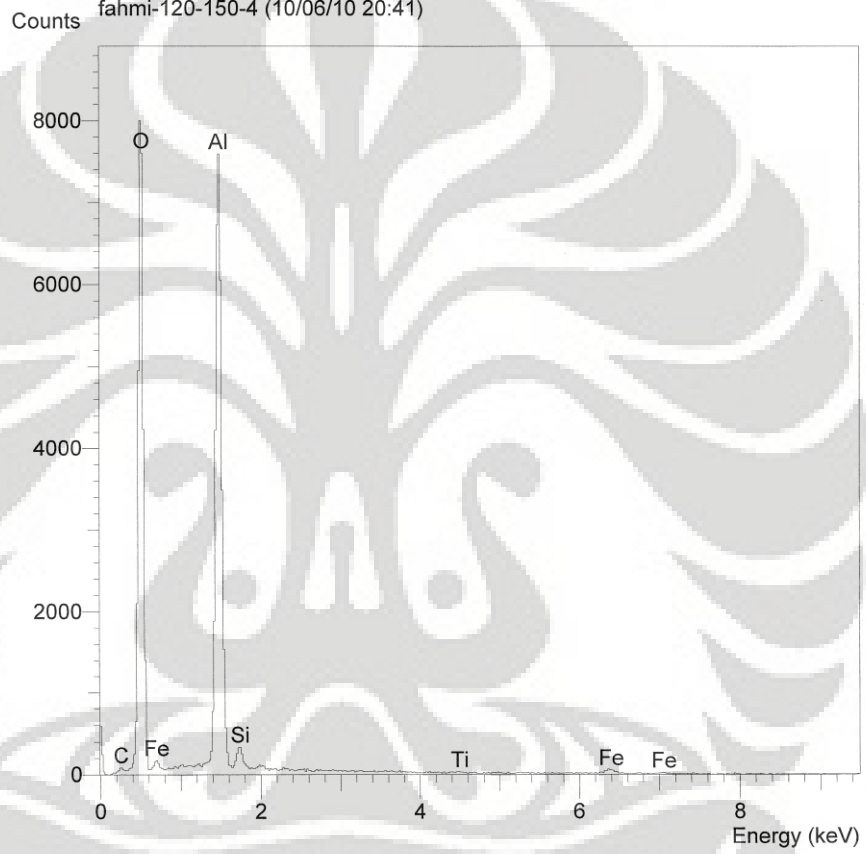
Standards :

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  
Ti K Titanium Oxide 19/05/06  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.32	2.61
O K	ED	36.06	53.27
Al K	ED	35.39	31.00
Si K	ED	3.58	3.01
Ti K	ED	1.60	0.79
Fe K	ED	22.05	9.33
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-120-150-4 (10/06/10 20:41)



SEMQuant results. Listed at 20:44:04 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-120-150-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

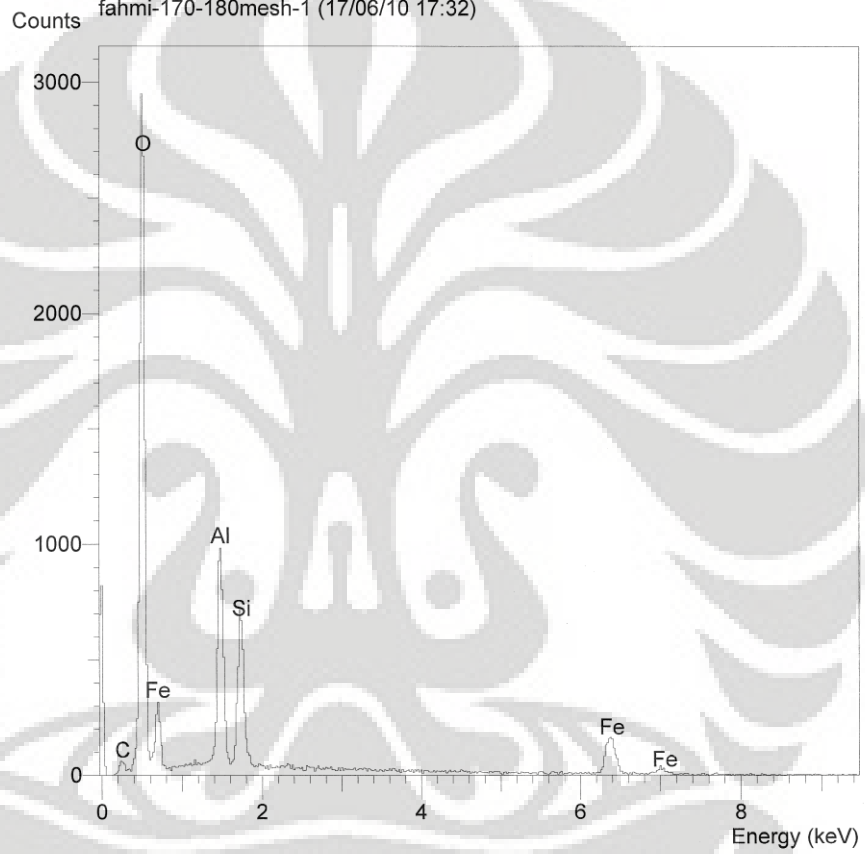
Standards :

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. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.33	0.54
O K	ED	55.55	68.75
Al K	ED	38.46	28.22
Si K	ED	1.31	0.92
Ti K	ED	0.41	0.17
Fe K	ED	3.95	1.40
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-170-180mesh-1 (17/06/10 17:32)





SEMQuant results. Listed at 17:33:48 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-170-180mesh-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

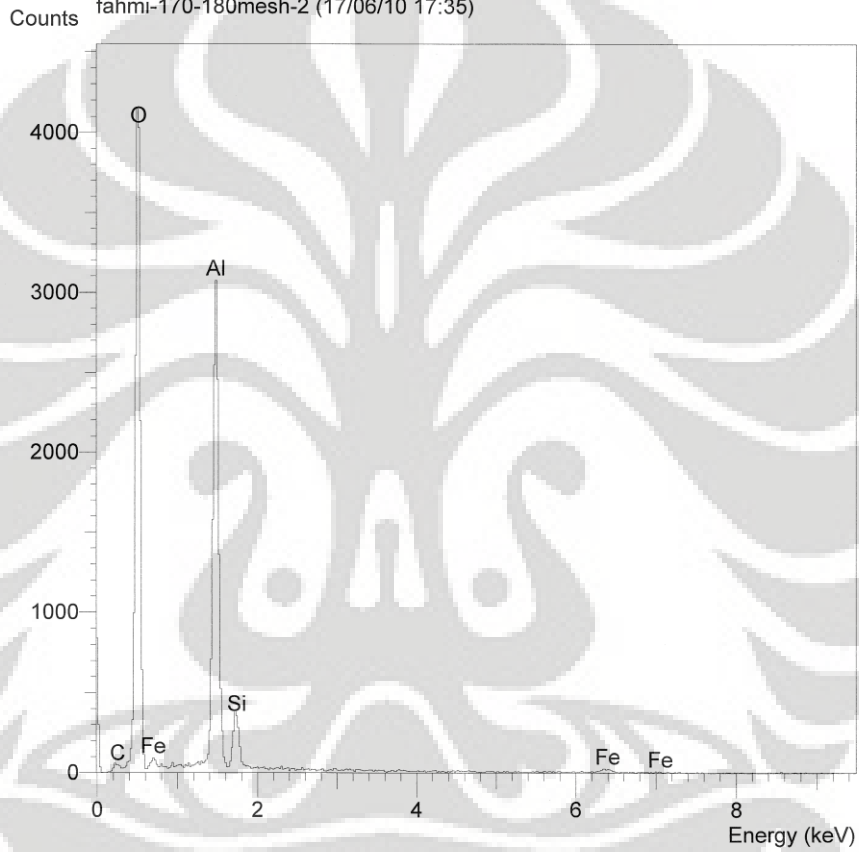
Standards :

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. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.57	1.12
O K	ED	45.17	66.76
Al K	ED	13.94	12.22
Si K	ED	6.76	5.69
Fe K	ED	33.56	14.21
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-170-180mesh-2 (17/06/10 17:35)



SEMQuant results. Listed at 17:36:33 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-170-180mesh-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

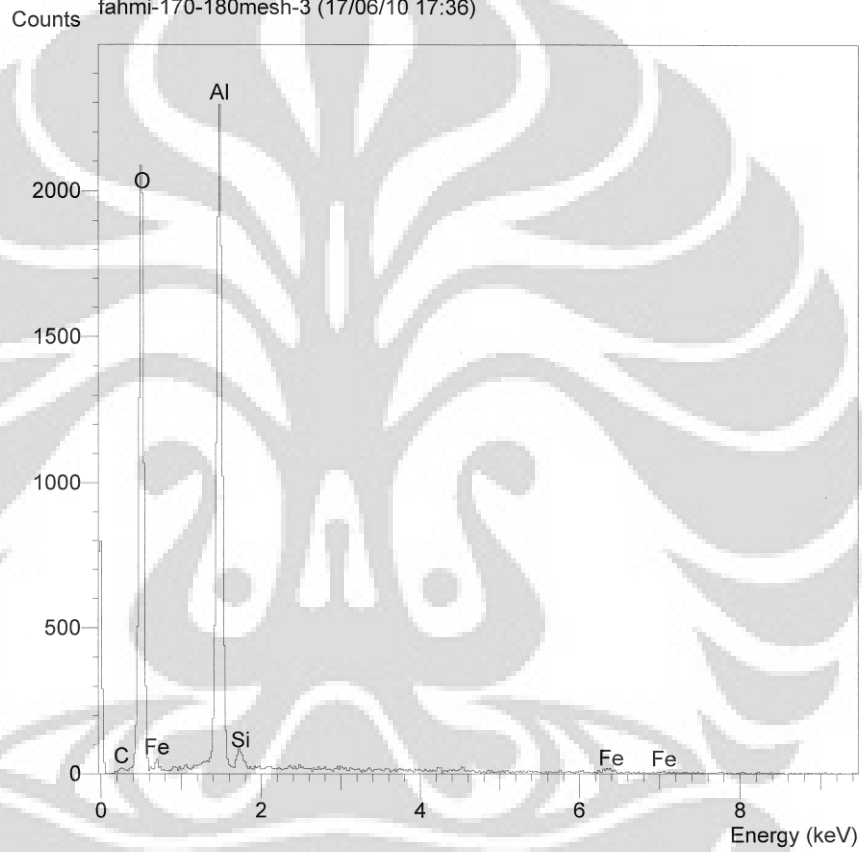
Standards :

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  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.60	0.96
O K	ED	59.34	71.87
Al K	ED	32.57	23.39
Si K	ED	3.41	2.35
Fe K	ED	4.09	1.42
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-170-180mesh-3 (17/06/10 17:36)



SEMQuant results. Listed at 17:37:43 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-170-180mesh-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

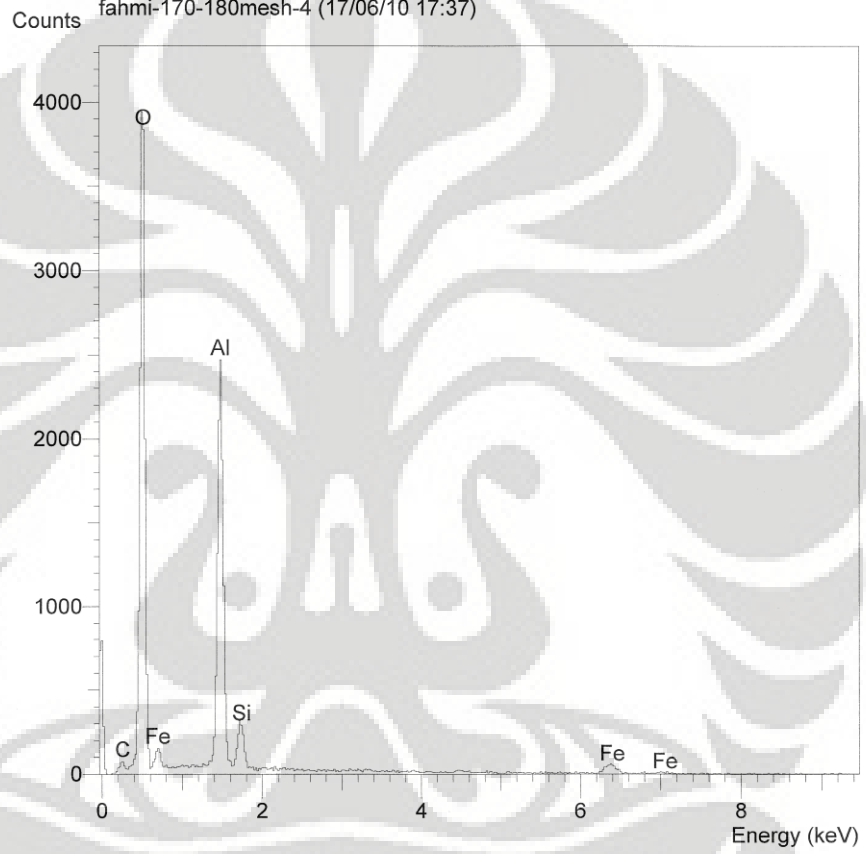
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K 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	0.95	1.57
O K	ED	53.18	66.14
Al K	ED	40.54	29.90
Si K	ED	1.42	1.01
Fe K	ED	3.91	1.39
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-170-180mesh-4 (17/06/10 17:37)



SEMQuant results. Listed at 17:38:51 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-170-180mesh-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

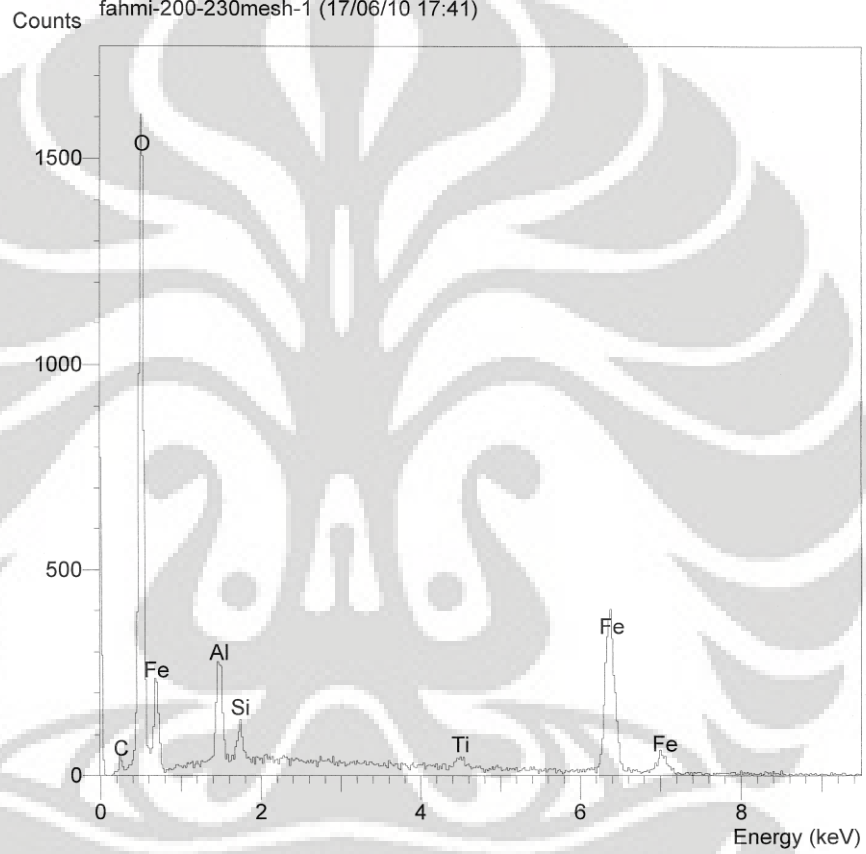
Standards :

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. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.62	1.03
O K	ED	57.69	72.05
Al K	ED	28.65	21.22
Si K	ED	2.92	2.08
Fe K	ED	10.12	3.62
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-200-230mesh-1 (17/06/10 17:41)





SEMQuant results. Listed at 17:43:26 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-200-230mesh-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

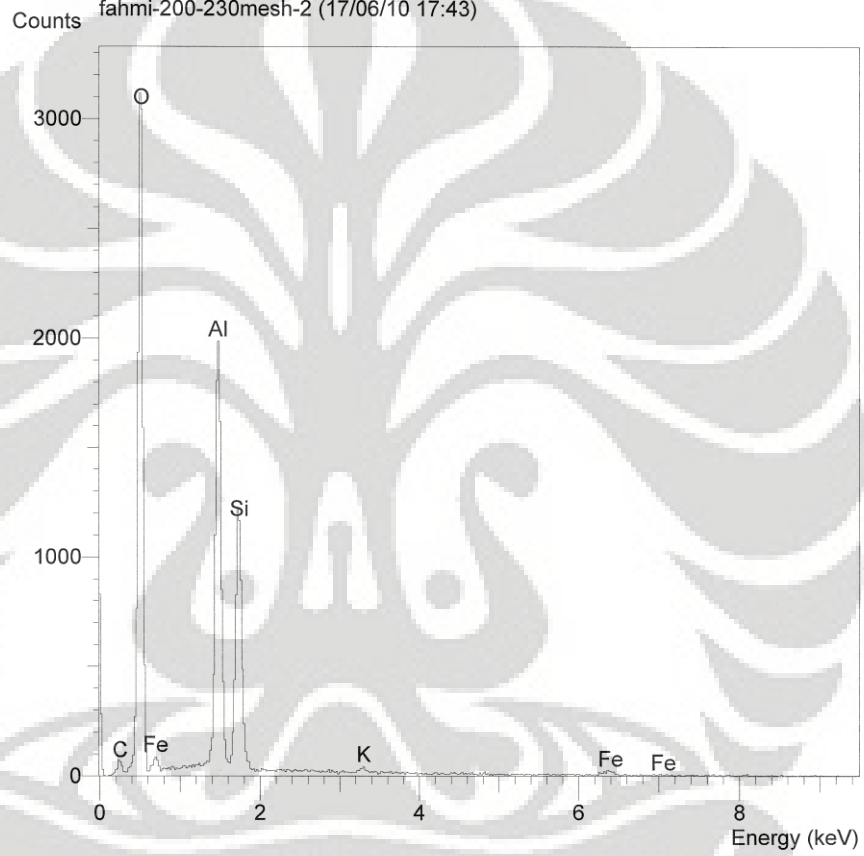
Standards :

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  
Ti K Titanium Oxide 19/05/06  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.38	1.08
O K	ED	23.19	49.17
Al K	ED	4.09	5.14
Si K	ED	0.81	0.98
Ti K	ED	1.85	1.31
Fe K	ED	69.68	42.32
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-200-230mesh-2 (17/06/10 17:43)



SEMQuant results. Listed at 17:45:30 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-200-230mesh-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

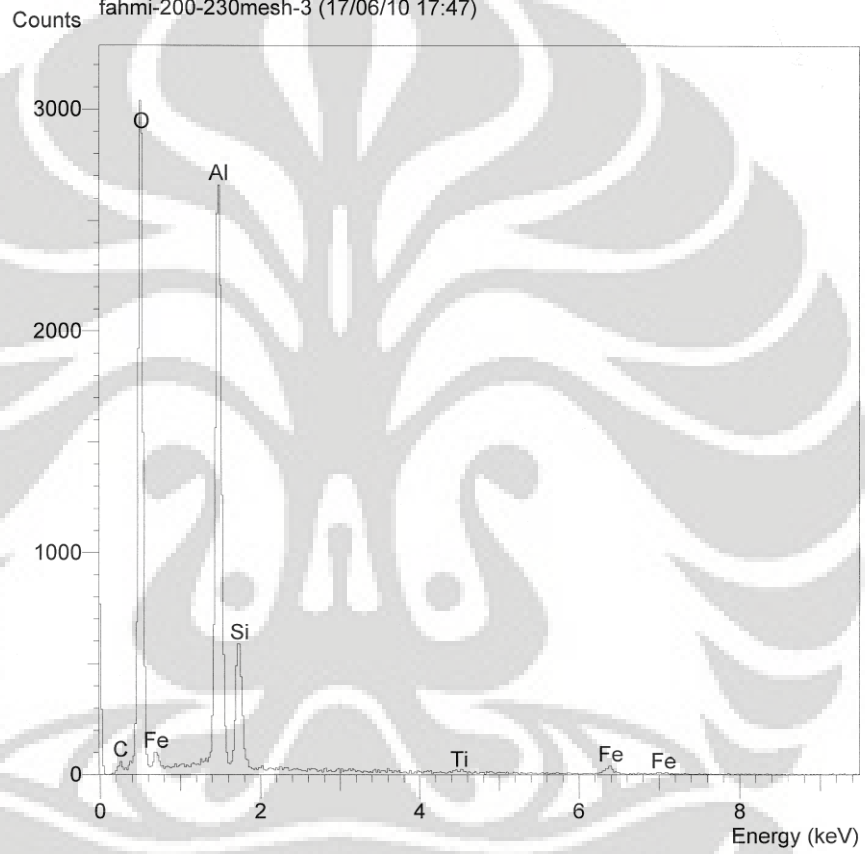
Standards :

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  
K K Orthoclase 22/03/06  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.85	1.40
O K	ED	56.77	69.83
Al K	ED	24.88	18.15
Si K	ED	12.35	8.65
K K	ED	1.04	0.52
Fe K	ED	4.11	1.45
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-200-230mesh-3 (17/06/10 17:47)



SEMQuant results. Listed at 17:49:09 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-200-230mesh-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

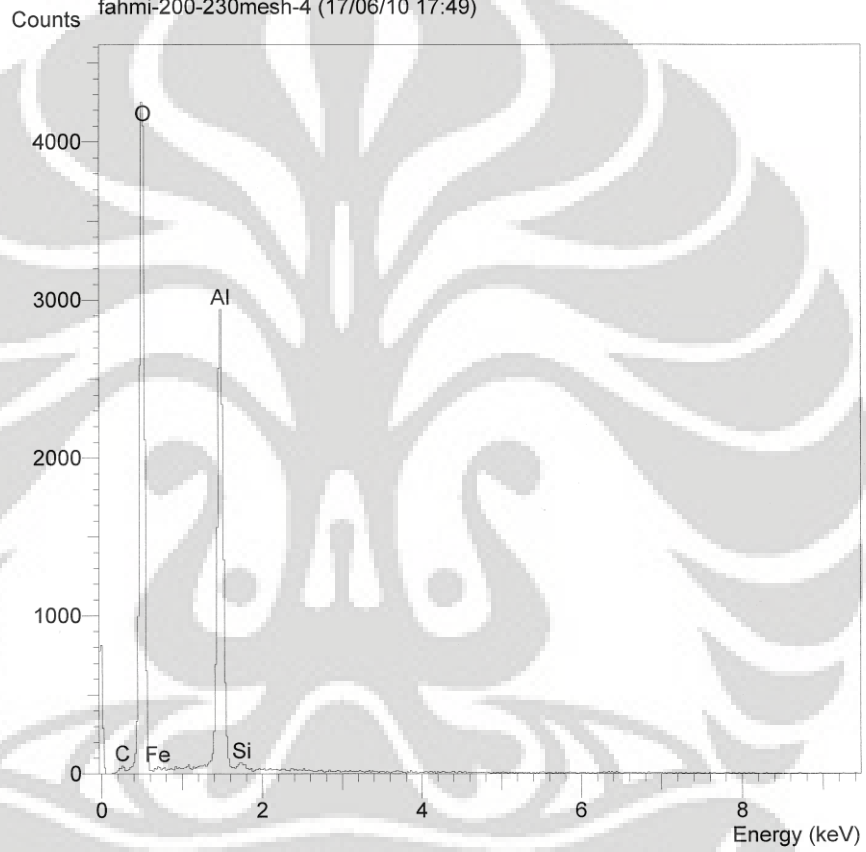
Standards :

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  
Ti K Titanium Oxide 19/05/06  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.72	1.21
O K	ED	52.57	66.59
Al K	ED	33.23	24.96
Si K	ED	6.36	4.59
Ti K	ED	0.98	0.41
Fe K	ED	6.14	2.23
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-200-230mesh-4 (17/06/10 17:49)



SEMQuant results. Listed at 17:51:08 on 17/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-200-230mesh-4

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF ( 2 iterations).  
Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

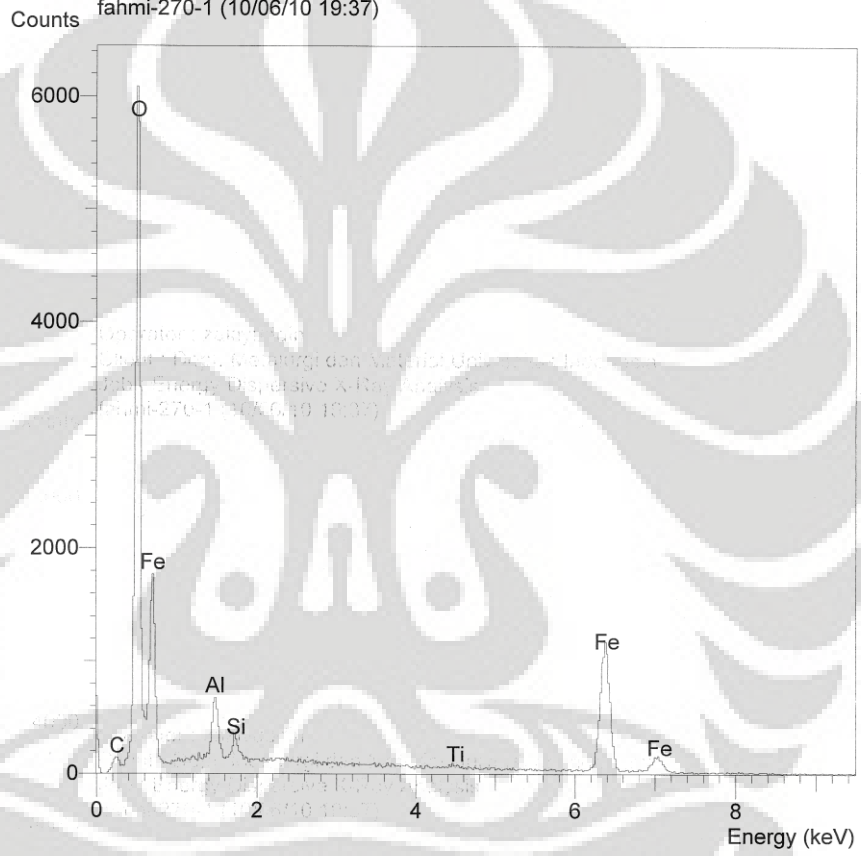
Standards :

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	0.60	0.93
O K	ED	63.19	74.31
Al K	ED	34.28	23.90
Si K	ED	0.63	0.42
Fe K	ED	1.30	0.44
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-270-1 (10/06/10 19:37)





SEMQuant results. Listed at 19:40:15 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-270-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

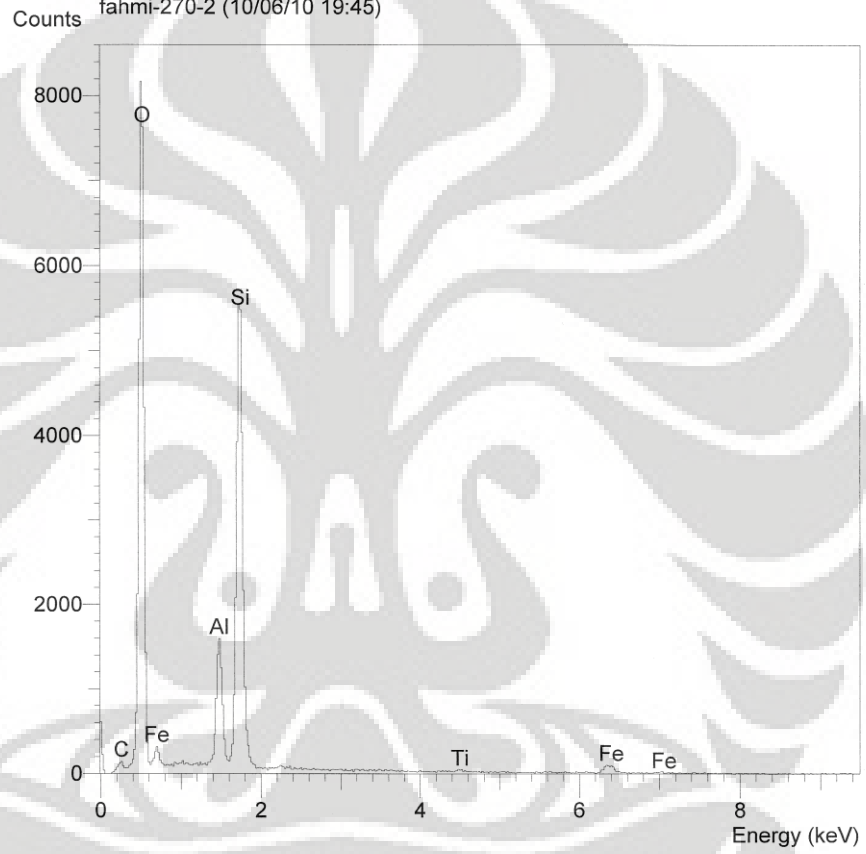
Standards :

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  
Ti K Titanium Oxide 19/05/06  
Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.23	0.61
O K	ED	28.25	56.35
Al K	ED	2.90	3.43
Si K	ED	0.60	0.68
Ti K	ED	0.59	0.39
Fe K	ED	67.44	38.54
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-270-2 (10/06/10 19:45)



SEMQuant results. Listed at 19:46:32 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-270-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

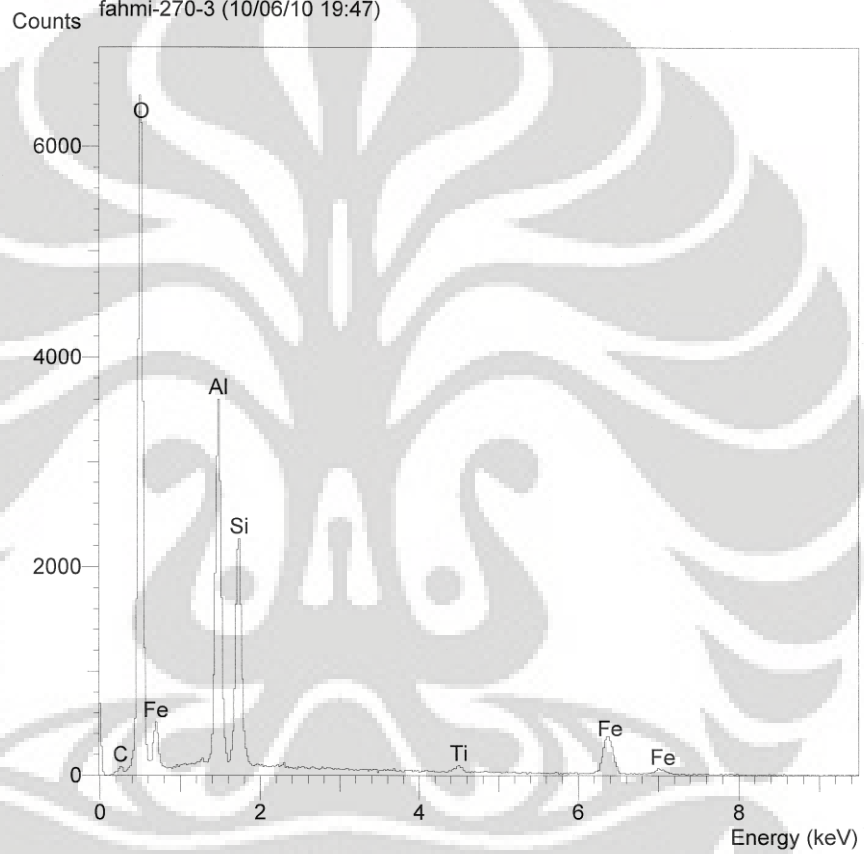
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06  
O K AL2O3 17/11/09  
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	0.48	0.79
O K	ED	60.80	74.83
Al K	ED	8.22	6.00
Si K	ED	21.75	15.25
Ti K	ED	0.67	0.28
Fe K	ED	8.09	2.85
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-270-3 (10/06/10 19:47)



SEMQuant results. Listed at 19:48:30 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-270-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

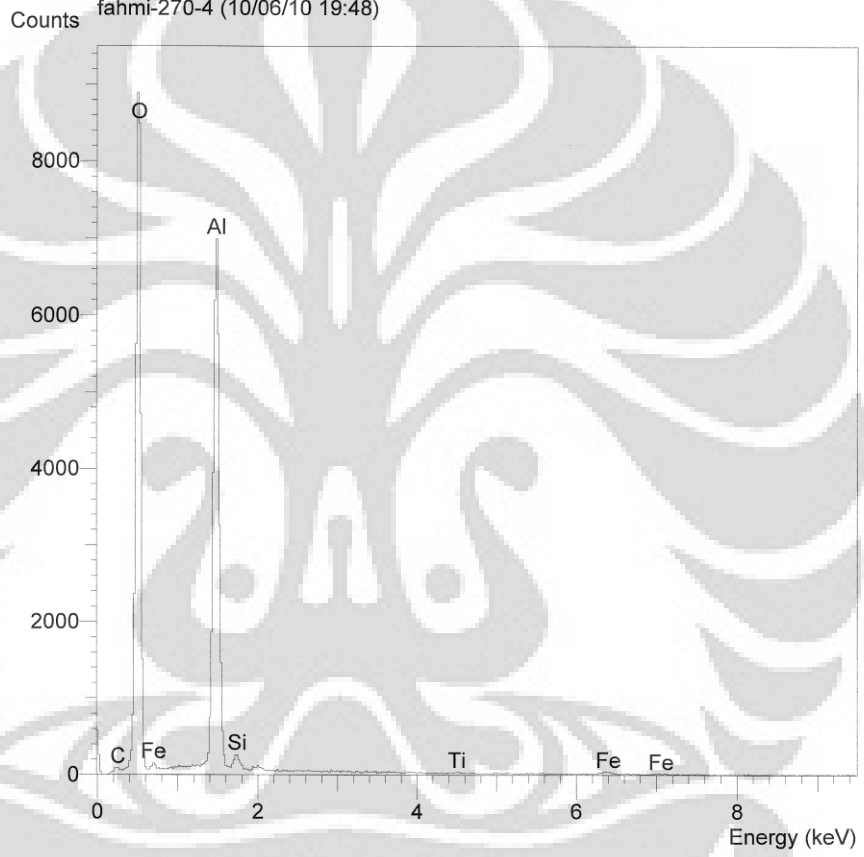
Standards :

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
Ti K	Titanium Oxide	19/05/06
Fe K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.24	0.47
O K	ED	43.29	63.82
Al K	ED	18.24	15.94
Si K	ED	8.39	7.05
Ti K	ED	1.76	0.87
Fe K	ED	28.08	11.86
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin  
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis  
fahmi-270-4 (10/06/10 19:48)



SEMQuant results. Listed at 19:50:03 on 10/06/10  
Operator: zakiyuddin  
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia  
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis  
Spectrum label: fahmi-270-4

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

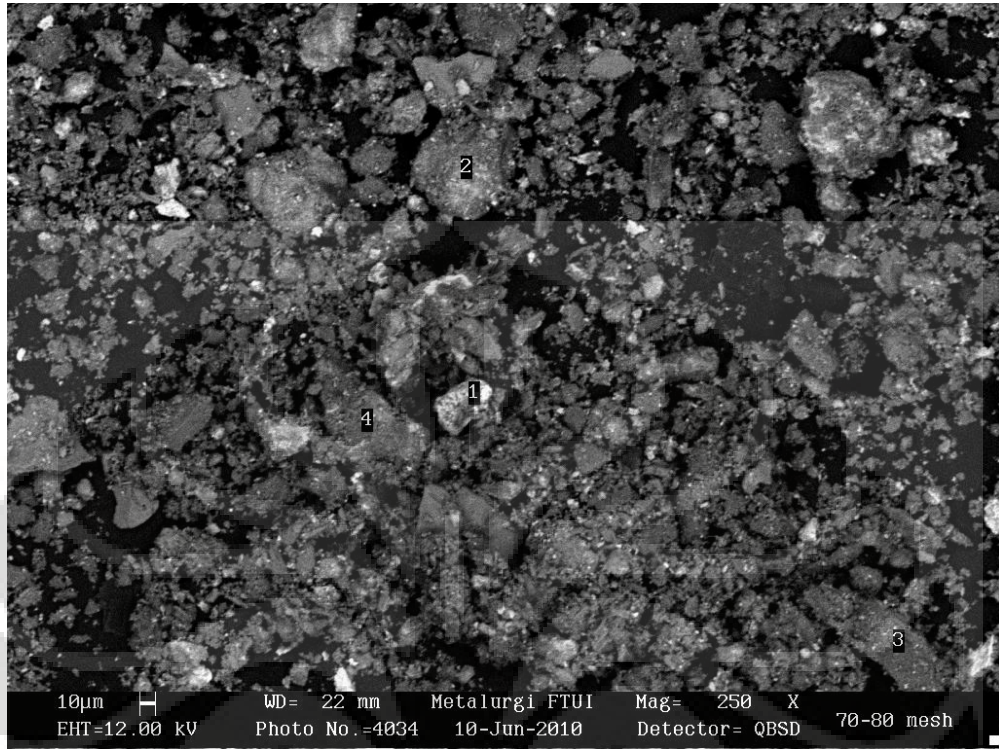
Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.34	0.55
O K	ED	59.48	71.92
Al K	ED	35.78	25.65
Si K	ED	0.97	0.67
Ti K	ED	0.45	0.18
Fe K	ED	2.98	1.03
Total		100.00	100.00

\* = <2 Sigma

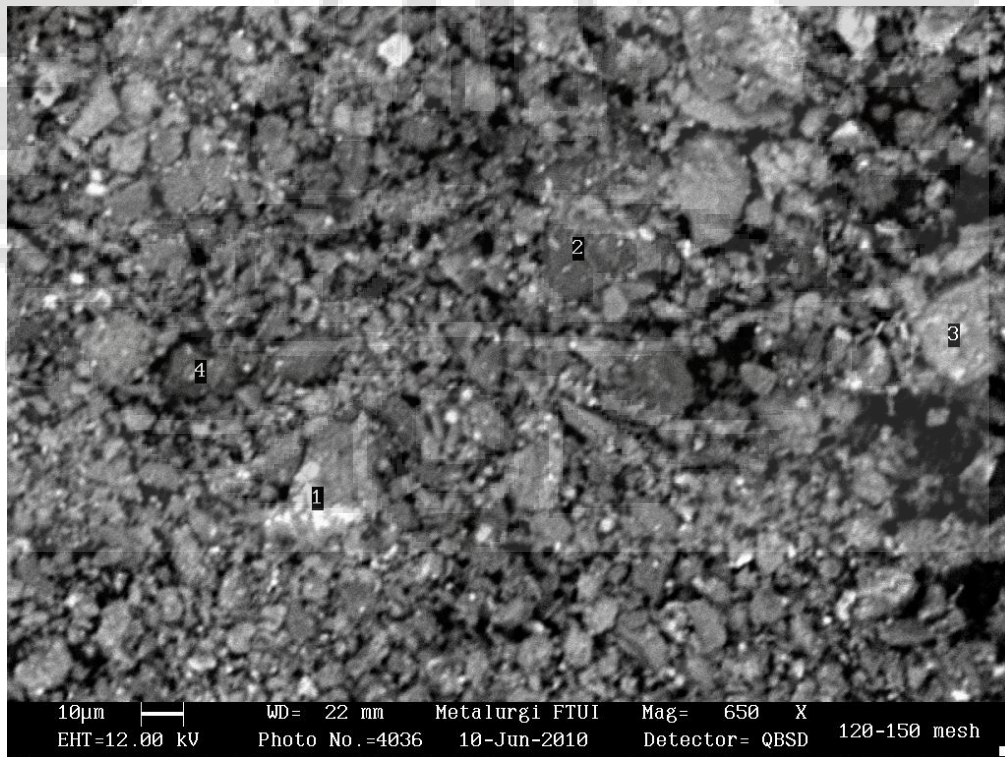


**LAMPIRAN 3. HASIL PENGUJIAN SEM**

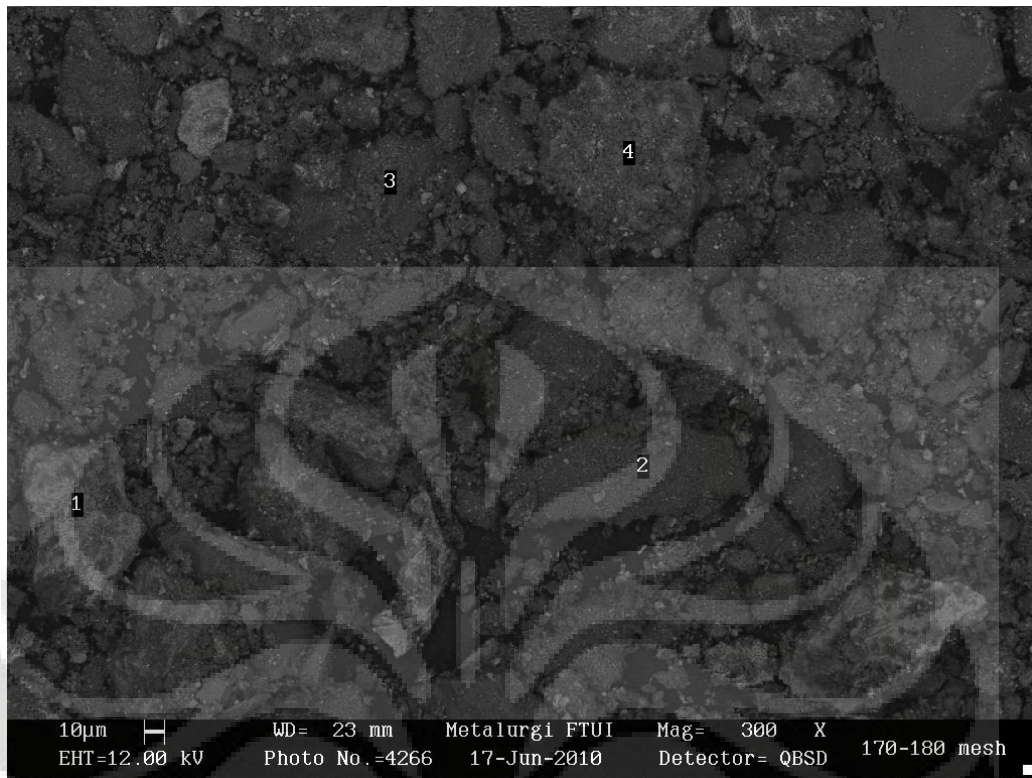




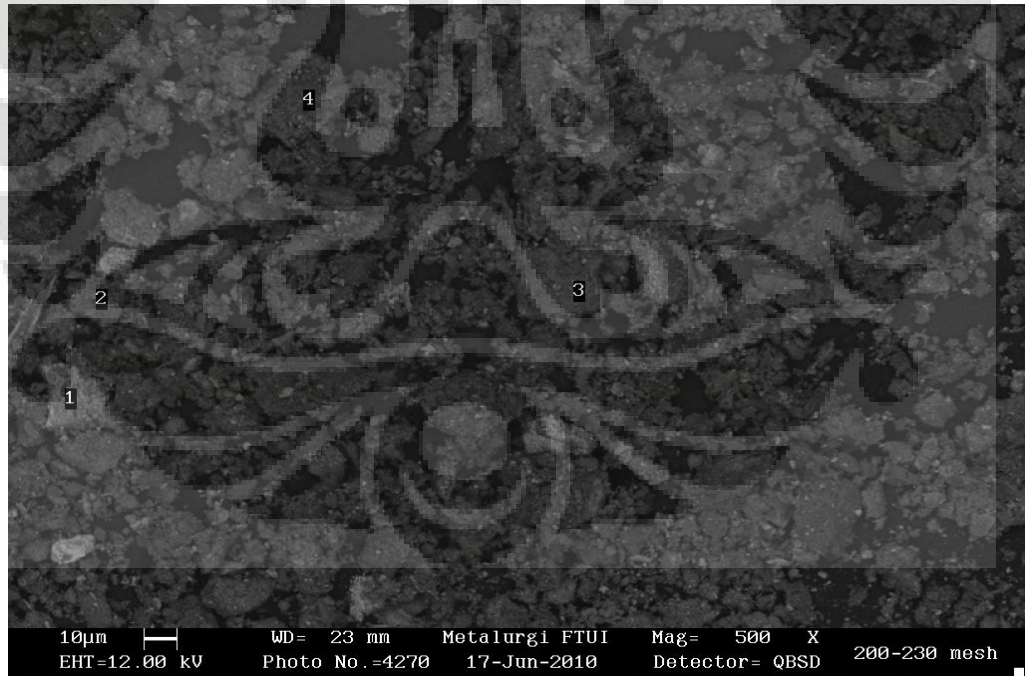
Uji SEM -70+80#



Uji SEM -120+150#



Uji SEM -170+180#



Uji SEM -200+230#