



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN BATUBARA PADA
PROSES *ROASTING REDUCTION* BIJIH NIKEL SAPROLIT
DAN PELINDIAN (*LEACHING*) DALAM LARUTAN ASAM
SULFAT 1 MOLAR**

SKRIPSI

**SUPRAYOGI
0806332010**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN BATUBARA PADA
PROSES *ROASTING REDUCTION* BIJIH NIKEL SAPROLIT
DAN PELINDIAN (*LEACHING*) DALAM LARUTAN ASAM
SULFAT 1 MOLAR**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

SUPRAYOGI

0806332010

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

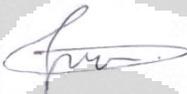
JULI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Suprayogi

NPM : 0806332010

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Suprayogi
NPM : 0806332010
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Batubara Pada Proses *Roasting Reduction* Bijih Nikel Saprolit Dan Pelindian (*Leaching*) Dalam Larutan Asam Sulfat 1 Molar

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi S. M., DEA.

(*Johny Wahyuadi*)

Penguji 1 : Dr. Badrul Munir, S.T., M.Eng.Sc.

(*Badrul Munir*)

Penguji 2 : Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, S.T., M.Eng.

(*Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo*)

Ditetapkan : Depok

Tanggal : 11 Julii 2012

KATA PENGANTAR

Pertama–tama, penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT karena berkat restu, nikmat dan bimbingan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik tanpa adanya hambatan yang cukup berarti dalam pengujian sampai akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat untuk menggapai gelar Sarjana Teknik (S.T) jurusan Metalurgi dan Material di Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

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

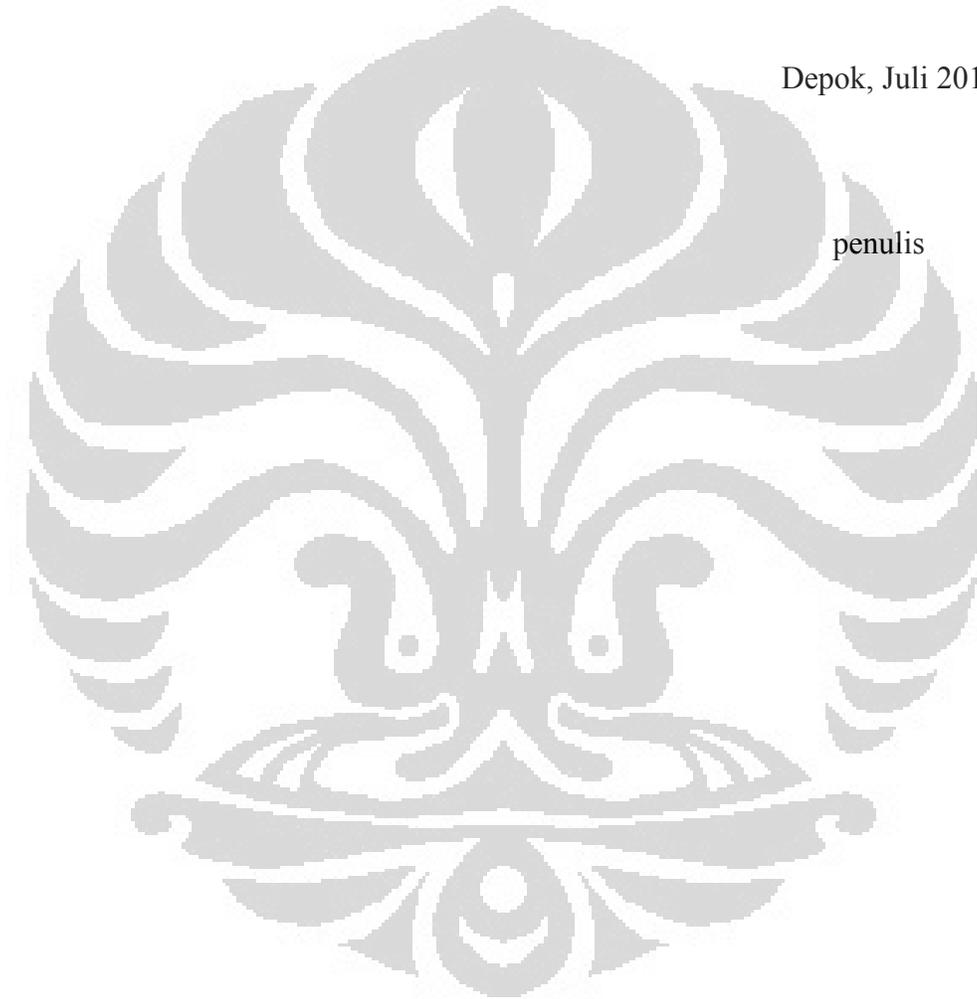
1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M. Soedarsono, DEA selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
3. Dr. Ir. Donanta Dhaneswara M.Si selaku Pembimbing Akademis Penulis selama menempuh studi di Teknik Metalurgi dan Material.
4. Semua dosen beserta karyawan yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI, yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Orang tuaku yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan materil yang tak henti-hentinya. Penulis persembahkan skripsi ini untuk mereka.
6. David, Andreyosi, Taufik, Ghana, Doni, Noval, Erwin, Eko, Frendy, Andreas, Patrik, Japra, dan Jennifer selaku rekan kerja tugas akhir ini yang telah banyak membantu saya.
7. Teman-teman Metalurgi 2008 khususnya asisten cor 2012 atas doa dan dukungannya.
8. Teman-teman kosan bupis paling berjaya

9. Teman-teman SMA Fariz, Paulus, Dicki, Roma, Yandi, dan Nugroho.
10. Messi Widyastuti yang selalu memberikan doa dan dukungannya.

Akhir kata, penulis ingin menghaturkan ucapan terimakasih sebesar-besarnya pada seluruh pihak, baik yang telah disebut maupun tidak. Harapannya dengan adanya skripsi ini dapat memicu semangat baik untuk diri penulis maupun untuk semua pihak dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2012

penulis



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

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

Nama : Suprayogi
NPM : 0806332010
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

Studi Pengaruh Penambahan Batubara Pada Proses *Roasting Reduction* Bijih Nikel Saprolit Dan Pelindian (*Leaching*) Dalam Larutan Asam Sulfat 1 Molar

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 11 Juli 2012

Yang menyatakan



(Suprayogi)

ABSTRAK

Nama : Suprayogi
NPM : 0806332010
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Batubara Pada Proses *Roasting Reduction* Bijih Nikel Saprolit Dan Pelindian (*Leaching*) Dalam Larutan Asam Sulfat 1 Molar

Deposit *laterite* merupakan salah satu jenis bijih nikel yang paling berlimpah di alam. Di Indonesia khususnya di Kabupaten Pomala, Sulawesi Tenggara memiliki deposit *laterite* yang tergolong tinggi. Salah satu mineral yang ada di dalam lapisan *laterite* yaitu bijih nikel saprolit yang memiliki kadar unsur nikel yang lebih tinggi dibandingkan lapisan lainnya seperti limonit.

Untuk mendapatkan *recovery* nikel yang efektif dan efisien, diperlukan suatu pengembangan penelitian proses ekstraksi. Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa proses seperti separasi dengan fluida air, pirometalurgi (*roasting reduction*) dan hidrometalurgi (pelindian). Penelitian ini akan membahas pengaruh penambahan reduktor yang berasal dari batubara dengan kadar yang berbeda-beda yaitu 8%, 16%, 24% dan 32%. Untuk mengetahui komposisi kimia dari bijih saprolit yang murni dan yang telah dilakukan proses separasi, akan dilakukan pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) terlebih dahulu. Sebelum ketahap hidrometalurgi, sampel dengan masing-masing penambahan batubara tersebut dilakukan proses *roasting reduction* pada temperatur 1250°C di dalam *furnace carbolyte*. Selanjutnya akan dilakukan pengujian STA dan XRD dengan tujuan untuk melihat senyawa-senyawa yang terdapat pada bijih nikel saprolit tersebut. Setelah tahap ini selesai dilakukan, sampel dilindi dengan menggunakan larutan Asam Sulfat 1 Molar dalam waktu 90 menit.

Dari hasil yang diperoleh, pada proses pelindian asam sulfat dengan konsentrasi 1 Molar, persentase *recovery* nikel yang tertinggi berada pada bijih saprolit yang ditambahkan dengan batubara sebanyak 16% dengan perolehan Nikel nya yaitu sebesar 59.85% (persentase optimum)

Kata kunci: Bijih Nikel Saprolit, Separasi Dengan Fluida Air, *Roasting Reduction*, XRD, Pelindian

ABSTRACT

Name : Suprayogi
NPM : 0806332010
Major : Metallurgy and Materials Engineering
Title : Study of Coal Addition Effect On Roasting Reduction Process of Saprolitic Nickel Ore and Leaching in Sulfuric Acid 1 Molar

Laterite deposit is one of the most abundant ore in nature. In Indonesia, especially in Pomala regency, Southeast Sulawesi, has a high laterite deposit. One of the minerals in the laterite layer is saprolite nickel ore which has a higher nickel content than the other layers, such as limonite.

To get recovery of nickel with effective and efficient, a study about development of extraction process is needed. This research will conduct several processes such as float and sink process, pyrometallurgy (roasting reduction) and hydrometallurgical (leaching). This research also will discuss the effect of addition of coal as reductor, with varied levels of coal: 8%, 16%, 24% and 32%. To determine the chemical composition of saprolite ore that have been treated by float and sink process, EDX (Energy dispersive X-Ray) test is performed. Before hydrometallurgy process is conducted, the samples that have been added by varied levels of coal was reduction roasted at temperature 1250°C in Carbolyte furnace. Further testing will be conducted by the STA and XRD with purpose to determine the compounds presence in the saprolite nickel ore. After that stage, the sample is leached in Sulfuric Acid at 1 Molar for 90 minutes.

From the obtained results, the process of leaching with sulfuric acid at 1 Molar, the recovery percentage of nickel from 16% of coal addition is the highest with obtained value 59.85% (optimum percentage)

Keyword : Saprolitic Nickel Ore, Float-Sink Process, Roasting Reduction, XRD, Leaching

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4.1 Bijih Logam.....	4
1.4.2 Pengujian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 Mineral.....	6
2.2 Proses Perlakuan Awal	7
2.3 Aspek Termodinamika.....	9
2.3.1 Diagram <i>Boudouard</i>	9
2.3.2 Diagram Ellingham.....	11
2.4 Proses Pirometalurgi (<i>Roasting Reduction</i>).....	12

2.5 Proses Hidrometalurgi (<i>leaching</i>).....	13
2.6 Metode Karakterisasi (EDX, XRD, AAS, STA)	14
2.6.1 EDX (<i>Energy Dispersive X-Ray</i>).....	14
2.6.2 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	16
2.6.3 AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>)	16
2.6.4 STA (<i>Simultaneous Thermal Analysis</i>)	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
3.1.1 Preparasi sampel	18
3.1.2 <i>Roasting Reduction</i> dan Pelindian.....	19
3.2 Prosedur Penelitian	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.2.3 Tahapan penelitian.....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Data Berat Sampel	28
4.2 Hasil Pengujian EDX.....	29
4.3 Hasil Pengujian STA	33
4.4 Hasil Pengujian XRD	35
4.5 Hasil Pengujian AAS.....	38
BAB 5 KESIMPULAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

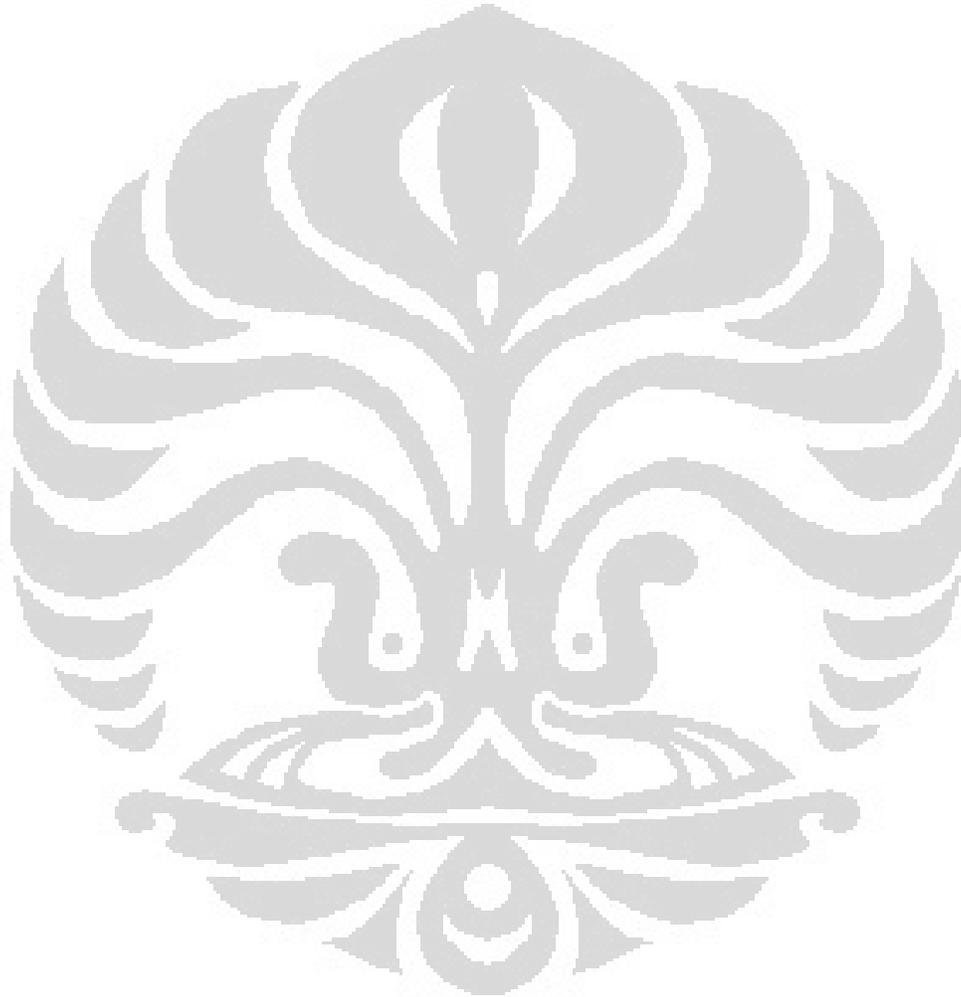
Tabel 1.1 Negara-negara Dengan Cadangan Bijih Nikel	1
Tabel 1.2 Potensi Endapan Nikel Laterit di Indonesia	3
Tabel 1.3 Komposisi Kimia Bijih Nikel Jenis Saprolit Dari Pomala	4
Tabel 2.1 Karakteristik Nikel.....	6
Tabel 2.2 <i>Thermal events</i> Pada Pemanasan Sebuah Solid.....	17
Tabel 3.1 Komposisi Pencampuran	23
Tabel 4.1 Data Berat Sampel Hingga Sebelum Pengujian.....	28
Tabel 4.2 Hasil Uji Karakterisasi Bijih Saprolit yang Masih Murni	29
Tabel 4.3 Hasil Uji Karakterisasi Sampel Saprolit Wadah 1	29
Tabel 4.4 Hasil Uji Karakterisasi Sampel Saprolit Wadah 2.....	30
Tabel 4.5 Hasil Uji Karakterisasi Sampel Saprolit Wadah 3.....	30
Tabel 4.6 Hasil Uji Karakterisasi Sampel Saprolit Wadah 4	31
Tabel 4.7 Berat Jenis Unsur	33
Tabel 4.8 Hasil Pengujian AAS.....	39
Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Kadar Ni Hasil EDX dengan Hasil AAS.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram <i>Boudouard</i>	9
Gambar 2.2 Diagram <i>Ellingham</i>	11
Gambar 2.3 <i>Standard Gibbs Free Energy</i>	13
Gambar 2.4 Contoh Grafik Hasil Pengujian EDX.....	15
Gambar 3.1 Alat <i>Crushing</i>	21
Gambar 3.2 Mekanisme <i>Float-Shink Process</i>	22
Gambar 3.3 Bentuk Sampel Setelah Dikompaksi	24
Gambar 3.4 Bentuk Sampel Setelah Di <i>Roasting Reduction</i>	25
Gambar 3.5 Proses Penghalusan Setelah <i>Roasting Reduction</i>	26
Gambar 4.1 Grafik Komposisi Rata-Rata bijih Nikel saprolit.....	31
Gambar 4.2 Hasil Uji STA Bijih Nikel Saprolit	33
Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji XRD Saprolit Murni (tanpa <i>roasting</i>)	36
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perbandingan Uji XRD.....	37
Gambar 4.5 Grafik Perolehan Ni Hasil Pengujian AAS	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Hasil Pengujian AAS	46
Lampiran Hasil Pengujian STA	48
Lampiran Hasil Pengujian EDX.....	49
Lampiran Hasil Pengujian XRD.....	79



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan akan mineral jenis nikel akhir-akhir ini mengalami lonjakan yang sangat pesat. Hampir seluruh negara di dunia memerlukan mineral ini untuk keperluan industri. Oleh karena itu, nikel merupakan salah satu andalan bagi negara produsen untuk meningkatkan devisa negaranya tanpa terkecuali Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara dengan cadangan bijih nikel dalam jumlah yang sangat besar yaitu dengan memiliki cadangan bijih nikel nomor dua di dunia. Pada Tabel 1.1 di bawah ini, bijih nikel tersebut merupakan bijih nikel oksida yang umumnya disebut sebagai laterit. Di Indonesia sendiri, cadangan bijih nikel ini tersebar di beberapa daerah terutama di daerah Pomala, Sulawesi Tenggara, ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Negara-Negara Dengan Cadangan Bijih Nikel^[1]

Negara	% Total Cadangan Ni
New Caledonia (laterit)	27
Indonesia (laterit)	13
Canada (sulfida)	11
Cuba (laterit)	8
Rusia (sulfida dan laterit)	7

Sekarang, nikel sulfida deposit merupakan sumber utama nikel ditambang di dunia. Sekitar 58% dari produksi nikel dunia berasal dari sulfida nikel dan hanya dari mereka berasal dari laterit nikel. Namun, kecenderungan produksi nikel masa depan tampaknya berubah karena deposit nikel sulfida terus menipis karena sejarah panjang eksploitasi. Dengan kurangnya kualitas nikel sulfida tinggi sasaran eksplorasi, nikel laterit yang paling besar kemungkinannya untuk dikembangkan sebagai sumber utama nikel di masa depan. Oleh karena itu

dengan kekayaan alam Indonesia yang sangat besar akan mineral nikel, sangat diharapkan agar terus mengembangkan pengembangan proses pengolahan nikel ini.

Umumnya laterit diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu kelompok bijih dengan kadar magnesia yang tinggi contohnya saprolit dan kelompok dengan kadar magnesia yang rendah tapi memiliki kandungan besi yang tinggi contohnya yaitu limonit^[2]. Bijih nikel saprolit kaya akan magnesium oksida dengan kandungan magnesiumnya sekitar 10-20 wt% dan kandungan besinya sekitar 10-25 wt%^[3]. Pada penelitian ini, ekstraksi nikel dari bijih saprolit dengan proses hidrometalurgi dianggap lebih menguntungkan. Pelindian bijih saprolit pada tekanan atmosfer dalam media pelindi asam sulfat diperkirakan dapat menghasilkan persen ekstraksi nikel yang tinggi sehingga sangat memungkinkan untuk diaplikasikan secara komersial. Namun sebelum proses pelindian ini dilakukan, bijih saprolit tersebut terlebih dahulu dilakukan proses *roasting reduction* pada temperatur 1250°C. Pada proses reduksi ini dilakukan dengan penambahan *carboneous agent* yang berasal dari briket batubara dengan variasi kadar karbon yang berbeda yaitu 8%, 16%, 24%, dan 32%. Dengan variabel ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh temperatur dan kadar batubara terhadap perubahan fasa yang terjadi.

Tabel 1.2 Potensi endapan nikel laterit di Indonesia^[4]

No	Lokasi	Cadangan (Ton)	Kadar Ni-Co(%)
1	Peg. Kukusan dan S. Duwa	126.000.000*	NiO: 0.70
2	P. Suwangi	250.000*	NiO: 0.66
3	P. Sebuku	426.497.000*	NiO: 0.1-0.91
4	Bone Putih	2.200.000*	Ni+Co:0.09
5	Lingkona	1.500.000*	Ni+Co: 0.09
6	Larona	370.000.000*	NiO: 0.39-0.93
7	Lingkobale	1.500.000*	Ni+Co: 0.09
8	Karipinan	1.000.000*	Ni+Co: 0.09
9	Gn. Nuih	56.000.000*	Ni+Co: 1.5
10	Soroako dan sekitarnya	100.000.000	Ni: 1,67; Co: 0.15
11	Pomalaa	136.000.000	Ni: 1.28-2.45
12	P. Halmahera dan Gebe	93.300.000	Ni: 1.25-2.22
13	P. Obi	87.900.000	Ni: 1.20; Co: 0.07
14	P. Gag	262.000.000	Ni: 1.51; Co:0.11
15	P. Waigeo	103.900.000	Ni: 1.32; Co: 0.16
16	P. Cycloop	53.000.000	NiO: 0.04-1.42

*Endapan besi laterit

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efektivitas dari penggunaan proses separasi dengan fluida air sebagai metode separasi bijih nikel saprolit.
2. Mengetahui pengaruh penambahan batubara akibat *roasting reduction*.
3. Mengetahui peningkatan kadar nikel (Ni) melalui proses pelindian dengan Asam Sulfat (H₂SO₄ 1 Molar) sebagai medium pelindinya.

1.3 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan terhadap sampel nikel jenis saprolit yang berasal dari PT. ANTAM Pomala
2. Proses reduksi dilakukan pada temperatur 1250°C pada tekanan atmosfer.
3. Jenis reduktor yang digunakan adalah briket batubara.
4. Kadar reduktor yang digunakan sebagai parameter adalah 8%, 16%, 24%, dan 32%.
5. Proses pelindian dilakukan dengan menggunakan larutan H₂SO₄ 1 M sebagai medium pelindinya.

1.4 RUANG LINGKUP PENELITIAN

1.4.1 Bijih Logam

Pada penelitian ini menggunakan bijih nikel jenis saprolit yang berasal dari PT. ANTAM Tbk, UPN Pomala, Sulawesi Tenggara. Berikut ini adalah komposisi kimia bijih nikel saprolit dari PT. ANTAM, UPN Pomala :

Tabel 1.3 Komposisi kimia bijih nikel jenis saprolit dari Pomala^[5]

Unsur	Kadar (%)
Ni	1.8-2.6
SiO ₂	35-45
Fe	9-16
MgO	17-26
Al	3.8

1.4.2 Pengujian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

1. Preparasi sampel bijih nikel jenis saprolit dan briket batubara
2. Melakukan proses *roasting reduction* bijih nikel jenis saprolit dengan penambahan briket batubara dengan variasi kadar reduktan 8%, 16%, 20%, dan 32%.
3. Melakukan proses pelindian dengan H₂SO₄ 1 M sebagai mediumnya.

4. Karakterisasi sampel bijih nikel jenis saprolit dengan menggunakan EDX, XRD, STA dan AAS.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan disusun sedemikian rupa sehingga konsep dalam penulisan skripsi ini menjadi berurutan sehingga akan didapat kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematika tersebut dapat diuraikan dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain, yaitu sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang penelitian secara umum, yang meliputi latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Berisi tentang teori-teori pendukung.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, dan prosedur penelitian (alat dan bahan, dan tahapan penelitian).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang penjelasan data hasil percobaan serta analisa hasil percobaan dari pengujian EDX, XRD, STA dan AAS yang akan dibandingkan dengan literatur.

BAB 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 MINERAL

Nikel merupakan salah satu unsur kimia yang banyak didapati dalam jagad raya ini. Logam ini berwarna kelabu perak dan memiliki sifat yang ideal. Kekuatan dan kekerasannya menyerupai besi, sedangkan daya tahannya terhadap korosi menyerupai tembaga. Kombinasi dari sifat-sifat yang baik inilah yang terutama menyebabkan penggunaan nikel begitu luas, mulai dari bagian kecil dari alat-alat elektronik sampai bagian-bagian proyek-proyek raksasa seperti konstruksi bangunan dan menara. Sifat yang menguntungkan ini lebih nyata dalam bentuk paduannya. Beberapa karakteristik nikel lainnya dapat kita lihat pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Karakteristik Nikel^[5]

Simbol	Ni
Atomic number	28
Atomic weight	58.72
Density at 293 K	8902 Kg/m ³
Melting point	1453°C
Boiling point	2732°C
Crystal structure	FCC

Di alam terdapat dua jenis tipe nikel yaitu sulfida dan laterit. Bijih nikel sulfida ini terbentuk sebagai endapan primer selama periode pendinginan magma norit atau batuan ultramafis. Selain itu bijih sulfida diproduksi sekitar 28% dari produksi tambang dunia, sedangkan bijih laterit sekitar 72%^[6]. Berdasarkan karakteristik mineralogi dan geologi, keduanya dieksploitasi menurut metoda dan ekstraksi metalurgi yang berbeda. Bijih sulfida tersebar merata diberbagai lokasi, bijih tersebut sekarang ini ditambang di Kanada, Australia, Zimbabwe, Afrika

Selatan, dan Boswana. Biasanya bijih nikel jenis ini bersenyawa dengan *pyrhotite*, *chalcopyrite*, dan berbagai jenis logam seperti emas, perak, emas, dan platina. Sedangkan bijih laterit terakumulasi sebagai endapan sekunder dan merupakan hasil proses pelapukan batuan peridotit yang pada umumnya mengandung unsur besi, kobalt, dan kromium. Bijih jenis laterit ini tersebar di daerah tropis dan subtropis. Bijih ini terutama ditambang di Kuba, Guatemala, Brazil, Australia, Philipina, Rusia, Republik Dominika, dan tak terkecuali juga Indonesia. Nikel ini hadir sebagai suatu oksida atau silikat kompleks. Kandungan nikel yang terdapat di kulit bumi diperkirakan sekitar 0.008% dan menempati urutan dalam kelimpahan logam di kulit bumi^[7]. Dan diperkirakan jumlah cadangan nikel di dunia berdasarkan data mineral *commodity summary* tahun 2004 sebesar 140 juta ton dan negara kita Indonesia memiliki cadangan nikel sekitar 2.9% dari cadangan nikel dunia dan merupakan peringkat ke-8 sedangkan dari sisi produksi adalah 8.6% dan merupakan peringkat ke-4 dunia^[8]. Maka dari ini, diharapkan dapat meningkatkan lagi produksi nikel terutama bijih nikel jenis saprolit (Antam Pomalaa) yang kandungan nikelnya lebih tinggi (*high grade nickel ore*) yaitu minimal 1.8% nikel dan maksimum 25% besi dibandingkan limonit yang hanya mengandung minimal 1.2% nikel dan minimal 25% besi^[9].

2.2 PROSES PERLAKUAN AWAL

Sebelum masuk ke proses pirometalurgi dan hidrometalurgi, bijih laterit jenis saprolit terlebih dahulu diberikan perlakuan awal karena ini berpengaruh terhadap efisiensi, kualitas dan nilai ekonomis dari proses ekstraksi logam. Adapun proses perlakuan awal yang biasanya dilakukan seperti kominusi, pengayakan, dan pemisahan medium berat.

Kominusi merupakan serangkaian dari teknik pemrosesan mineral yang digunakan dalam metalurgi ekstraksi untuk mereduksi ukuran dari bijih dan bebatuan. Material yang bernilai dipisahkan dari material-material yang kurang bernilai (material pengganggu). Teori kominusi berasumsi bahwa setiap material adalah getas. Faktanya, kristal dapat menyimpan energi tanpa harus membuatnya patah dan

melepaskan energi ini ketika tegangan dihilangkan. Ketika terjadi patah, sebagian energi akan diubah menjadi energi bebas permukaan yang merupakan energi potensial dari atom. Akibat dari adanya energi ini, membuat permukaan yang terbentuk akan lebih reaktif secara kimiawi. Energi yang dibutuhkan untuk kominusi akan berkurang dengan adanya faktor luar, seperti adanya air dan zat-zat aditif lainnya. Zat-zat tersebut dapat terserap ke dalam material, menembus retakan, dan melemahkan ikatan pada ujung retakan^[7].

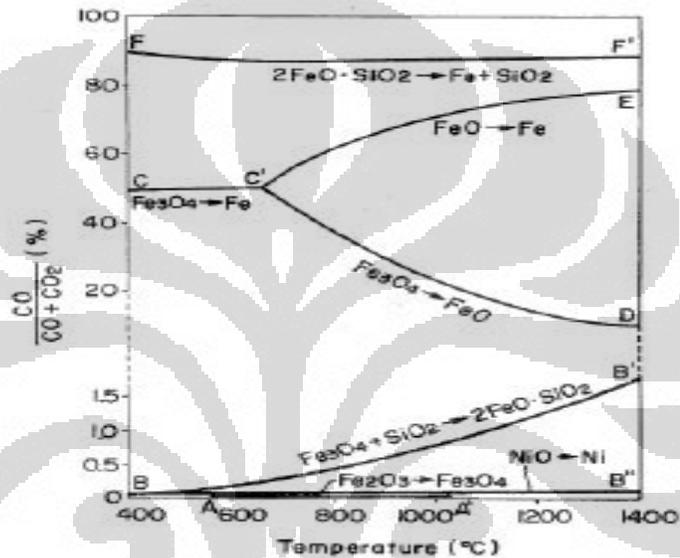
Pengayakan atau *screening* merupakan salah satu pemisahan berdasarkan ukuran. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam proses pengayakan agar didapatkan hasil yang baik yaitu diantaranya lubang ayakan, celah dan interval ayakan, ukuran partikel, serta kapasitas ayakan dan keefektifan. Pengayakan terbatas pada material berukuran 250 mikron, semakin halus akan diproses pada klasifikasi. Distribusi partikel akan ditentukan oleh *screen analysis*, dengan berbagai skala yang digunakan. Salah satu skala yang umumnya digunakan yaitu *American Tyler Screen Scale (Tyler Standard Series)*^[10] dengan ukuran *screen* adalah *mesh* atau *wires per linear inch* (1 Inch=2,54cm).

Pemisahan media berat atau proses pemisahan dengan fluida air (*sink-and-float process*) diterapkan pada pra-konsentrasi dari mineral, seperti pada saat penolakan zat yang tidak bernilai, sebelum proses *grinding* untuk pembebasan akhir. Hal ini juga digunakan dalam persiapan batu bara untuk menghasilkan produk akhir bernilai komersial, batu bara bersih yang telah terpisah dari serpihan berat atau berabu tinggi. Pada prinsipnya, proses ini paling sederhana dari semua proses gravitasi dan telah lama menjadi metode laboratorium standar untuk memisahkan mineral yang berbeda gravitasi spesifiknya. Menggunakan cairan berat yang densitasnya sesuai, sehingga mineral-mineral yang lebih ringan daripada cairan yang digunakan akan mengambang, sementara mineral yang lebih padat daripada cairan yang digunakan akan tenggelam^[7].

2.3 ASPEK TERMODINAMIKA

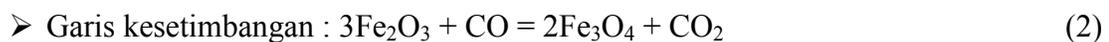
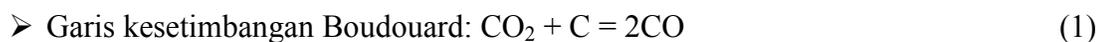
Dalam aspek termodinamika akan menjelaskan apakah suatu reaksi dapat terjadi atau tidak. Pada aspek ini tidak bisa ditentukan seberapa cepat reaksi tersebut akan berlangsung.

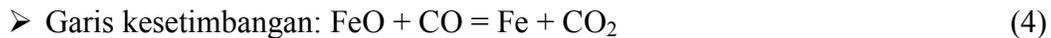
2.3.1 Diagram *Boudouard*



Gambar 2.1 Diagram Boudouard^[11]

Gaussner-Boudouard telah membuat suatu diagram yang menggambarkan suatu kesetimbangan antara besi, *hematite*, *magnetite*, *wustite*, karbon padat, karbondioksida (CO_2), dan karbonmonoksida (CO). Diagram ini merupakan dasar untuk reduksi langsung dengan carbon padat. Selain itu kita juga dapat mengetahui pada kadar CO dan temperatur berapa akan terbentuk senyawa-senyawa Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO dan lainnya. Pada diagram *Boudouard* terdapat kesetimbangan besi oksida dengan campuran gas CO/CO_2 seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1), (2), (3), dan Persamaan (4) di bawah ini :

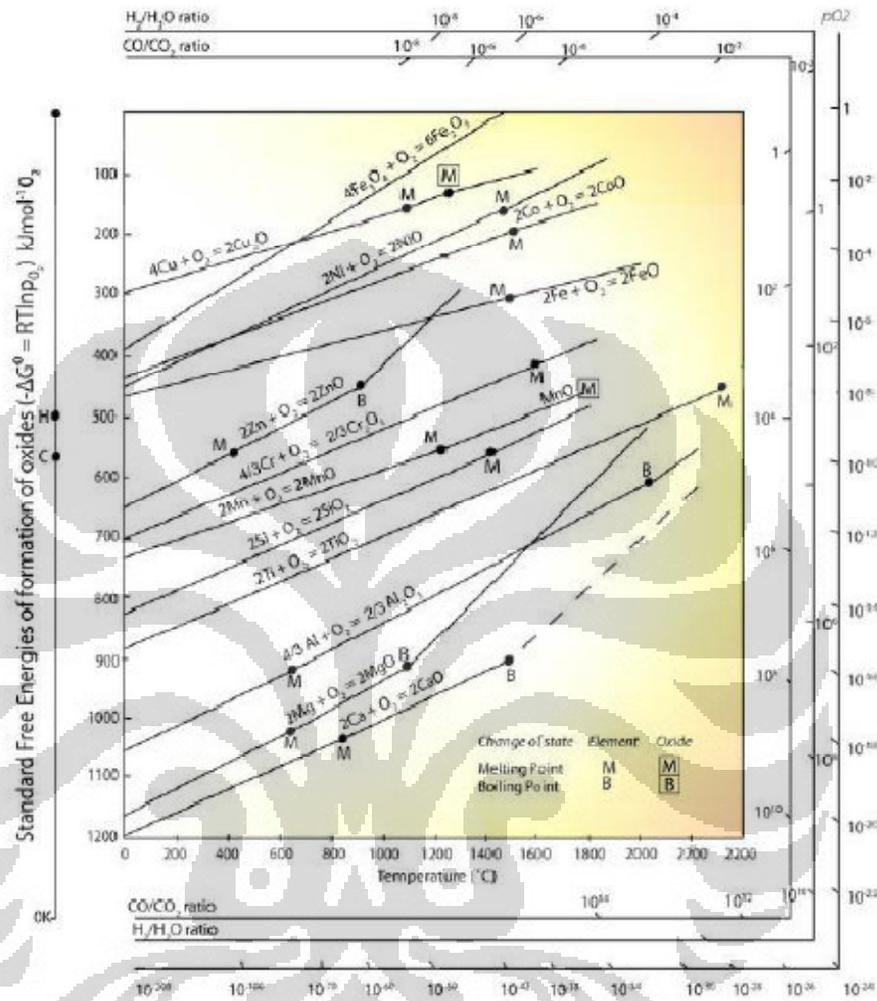




Pada daerah disebelah kanan garis kesetimbangan *Boudouard*, gas CO lebih stabil sehingga gas CO₂ akan mengalami reaksi *Boudouard* yang membentuk gas CO. Sedangkan pada daerah disebelah kiri garis kesetimbangan *Boudouard*, gas CO₂ akan lebih stabil sehingga gas CO yang ada akan terurai menjadi CO₂. Fenomena inilah yang merupakan contoh dari prinsip *Le Chatelier* yang mengatakan bahwa reaksi *Boudouard* adalah reaksi yang endotermik sehingga membutuhkan temperatur tinggi untuk berjalan. Dari diagram tersebut terlihat bahwa pada keadaan standard, Fe baru bisa terbentuk dengan kadar CO sekitar 60%. Persentase CO itu sendiri dipengaruhi oleh kadar karbon pada sampel dan kadar oksigen pada lingkungan.

Diagram *Boudouard* digunakan sebagai alat untuk memprediksi pembentukan senyawa-senyawa saat dilakukannya proses reduksi. Dalam hal ini, karbon yang digunakan adalah 8%, 16%, 24%, dan 32 % yang berasal dari briket batubara dengan temperatur reduksinya yaitu 1250°C. Dari sini, dapat diprediksi bahwa senyawa-senyawa yang akan terbentuk pada daerah temperatur tersebut seperti Fe₂O₃, Fe₃O₄, dan NiO.

2.3.2 Diagram *Ellingham*



Gambar 2.2 Diagram *Ellingham*^[12]

Gambar 2.2 di atas merupakan diagram *Ellingham* yang menunjukkan energi bebas standar untuk suatu reaksi versus temperatur. Pada diagram ini, logam yang aktif secara kimia memiliki energi bebas yang paling tinggi (negatif) dalam membentuk oksida terletak pada diagram di bagian paling bawah. Sedangkan untuk logam yang memiliki energi bebas terkecil (positif) dalam membentuk oksida terletak di bagian paling atas. Adapun persamaan dari energi bebas Gibbs yaitu : $\Delta G = -T \Delta S + \Delta H$ dimana ΔH merupakan entalpi, T merupakan temperatur, dan ΔS merupakan entropi. Entalpi itu sendiri adalah besaran dari energi aktual yang dilepaskan saat

reaksi berlangsung. Apabila entalpinya negatif maka reaksi tersebut memberikan energi sedangkan bila entalpinya positif maka reaksi tersebut membutuhkan energi. Untuk entropi yaitu suatu ukuran dari derajat ketidakteraturan suatu reaksi. Pemilihan karbon (batubara) sebagai reduktor merujuk pada diagram *Ellingham*. Pada diagram ini, garis-garis stabilitas oksida nikel dan besi berpotongan dengan garis stabilitas oksidasi karbon sehingga secara termodinamik reaksi reduksi kedua oksida logam oleh karbon mungkin terjadi ($\Delta G_{C,CO}^{\theta} - \Delta G_{M,MxO}^{\theta}$ bernilai negatif, M menunjuk pada logam).

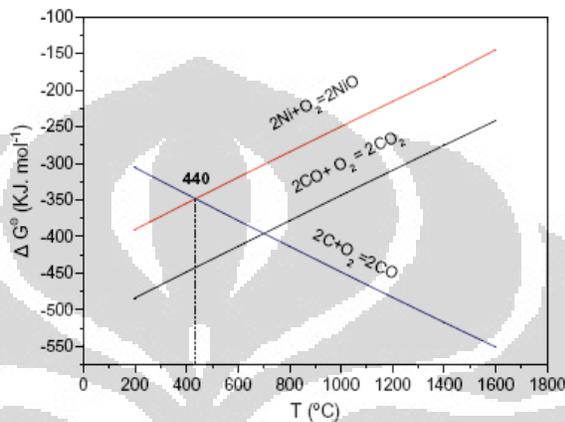
2.4 PROSES PIROMETALURGI (*Roasting Reduction*)

Proses ini merupakan reduksi bijih dengan menggunakan media gas berbasis karbon yang sumber gasnya bisa berasal dari batubara, grafit, serbuk arang ataupun kokas. Seperti karbon pada proses ini dilakukan dengan memanfaatkan karbon sebagai bahan untuk mereduksi bijih nikel tipe saprolit. Suhu yang dipakai pada proses pirometalurgi ada yang hanya 50°C-250°C, ada juga yang mencapai 2000°C (proses pembuatan paduan baja). Namun yang umum digunakan yaitu berkisar 500°C-1600°C karena pada suhu tersebut kebanyakan logam atau paduan logam sudah dalam fase cair bahkan kadang-kadang dalam fase gas. Umpan yang baik adalah konsentrat dengan kadar logam yang tinggi agar dapat mengurangi pemakaian energi panas. Penghematan energi panas dapat juga dilakukan dengan memilih dan memanfaatkan reaksi kimia eksotermik.

Dalam proses reduksi nikel dari bijih laterit, reaksi-reaksi utama dari oksida nikel menjadi nikel metalik dapat dilihat pada Persamaan (5), Persamaan (6), dan Persamaan (7) di bawah ini^[13]:



Jika merujuk pada diagram *Ellingham* pada Gambar 2.3, temperatur terendah pada tekanan 1atm agar reduksi NiO oleh *fixed carbon* terjadi adalah 440°C. Kita juga dapat lihat bahwa kurva *Standard Gibbs free energy* pembentukan NiO lebih tinggi daripada CO₂, dan pada Persamaan (7) adalah negatif, maka dari itu NiO lebih mudah tereduksi oleh CO.



Gambar 2.3 *Standard Gibbs free energy* untuk oksida nikel dan karbon^[13]

Pada faktanya, bijih nikel laterit tergolong bijih kompleks yang mengandung Fe₂O₃, Fe₃O₄, dsb; reaksi-reaksi reduksi lain berlangsung serempak dalam proses reduksi.

Selain itu, kualitas karbon sangat berpengaruh terhadap jalannya reduksi bijih. Pada kadar karbon rendah adapun urutan reaksi reduksi nya yaitu Fe₂O₃ ↔ Fe₃O₄ ↔ FeO ↔ Fe, sedangkan pada karbon tinggi urutannya adalah Fe₂O₃ ↔ Fe₃O₄ ↔ Fe. Dalam hal ini dapat terjadi suatu kesetimbangan reaksi dimana FeO yang terbentuk langsung direduksi menjadi Fe.

2.5 PROSES HIDROMETALURGI (*Leaching*)

Proses hidrometalurgi merupakan metode utama yang digunakan untuk mengekstraksi nikel dan kobalt dari *nickeliferous laterites ore* yang dapat melibatkan pelindian dengan ammonium karbonat, *sulfation-roasting-leaching*, *atmospheric acid leaching* dan HPAL^[14]. Metoda ini dilakukan dengan cara melarutkan bijih-bijih nikel (pelindian) ke dalam suatu larutan tertentu, kemudian nikel dipisahkan dari bahan

ikutan lainnya (kotoran). Proses hidrometalurgi dapat dibagi ke dalam dua proses utama yaitu:

1. Mendapatkan mineral yang diinginkan dari bijih atau konsentrat dengan melarutkannya kedalam larutan. Contohnya adalah pelindian.
2. Mendapatkan mineral yang diinginkan dengan cara mengeluarkannya dari larutan. Contohnya adalah *solvent extracton*, *ion exchange*, *adsorption* dan *precipitation*.

Pelindian adalah proses pelarutan selektif dimana hanya logam-logam tertentu yang dapat larut. Pemilihan metode pelindian tergantung pada kandungan logam berharga dalam bijih dan karakteristik bijih khususnya mudah tidaknya bijih dilindi oleh reagen kimia tertentu.

Proses pelindian dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat, reaksi yang terjadi seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (8) di bawah ini^[5] :



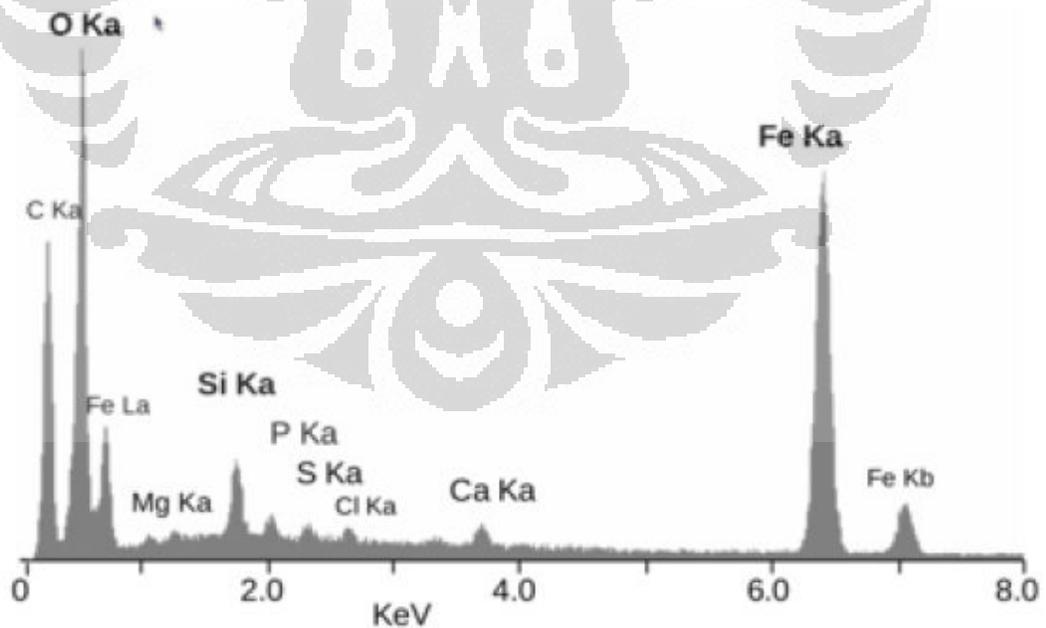
2.6 METODE KARAKTERISASI (EDX, XRD, AAS, STA)

Metode karakterisasi yang digunakan yaitu EDX (*Energy Dispersive X- ray*), XRD (*X-Ray Diffraction*), AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), dan STA (*Simultaneous Thermal Analysis*).

2.6.1 EDX (*Energy Dispersive X- ray*)

EDX merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisa elemen atau karakterisasi kimia dari suatu sampel. Pada dasarnya, proses ini memanfaatkan sinar-x yang diemisikan oleh sampel sebagai respon terhadap partikel yang terkena muatan pada saat pengujian. Kemampuan karakterisasi dari alat ini berdasarkan prinsip dasar bahwa masing-masing unsur memiliki struktur atom yang khas sehingga memungkinkan sinar-x untuk mengidentifikasi secara spesifik.

Pada pengujian EDX, laser energi tinggi yang mengandung partikel bermuatan seperti elektron dan proton difokuskan ke sampel yang akan diuji. Dalam keadaan normal, elektron dari suatu atom berada pada *ground state (unexcited)* pada level energi tertentu yang terikat dengan inti. Adanya *incident beam* mengakibatkan tereksitasinya elektron pada kulit dalam ke kulit yang lebih luar. Adanya perbedaan energi yang tercipta antara energi yang lebih besar pada kulit terluar dan energi yang rendah pada kulit dalam dapat dilepas dalam bentuk sinar-x. Jumlah energi yang diemisikan dalam bentuk sinar-x dari sampel dapat diukur menggunakan *energy-dispersive spectrometry*. Output dari analisa EDX berbentuk spektrum. Spektrum ini yang menunjukkan seberapa seringnya sinar-x diterima untuk setiap tingkat energi tertentu. Gambaran dari spektrum hasil pengujian EDX dapat dilihat pada Gambar 2.4. Spektrum EDX umumnya menunjukkan puncak dari tingkat energi yang berkaitan dengan sinar-x yang paling banyak diterima. Setiap *peak* pada gambar tersebut menunjukkan suatu karakterisasi khusus dari sebuah atom yang kemudian menunjukkan suatu elemen tertentu. Semakin tinggi *peak* pada spektrum maka semakin terkonsentrasi elemen yang ada pada suatu spesimen^[15].



Gambar 2.4 Contoh grafik hasil pengujian EDX^[15]

2.6.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisis Atomiva menggunakan XRD akan memunculkan puncak-puncak yang spesifik. Sehingga kelemahan alat ini tidak dapat untuk mengkrakterisasi bahan yang bersifat amorf. Alat ini bekerja berdasarkan difraksi sinar-x oleh unsur atau senyawa dalam suatu padatan. Setiap unsur mempunyai intensitas pemantulan sinar-x yang berbeda jika disinari pada sudut tertentu.

2.6.3 AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

AAS adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis kimia untuk penentuan unsur-unsur logam yang berdasarkan pada penyerapan absorbs radiasi oleh atom bebas. Kelebihan dari penggunaan alat ini dimana pemakaiannya sudah sangat luas diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya yang relatif murah, sensitivitasnya tinggi, dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah untuk dilakukan.

Metoda kerja AAS didasarkan atas pengamatan panjang gelombang yang diserap oleh suatu unsur yakni sampel yang akan dianalisis dibuat dalam bentuk larutan kemudian dipanaskan dengan anggapan atom-atom akan bebas dari ikatan kimianya, kemudian pada contoh panas tersebut dilewatkan sinar katoda, sehingga akan terjadi penyerapan energi yang akan terekam dalam spektrometer. Metode AAS ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi kadar Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , K_2O , Na_2O , dan CaO dan kandungan unsur Ni dalam bentuk ppm.

2.6.4 STA (*Simultaneous Thermal Analysis*)

Pada saat padatan dipanaskan, amplitudo vibrasi dari konstituen kisi akan meningkat dan akhirnya akan tercapai temperatur di mana satu atau lebih perubahan berikut terjadi: (i) transisi fasa: penyusunan konstituen yang baru mungkin menjadi lebih stabil daripada susunan awal, (ii) leleh, (iii) sublimasi, (iv) dekomposisi termal.

Tabel 2.2 *Thermal events* pada pemanasan sebuah solid, A, di dalam atmosfer inert^[16]

			ΔH	sign	$\Delta Mass$
A (s,structure 1) → A (s,structure 2)	Phase transition	yes	+ or -	no	
A (s) → A (l)	Melting	yes	+	no	
A (glass) → A (rubber)	Glass transition	no	no	no	
A (s) → A (g)	Sublimation	yes	+	yes	
A (s) → B (s) + gas or gases	Thermal decomposition	yes	+ or -	yes	

Reduksi bijih oksida dan dekomposisi termal material organik batubara melibatkan perubahan entalpi dan massa, di mana keduanya dapat dideteksi menggunakan pengujian STA. STA merujuk pada aplikasi simultan dari dua atau lebih metode termoanalitis di saat yang bersamaan, salah satu contohnya adalah TG-DTA (*Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis*). TG-DTA memungkinkan pengukuran simultan untuk menentukan perubahan masa (TG) dan perubahan energi sampel pada kondisi tes yang identik sebagai fungsi dari temperatur. Kegunaan utama dari DTA adalah untuk mendeteksi temperatur awal dari proses-proses termal dan secara kualitatif mengkrakterisasinya sebagai endotermik atau eksotermik, *reversible* atau tidak, dsb. Idealnya, area di bawah puncak DTA berbanding lurus dengan perbedaan panas proses antara sampel dan referensi yang memunculkan puncak tersebut^[17].

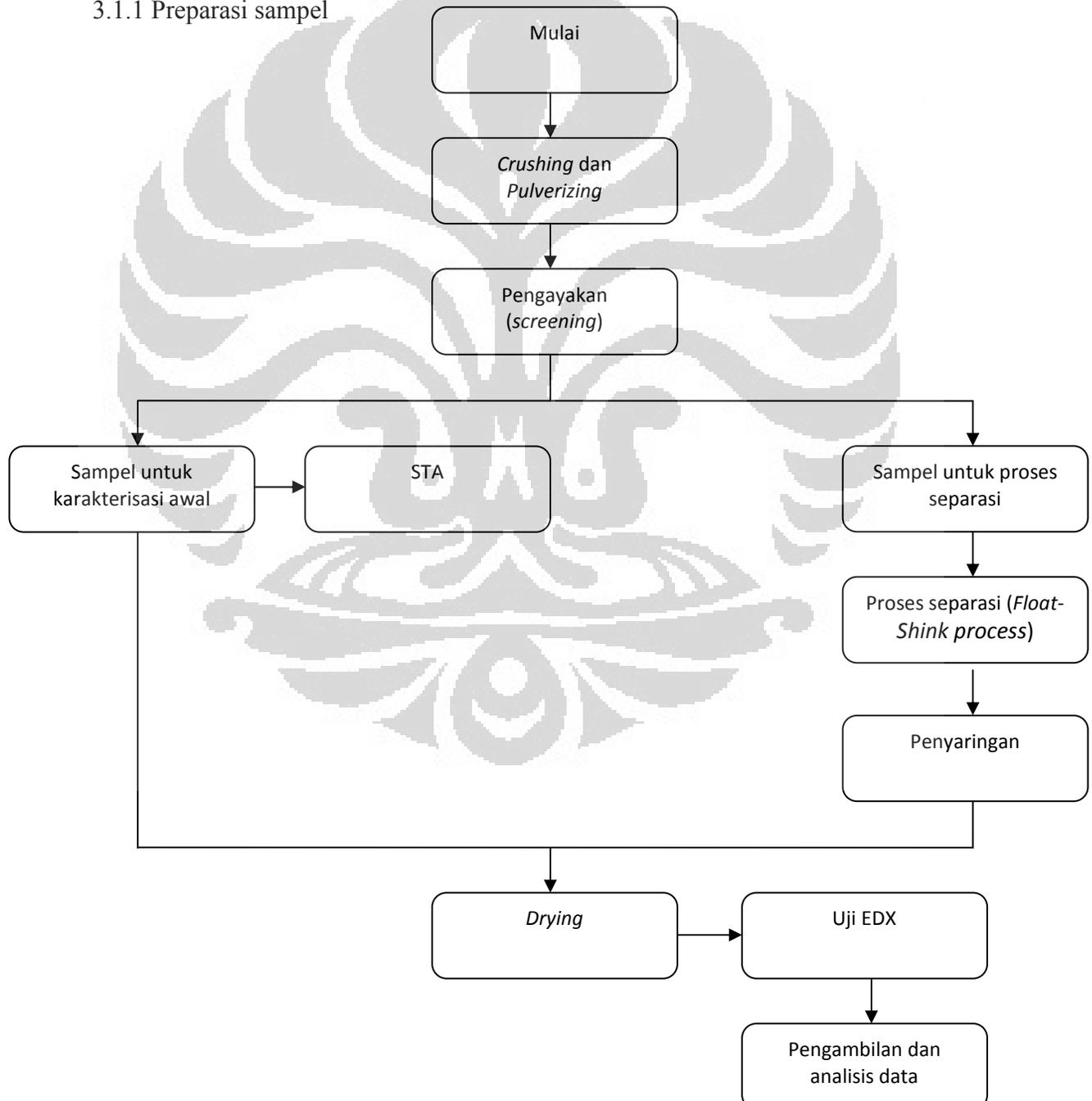
BAB 3

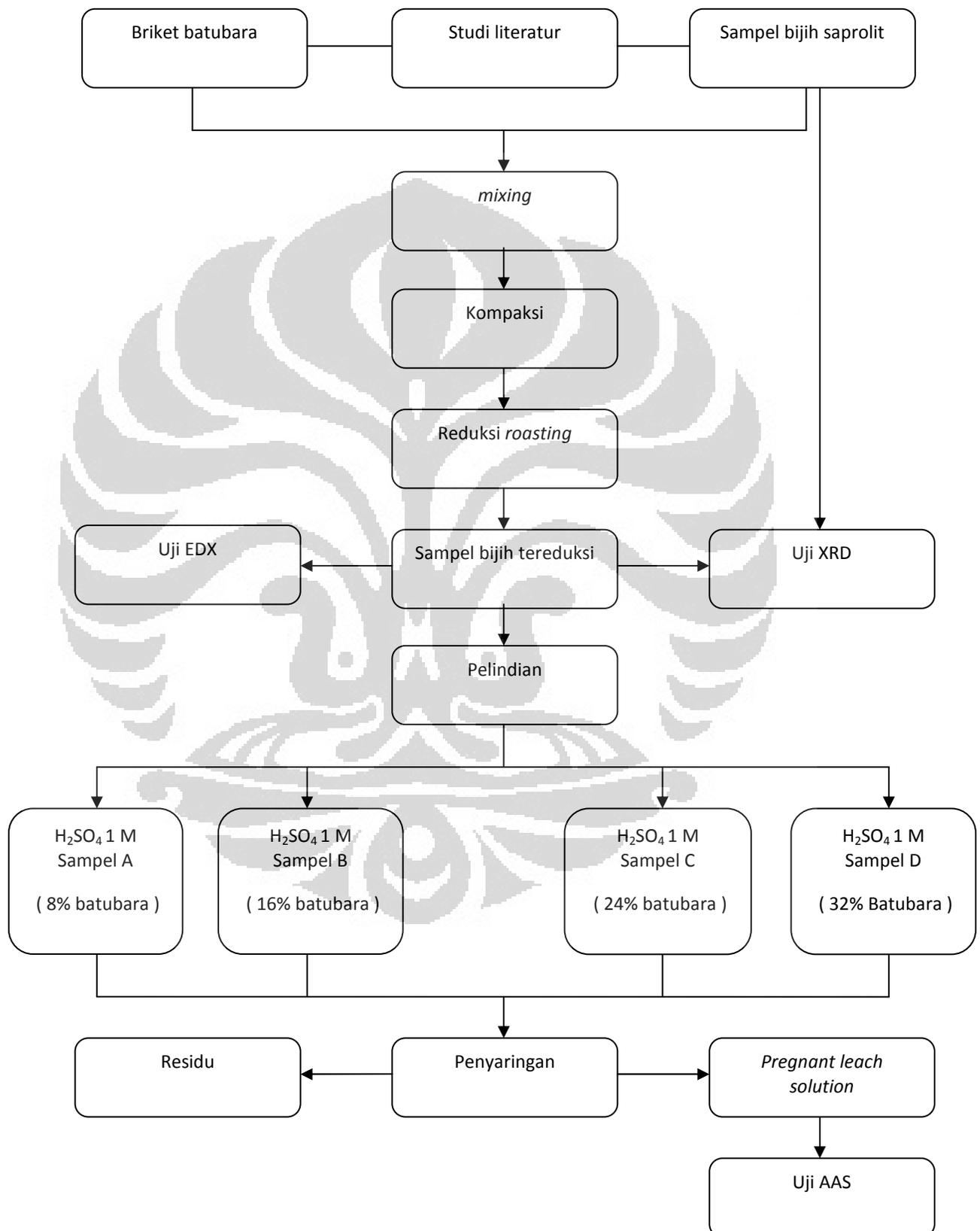
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu preparasi sampel dan *roasting reduction* dan pelindian.

3.1.1 Preparasi sampel



3.1.2 *Roasting reduction* dan pelindian

3.2 PROSEDUR PENELITIAN

Adapun prosedur penelitian yang digunakan meliputi alat, bahan, dan tahapan penelitian:

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Oven
2. Ayakan
3. Timbangan digital
4. Cobek dan uleg
5. *Beaker glass*
6. Batang pengaduk
7. Corong
8. Wadah seperti botol minuman plastik dan toples kue
9. Kertas saring
10. Aluminium foil
11. Plastik klip
12. Wadah air
13. Dapur Nobertherm (*furnace*)
14. *Catheter tip*
15. *Stirer*
16. *Heater*
17. Penjepit
18. Cawan
19. Alat uji EDX, XRD, STA dan AAS
20. Pengaduk untuk leaching

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bijih nikel saprolit
2. Briket batubara
3. Asam Sulfat (H_2SO_4)
4. Aquades

3.2.3 Tahapan penelitian

Sebelum melakukan proses *roasting* dan pelindian, terlebih dahulu dilakukan preparasi sampel. Adapun tahapan dari preparasi sampel adalah sebagai berikut :

1. *Crushing* dan *Pulverizing*

Sampel bijih nikel saprolit yang masih dalam bentuk bongkahan batu besar terlebih dahulu dihancurkan sampai halus (seragam) dengan menggunakan palu. Lalu dilakukan penggerusan terhadap bijih saprolit ini dengan menggunakan uleg dan cobek sebagai wadahnya. Penggerusan ini sebenarnya bertujuan untuk meliberasi logam yang diinginkan dari *gangue* mineralnya^[7].



Gambar 3.1 Alat *crushing*

2. Pengayakan (*screening*)

Setelah melalui tahap *crushing* dan *pulverizing*, sampel bijih nikel saprolit tadi dilakukan proses pengayakan dengan menggunakan alat *sieving* untuk mendapatkan ukuran butir yang diinginkan. Ukuran butir yang diinginkan

adalah 40 *mesh* sehingga digunakan ayakan dengan ukuran 40 *mesh*. Dalam prosesnya butir yang memiliki ukuran lebih kecil atau sama dengan 40 *mesh* akan jatuh kebawah sedangkan yang lebih besar dari ukuran ayakan 40 *mesh* tersebut akan tetap teritnggal pada ayakan.

3. Proses separasi dengan fluida air (*Float-Shink Process*)



Gambar 3.2 Mekanisme *Float-Shink Process*

Pada proses ini, awalnya sampel bijih nikel saprolit sebanyak 150 gr dimasukkan ke dalam wadah yang posisinya paling atas seperti yang kita lihat pada gambar di atas. Kemudian ke dalam wadah tersebut sambil dialiri air dengan menggunakan tabung aquades. Caranya mengaliri air tersebut yaitu dengan mengalirkannya ke bagian tepi wadah agar kondisi dari aliran air tersebut tetap konstan. Saat pengaliran air juga dilakukan pengadukan di dalam wadah tersebut dengan menggunakan batang pengaduk agar seluruh sampel dapat di separasi (jatuh ke wadah di bawahnya). Proses ini dilakukan sampai ke empat wadahnya penuh/terisi oleh air.

4. Penyaringan

Setelah proses separasi selesai, hasilnya akan disaring dengan menggunakan corong gelas dan kertas saring. Kertas saring tersebut sebelumnya dibasahkan terlebih dahulu agar pada saat penyaringan airnya dapat meresap ke bawah.

5. Pengerinan (*drying*)

Tujuan dilakukannya proses pengerinan pada sampel saprolit tersebut agar kadar kandungan air yang tersisa di saat proses separasi sebelumnya dapat berkurang/hilang. Proses pengerinan ini dilakukan dengan sebuah oven yang ada di laboratorium TPB dengan pemakaian suhu sekitar 120°C selama setengah jam.

6. Pencampuran sampel bijih nikel saprolit dengan briket batubara

Pencampuran ini hanya dilakukan untuk wadah 1 saja (dari keempat wadah yang ada) karena pada wadah 1 beratnya jauh lebih besar dibandingkan wadah-wadah lainnya. Total berat sampel yang ada di wadah 1 yaitu 75 gram yang kemudian akan dipisahkan lagi menjadi empat bagian berat masing-masing bagian adalah 10 gram. Ke empat bagian ini yang nantinya akan ditambahkan batubara dengan persentase kadar 8%, 16%, 24%, dan 32% yang mana akan menjadi salah satu parameter pada penelitian ini. Adapun komposisi pencampuran yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi pencampuran

	Sampel (gr)	Reduktan (%)
	10	8
Wadah 1	10	16
	10	24
	10	32

7. Kompaksi

Sampel yang telah dicampur merata dengan batubara tadi kemudian dilakukan proses kompaksi agar mempermudah penanganannya pada saat proses selanjutnya yaitu proses *roasting*. Pada proses ini kita menggunakan alat kompaksi yang ada di laboratorium TPB Metalurgi UI dengan memberikan tekanan 100 Bar pada sampel.



Gambar 3.3 Bentuk sampel setelah dikompaksi

Pada Gambar 3. 3 di atas, dari yang paling kanan adalah bentuk sampel yang dicampur dengan 8 % batubara, kemudian diikuti dengan pencampuran 16%, 24%, dan 32% batubara. Dilihat dari bentuk fisiknya dengan penambahan batubara yang semakin besar, bentuk dari sampel semakin terlihat lebih hitam pula.

8. Proses *Roasting Reduction*

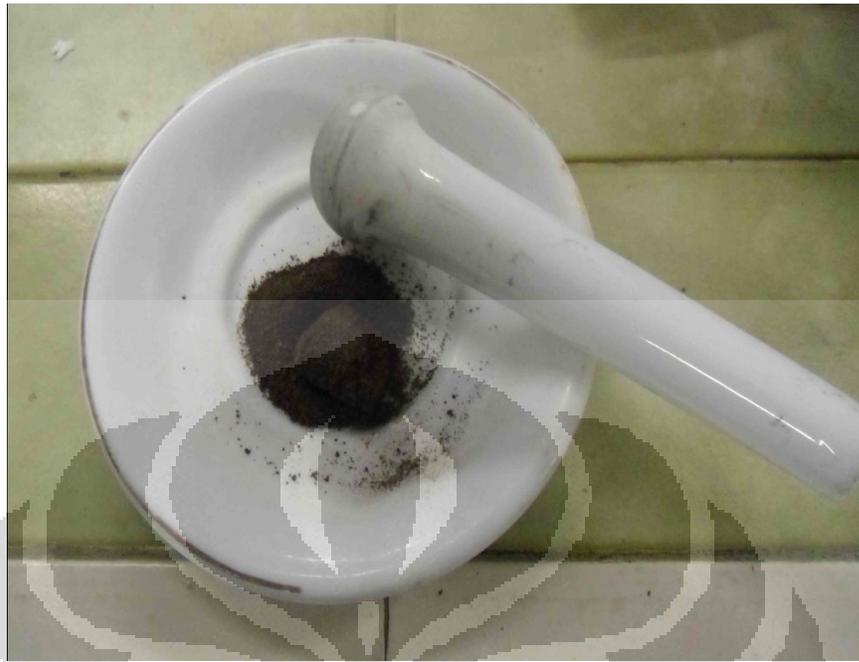
Proses ini dilakukan dengan menggunakan *furnace* yang ada di laboratorium metalografi departemen metalurgi FTUI yang dinamakan *Dapur Carbolite*. Awalnya sebelum proses *roasting* ini dilakukan, terlebih dahulu diatur untuk

mencapai temperatur 1250°C (kira-kira butuh waktu 4 jam). Keempat sampel yang sebelumnya sudah dikompaksi tadi siap untuk dimasukkan ke dalam *furnace* tersebut. Pada awalnya, sampel dipanaskan hingga temperatur 600°C selama 30 menit kemudian di *holding* selama 30 menit juga. Setelah itu, sampel dipanaskan kembali hingga mencapai temperatur yang diinginkan yaitu 1250°C selama 30 menit lalu di *holding* sekitar dua jam. *Holding* ini bertujuan untuk memastikan bahwa reaksi karbotermik telah berjalan sempurna.



Gambar 3.4 Bentuk sampel setelah di *Roasting Reduction*

Sampel yang telah dilakukan proses *roasting* ini sebelum dilakukan proses pengujian XRD, terlebih dahulu di haluskan seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Proses Penghalusan Setelah *Roasting Reduction*

9. Proses Pelindian (*Leaching*)

Tahapan selanjutnya adalah proses pelindian. Pada tahapan ini, sampel saprolit yang tidak direduksi dan yang setelah direduksi masing –masing 0.4 gr dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah terisi larutan H_2SO_4 1 Molar sebanyak 100 ml. Perbandingan ini merujuk pada penelitian Hadi Purwanto *et al*^[18]. Proses pelindian ini dilakukan dengan menggunakan alat *stirrer* dengan temperatur yang digunakan adalah sekitar $75^{\circ}C$ selama 90 menit. Setelah proses ini selesai, cairan dan padatan yang ada di dalam *beaker glass* ini dilakukan proses lebih lanjut yaitu pemisahan antara cairan dan padatan.

10. Uji EDX (*Energy Disperse X-Ray Analysis*)

Sebelum dilakukan persiapan material awal, dilakukan pengujian hanya untuk karakteristik awal sampel dan hasil separasi dengan fluida air. Namun pengujian juga dilakukan terhadap sampel yang setelah melalui tahapan *roasting reduction*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan adanya

perubahan komposisi dari komposisi awal. Hasil yang didapat dari uji EDX (analisis kuantitatif) berupa kadar unsur-unsur yang terkandung pada sampel dalam satuan persen. Contoh unsur-unsur yang terkandung di dalam bijih saprolit yaitu Ni, Al, Mg, Si, Fe, C, dan O.

11. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)

Pengujian XRD dengan mesin *Shimadzu* 7000 dilakukan di kampus UIN Jakarta. Untuk pengujian sampel dengan alat XRD, sampel yang digunakan adalah sampel saprolit yang masih awal yang belum dilakukan tahap reduksi sama yang sudah direduksi (sudah di *roasting*). Hasil yang akan didapat dari pengujian ini (analisis kualitatif) berupa senyawa yang terkandung pada sampel misalkan senyawa Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , NiO , FeNi , dll. *Output* yang dihasilkan dari alat XRD tersebut sebenarnya terdiri dari susunan-susunan *peak*.

12. Uji AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Uji AAS dilakukan terhadap sampel yang setelah melewati proses pelindian. Namun sebelum sampel diuji dengan alat ini, alat ini terlebih dahulu harus distandarisasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun *output* dari alat ini yaitu dapat berupa konsentrasi nikel dalam satuan ppm (mg/l). Pengujian ini dilakukan di kampus UIN Jakarta dengan *merk* alatnya *Perkin Elmer type AAnalyst 700*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA BERAT SAMPEL

Tabel 4.1 Data Berat Sampel Hingga Sebelum Pengujian EDX, XRD, dan AAS

Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)
Saprolit + 08 % Batubara	10.79	8.91
Saprolit + 16 % Batubara	11.81	8.93
Saprolit + 24 % Batubara	13.06	8.95
Saprolit + 32 % Batubara	14.49	9.16

Dari Tabel 4.1 di atas, berat awal merupakan berat sampel (saprolit dan briket batubara) yang telah dilakukan proses kompaksi dengan tekanan 100 bar. Sedangkan berat akhir adalah berat sampel yang telah mendapatkan perlakuan *roasting reduction* dengan temperatur 1250°C. Dari Tabel 4.1 tersebut setelah mengalami proses *roasting reduction* menunjukkan hal yang sama yaitu terjadi penurunan berat pada ke-4 sampel tersebut. Sampel saprolit dengan penambahan 8% batubara mengalami penurunan berat sebesar 1.88 gram, sampel dengan penambahan 16% batubara mengalami penurunan berat sebesar 2.88 gram, sampel dengan penambahan 24% batubara mengalami penurunan berat sebesar 4.11 gram, dan yang terakhir untuk sampel dengan penambahan 32% batubara mengalami penurunan berat sebesar 5.33 gram. Pengurangan berat ini dapat terjadi dikarenakan oleh hilangnya air yang ada pada sampel tersebut baik yang berasal dari bijih saprolit maupun air yang terkandung di dalam batubaranya.

4.2 HASIL PENGUJIAN EDX (*Energy Disperse X-Ray Analysis*)

Pengujian EDX bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dari unsur-unsur yang terkandung di dalam sampel. Pengujian ini dilakukan pada tiga titik yang berbeda. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.2 untuk sampel bijih saprolit yang belum mendapatkan perlakuan awal. Sedangkan untuk melihat hasil EDX sampel yang telah mendapatkan perlakuan separasi dengan fluida air ditunjukkan pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil uji karakterisasi sampel bijih saprolit yang masih murni

Unsur	% unsur dalam elemen (hasil uji EDX)			Rata-Rata
	1	2	3	
C	2.78	2.88	3.85	3.17
O	34.60	34.38	41.97	36.98
Mg	12.93	11.55	12.61	12.36
Al	1.13	2.51	3.23	2.29
Si	17.48	20.10	22.48	20.02
Fe	12.58	12.32	15.87	13.59
Ni	18.50	14.15	0	10.88

Tabel 4.3 Hasil uji karakterisasi sampel saprolit wadah 1 (*float sink process*)

Unsur	% unsur dalam elemen (hasil uji EDX)			Rata-Rata
	1	2	3	
C	2.21	2.21	5.00	3.14
O	41.89	41.89	38.58	40.78
Mg	12.60	12.60	10.93	12.04
Al	2.72	2.72	0	1.81
Si	20.23	20.23	18.56	19.67
Fe	20.35	20.35	26.93	22.54
Ni	0	0	0	0

Tabel 4.4 Hasil uji karakterisasi sampel saprolit wadah 2 (*float shink process*)

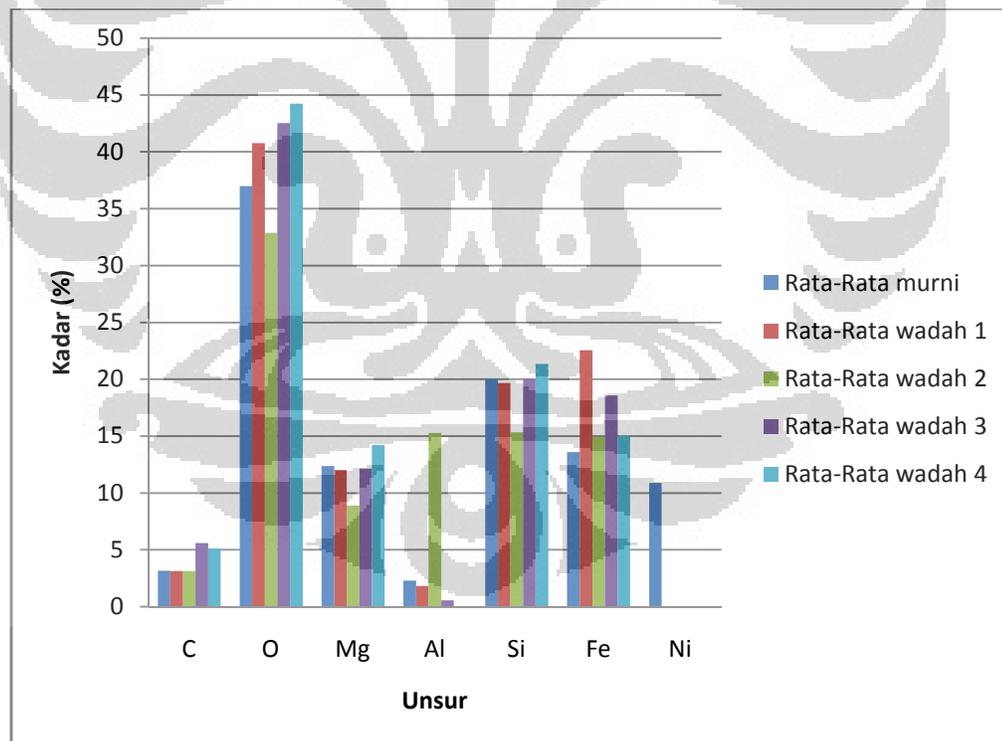
Unsur	% unsur dalam elemen (hasil uji EDX)			Rata-Rata
	1	2	3	
C	3.02	3.51	2.87	3.133
O	42.56	27.65	28.44	32.88
Mg	12.09	9.39	5.20	8.89
Al	1.73	1.11	43.02	15.28
Si	20.30	15.14	10.57	15.33
Fe	20.30	15.84	8.58	14.90
Ni	0	0	0	0

Tabel 4.5 Hasil uji karakterisasi sampel saprolit wadah 3 (*float shink process*)

Unsur	% unsur dalam elemen (hasil uji EDX)			Rata-Rata
	1	2	3	
C	5.67	4.17	6.94	5.59
O	43.23	42.72	41.66	42.53
Mg	12.27	12.32	11.86	12.15
Al	1.65	0	0	0.55
Si	20.36	21.26	20.18	20.60
Fe	16.82	19.53	19.37	18.57
Ni	0	0	0	0

Tabel 4.6 Hasil uji karakterisasi sampel saprolit wadah 4 (*float sink process*)

Unsur	% unsur dalam elemen (hasil uji EDX)			Rata-Rata
	1	2	3	
C	5.82	4.32	5.27	5.14
O	45.12	41.61	46.03	44.25
Mg	12.93	14.66	15.08	14.22
Al	0	0	0	0
Si	21.25	22.75	20.07	21.35
Fe	14.87	16.66	13.55	15.02
Ni	0	0	0	0

**Gambar 4.1** Grafik komposisi rata-rata bijih nikel saprolit dalam elemen

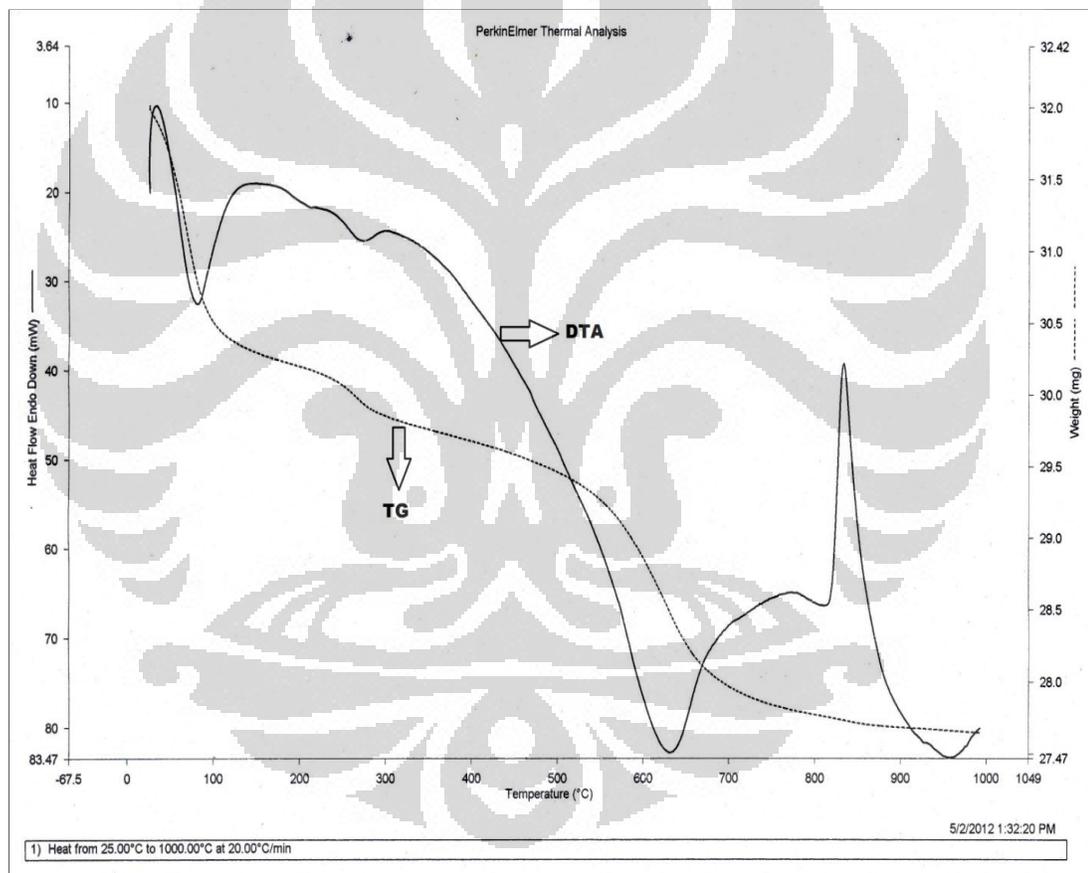
Terdapat beberapa unsur yang terkandung di dalam sampel seperti C, O, Mg, Al, Si, Fe, dan Ni. Untuk sampel saprolit yang masih murni (tanpa proses separasi) mengandung unsur C sebesar 3.17%, 36.98% O, 12.36% Mg, 2.29% Al, 20.02% Si, 13.59% Fe dan 10.88% Ni. Hasil ini bila kita bandingkan dengan literatur yang ada jelas jauh berbeda. Terutama unsur Ni yang merupakan unsur utama dari bijih saprolit ini, dari literatur yang ada kandungan Ni pada bijih nikel saprolit yang ada di Pomalaa yaitu berkisar 1.8 – 2.6 % Ni^[5]. Sedangkan hasil Ni yang didapat dari pengujian EDX adalah 10.88% (hasil rata-rata penembakan dari tiga titik yang berbeda). Perbedaan persentase dari unsur tersebut bisa diakibatkan oleh alat EDX yang kurang representatif, yang dalam prosesnya hanya mengambil di tiga titik tertentu saja, namun tidak menutup kemungkinan kalau dilakukan penembakan hingga puluhan titik bahkan ratusan titik akan didapatkan persentase unsur yang sama dengan literatur.

Sedangkan untuk hasil EDX sampel yang telah dilakukan separasi dengan fluida air (wadah 1 hingga wadah 4) sebenarnya pada proses ini diharapkan dapat memisahkan unsur - unsur yang ada dengan memanfaatkan gerak relatif mineral terhadap aliran air. Dari wadah pertama yang telah diberi umpan. Pada prinsipnya, unsur - unsur yang memiliki berat jenis paling kecil akan terbuang ke wadah berikutnya. Dari hasil rata - rata unsur yang ada kalau kita hanya melihat unsur Fe saja sudah sesuai dengan literatur karena Fe memiliki berat jenis yang lebih besar sehingga logam Fe banyak berada di wadah 1 (wadah paling atas), sedangkan untuk unsur Ni sendiri yang seharusnya tetap berada paling banyak di wadah 1, namun dari hasil pengujian tidak terdapat sama sekali. Sekali lagi, dengan keterbatasan dari alat EDX tadi tentunya mempengaruhi dari hasil pengujian ini. Ini memungkinkan bahwa data yang didapat dari hasil tersebut tidak bisa mewakili keseluruhan sampel yang diuji. Tabel 4.7 dibawah ini adalah tabel berat jenis dari unsur -unsur yang terkandung di bijih saprolit tersebut.

Tabel 4.7 Berat jenis unsur

Unsur	Berat Jenis
C	2.26
Al	2.70
Fe	7.90
Si	2.33
Ni	8.90

4.3 HASIL PENGUJIAN STA (*Simultaneous Thermal Analysis*)

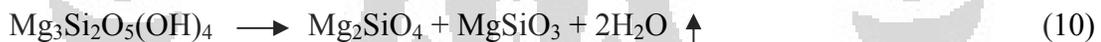


Gambar 4.2 Hasil uji STA bijih nikel saprolit pada pemanasan hingga temperatur 1000°C

Pada penelitian ini dilakukan uji TG-DTA yang digunakan untuk menentukan sifat termal bijih nikel laterit pada peningkatan temperatur. Pemanasan dilakukan hingga temperatur 1000°C dengan laju pemanasan 20°C/min dalam

atmosfer udara. Hasil uji TG berupa perubahan massa (mg) dan kegunaan utama dari DTA adalah untuk mendeteksi temperatur awal dari proses-proses termal dan secara kualitatif mengkarakterisasinya sebagai endotermik atau eksotermik, *reversible* atau tidak, dsb. Idealnya, area di bawah puncak DTA berbanding lurus dengan perbedaan panas proses antara sampel dan referensi yang memunculkan puncak tersebut^[17].

Pada Gambar 4.2 menunjukkan untuk kurva STA terdapat 3 lembah dan 1 puncak yang terjadi pada rentang temperatur yang berbeda. Pertama adalah pada suhu sekitar 100°C yang ditunjukkan dengan adanya lembah yang menunjukkan reaksi endotermis. Proses ini adalah pelepasan kandungan air yang berasal dari udara yang terabsorpsi pada bijih nikel saprolit (*free water vaporization*). Hal ini juga teramati pada penelitian Guanghai Li et al (2012)^[19]. Pada peningkatan temperatur lebih lanjut yaitu pada rentang temperatur 200°C – 300°C, terdapat bentuk lembah yang menunjukkan reaksi endotermis. Pada rentang waktu tersebut diperkirakan terjadi perubahan fasa dari *goethite* ke *hematite* yang reaksinya ditunjukkan pada Persamaan (9) di bawah ini :



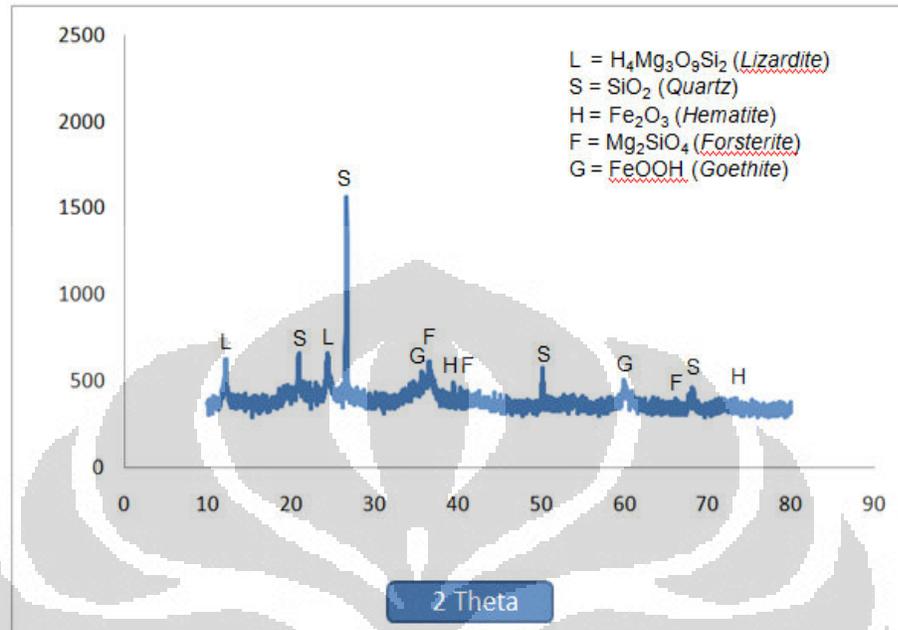
Pada rentang temperatur 600°C – 700°C terdapat reaksi ke tiga yaitu reaksi endotermis juga. Di rentang temperatur ini juga terjadi *dehidroxilation* senyawa $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (*Magnesium Silicate Hydroxide*). Persamaan reaksinya ditunjukkan pada Persamaan (10) di atas. *Dehidroxilation* merupakan transformasi struktural yang mengarah kepada penghancuran struktural kelompok OH- atau hilangnya air kristalin. Sedangkan untuk puncak yang muncul pada rentang temperatur 800°C – 900°C terjadi reaksi eksotermis (terbentuknya *forsterite*). Pada rentang temperatur ini merupakan temperatur yang baik untuk reaksi reduksi. Jadi berdasarkan kurva STA ini diharapkan bahwa temperatur *roasting* merupakan faktor yang penting dalam penentuan efisiensi pelindian logam^[18].

4.4 HASIL PENGUJIAN XRD (*X-Ray Diffraction*)

Dari hasil pengujian XRD dapat diperoleh data beberapa senyawa penting yang terkandung di dalam sampel. Pengujian yang telah dilakukan meliputi sampel awal (sampel yang masih murni) dan sampel saprolit yang telah dilakukan proses *roasting reduction* yang juga ditambahkan dengan beberapa persen karbon yang berasal dari batubara. Sampel saprolit yang masih murni tersebut sebenarnya berkaitan dengan pengujian STA sebelumnya yang nantinya akan dianalisa senyawa-senyawa apa saja yang ada pada sampel tersebut. Sedangkan untuk sampel yang setelah dilakukan proses *roasting reduction* ini juga akan dianalisa apakah senyawa-senyawa yang terkandung dari masing-masing penambahan batubara sebelumnya mengalami perubahan fasa atau tidak.

Hasil dari pengujian XRD adalah berupa grafik yang terdiri dari susunan-susunan puncak untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terdapat di dalam sampel tersebut. Namun grafik tersebut harus diolah terlebih dahulu dengan menggunakan *Match Software* untuk menentukan jenis mineral berdasarkan puncak yang muncul di dalam grafik. Untuk grafik hasil pengujian XRD dari sampel saprolit yang masih murni ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan untuk bijih saprolit dengan penambahan batubara ditunjukkan pada Gambar 4.4.

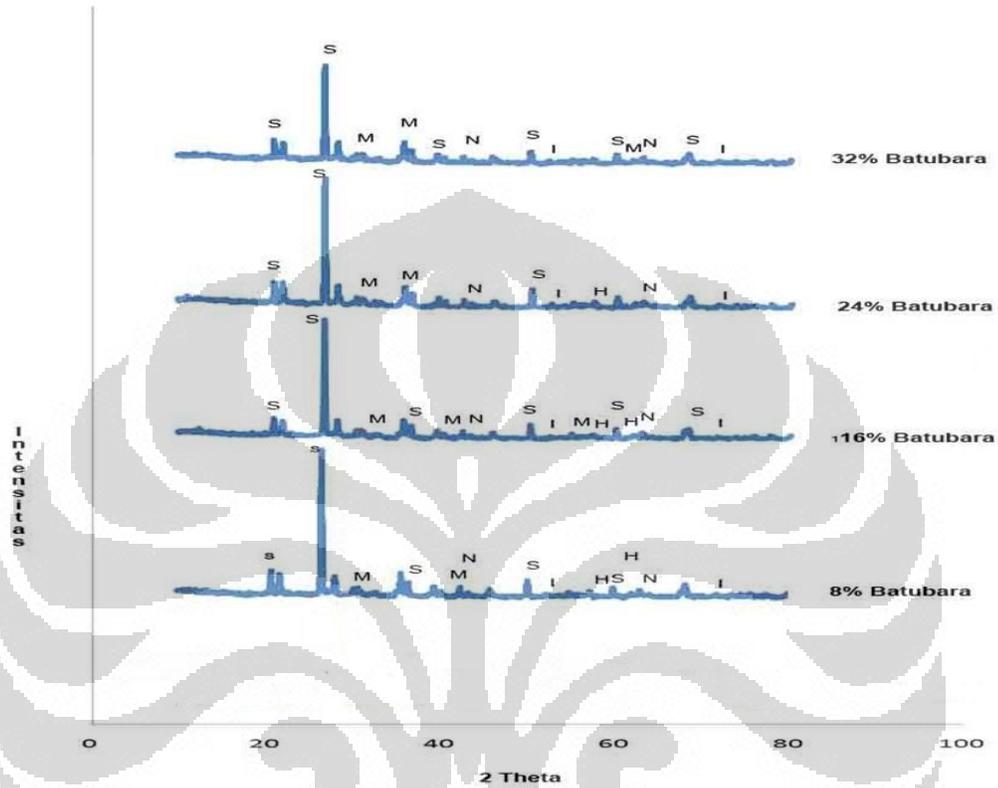
- Hasil pengujian XRD untuk sampel saprolit murni tanpa *roasting*



Gambar 4.3 Grafik hasil uji XRD saprolit murni (sebelum *roasting reduction*)

Dari data grafik hasil XRD untuk sampel bijih saprolit yang masih murni (tanpa proses *roasting reduction*) atau ditunjukkan pada Gambar 4.3 di atas, terlihat bahwa senyawa-senyawa penyusun bijih nikel saprolit tersebut adalah *lizardite*, *forsterite*, *silicon oxide*, *hematite*, dan *goethite*. Dalam bijih saprolit dari Pomalaa ini senyawa yang paling dominan terbentuk yaitu SiO_2 , ditunjukkan pada grafik hasil uji XRD adalah terlihat dengan bentuk puncak paling tinggi. Hal ini bila dihubungkan dengan hasil EDX, sepadan dengan persentase Si dan O yang mana persentase dari kedua unsur ini bisa tergolong tinggi yaitu dengan rata-rata 20.02% untuk unsur Si dan 36.98% untuk unsur O. Sedangkan untuk senyawa *goethite* tidak terlalu dominan terbentuk. Senyawa *goethite* paling dominan umumnya terbentuk pada bijih nikel jenis limonit. Hal ini dikarenakan pada bijih nikel limonit terdapat kandungan Fe yang lebih banyak daripada saprolit. Pada hasil XRD untuk sampel yang tanpa *roasting* disini tidak terlihat adanya FeNi, hal ini dikarenakan tidak ada proses pemanggangan pada bijih saprolit.

- Hasil pengujian XRD untuk sampel saprolit dengan penambahan batubara



Gambar 4.4 Grafik hasil perbandingan uji XRD saprolit dengan penambahan batubara (setelah *roasting reduction*)

Keterangan Gambar 4.4 untuk saprolit dengan penambahan batubara :

S = senyawa SiO₂ (*Quartz*)

H = senyawa Fe₂O₃ (*Hematite*)

M = senyawa Fe₃O₄ (*Magnetite*)

I = senyawa FeNi (*Ferronickel*)

N = senyawa NiO (*Nickel Oxide*)

Dari hasil XRD untuk pengujian sampel dengan penambahan batubara yang berbeda-beda untuk semua sampel yang dipanaskan terjadi perubahan pembentukan senyawa bila dibandingkan dengan hasil XRD pada sampel tanpa pemanasan seperti terbentuknya FeNi, NiO, Fe₂O₃, dan Fe₃O₄ dan SiO₂. Setelah direduksi dengan 8% batubara, tidak terbentuk lagi senyawa *goethite* begitu pula dengan penambahan 16%, 24%, dan 32% batubara. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya pemutusan ikatan OOH yang ada pada senyawa *goethite* tersebut dan terbentuklah *iron nickel*. Hal ini sesuai dengan literatur yang mana dikatakan bahwa sampel bijih nikel saprolit yang diberi perlakuan proses *roasting* akan muncul fasa *iron nickel* terutama pada saat ditemperatur minimal 800°C. Untuk senyawa SiO₂ kalau kita lihat di grafik masih tetap paling dominan untuk disemua penambahan batubara, terlihat dengan bentuk *peak* yang paling tinggi. selain itu dari masing-masing penambahan batubara (setelah *roasting*) muncul juga senyawa – senyawa seperti Fe₃O₄, Fe₂O₃, FeNi dan NiO. Senyawa Fe₃O₄ merupakan produk dari reduksi senyawa Fe₂O₃. Bila kita lihat pada diagram *Boudouard* atau pada Gambar 2.1 diperkirakan bahwa pada temperatur 1250°C akan tereduksi senyawa baru atau dari Fe₂O₃ menjadi senyawa Fe₃O₄. Senyawa ini pun semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan kadar gas CO yang diberikan. Pada grafik hasil XRD Gambar 4.4 dengan penambahan 8%, 16%, 24%, dan 32% batubara terlihat bahwa bentuk dari *peak-peak* dari senyawa yang muncul hampir terlihat sama. Dari hasil XRD yang diperoleh atau pada Gambar 4.4 pada penambahan batubara menunjukkan bahwa nilai intensitas tertinggi untuk senyawa Fe-Ni diperoleh pada penambahan batubara dengan kadar 24%. Selain itu, intensitas senyawa NiO yang tertinggi juga terlihat pada penambahan batubara dengan kadar yang sama.

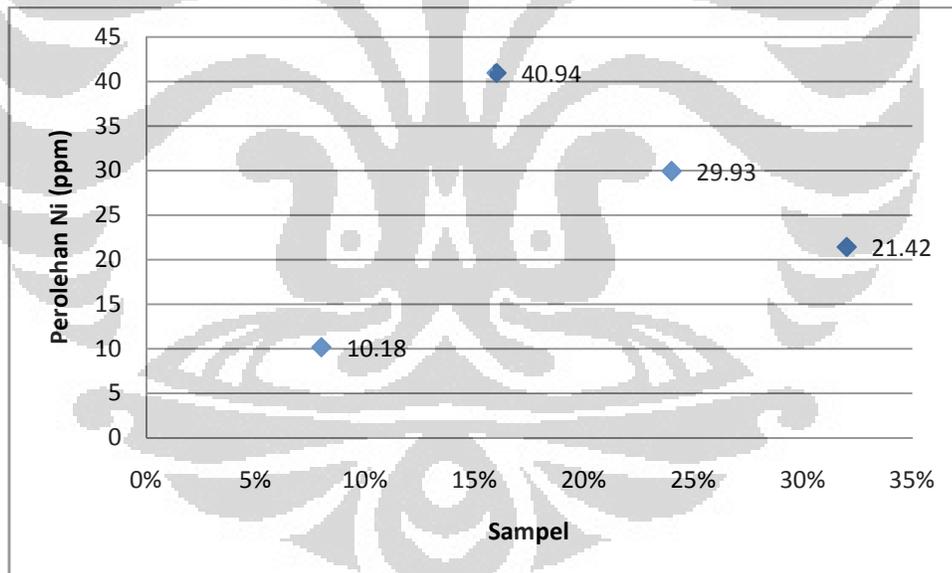
4.5 HASIL PENGUJIAN AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Sebelum pengujian AAS dilakukan, masing-masing sampel yang setelah *roasting reduction* dilakukan proses pelindian terlebih dahulu. Pada proses ini, sampel dengan masing-masing berat 0.4gr/100ml dimasukkan ke dalam 1 Molar H₂SO₄ dengan waktu pelindian 90 menit dan temperaturnya sekitar 73°C. Setelah

proses pelindian selesai, baru dilakukan pengujian AAS. Pengujian ini dilakukan di UIN Ciputat, Jakarta. Adapun hasil pengujian AAS dengan parameter Ni yang akan dilihat masih dalam bentuk ppm atau mg/l seperti yang dapat kita lihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian AAS (*Atomic Absortion Spectrometry*)

Sampel Leaching(H_2SO_4 1 Molar)	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
Saprolit + 8 % Batubara	Ni	Mg/l	10.18	FAAS
Saprolit + 16% Batubara	Ni	Mg/l	40.94	FAAS
Saprolit + 24% Batubara	Ni	Mg/l	29.93	FAAS
Saprolit + 32% Batubara	Ni	Mg/l	21.42	FAAS



Gambar 4.5 Grafik Perolehan Ni hasil pengujian AAS

Hasil perolehan nikel yang masih dalam bentuk ppm ini kemudian akan diolah lagi ke dalam bentuk persentase dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$\% Recovery Ni = Hasil Ni dalam ppm / (\%Ni sampel awal \times feed dalam ppm).$

Sehingga didapatkan kadar nikel sebagai berikut :

- Untuk saprolit + 8 % batubara didapatkan kadar Ni sebesar 14.97%,
- Untuk saprolit + 16% batubara didapatkan kadar Ni sebesar 59.85%
- Untuk saprolit + 24% batubara didapatkan kadar Ni sebesar 44.01%
- Untuk saprolit + 32% batubara didapatkan kadar Ni sebesar 31.31%

Dalam perhitungan diatas, untuk % Ni sampel awal didapatkan sebesar 1.71%. Hasil ini diperoleh sampel padatan 1.10 gram diencerkan dengan menggunakan *Aqua Regia* 100 ml. dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\%Nikel = \frac{18.87 \frac{mg}{l} \cdot 10.0,1l}{1100 mg} = 1,71\%$$

Gambar 4.5 di atas merupakan hasil dari pengujian pelindian oleh larutan Asam Sulfat dengan variasi penambahan batubara 8%, 16%, 24%, dan 32% yang telah di *roasting* sebelumnya. Dari Gambar 4.5 tersebut merupakan pengaruh dari proses *roasting reduction* terhadap ekstraksi nikel hasil pelindian, didapatkan hasil perolehan nikelnya yaitu hasil perolehan nikelnya mengalami kenaikan hanya sampai dengan penambahan batubara sebanyak 16% dengan perolehan nilai sebesar 59.85%. Kemudian pada penambahan batubara selanjutnya perolehan nikelnya mengalami penurunan. Ini dapat diartikan bahwa kondisi optimum dalam proses pelindian dalam penelitian ini hanya pada sampai penambahan batubara 16%. Sedangkan pada penambahan batubara setelah itu akan mengalami penurunan perolehan nikelnya.

Jika kita bandingkan kadar unsur Ni hasil EDX dengan hasil AAS, kita dapat lihat pada Tabel 4.9 berikut ini :

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Kadar Ni Dari Hasil EDX dengan Hasil AAS

Unsur	Hasil EDX (%)	Hasil AAS (%)
Ni	10.88	1.71

Dari perolehan unsur Ni yang didapat dari kedua hasil pengujian tersebut, terdapat perbedaan yang signifikan yaitu unsur Ni yang didapat dari hasil uji EDX yaitu sebesar 10.88%, sedangkan dari hasil AAS diperoleh sebesar 1.71%. Hasil AAS tersebut diperoleh dengan cara melarutkan bijih sampel yang masih dalam bentuk serbuk dengan larutan tertentu sehingga unsur-unsur yang ada di dalam bijih nikel tersebut dapat larut. Persentase nikel yang didapatkan sudah hampir mendekati persentase yang ada pada literatur. Sedangkan hasil dari pengujian EDX, pada prosesnya hanya menggunakan penembakan X-Ray pada area tertentu saja (di tiga titik) sehingga hasil yang didapatkan sangat tidak representatif.

BAB V

KESIMPULAN

1. Penggunaan proses separasi dengan fluida air pada pengujian ini belum terlihat keefektifannya, karena keterbatasan alat EDX yang dinilai kurang representatif dikarenakan hanya dilakukan pada tiga titik tertentu saja. Sehingga ada beberapa kadar unsur yang dihasilkan tidak sesuai dengan literatur yang ada.
2. Senyawa SiO_2 merupakan senyawa yang paling dominan terbentuk pada sampel bijih saprolit tersebut. Hal ini sepadan dengan kandungan unsur Si yang telah di uji dengan hasil EDX.
3. Senyawa – senyawa yang terbentuk pada hasil *roasting reduction* pada temperatur 1250°C dengan penambahan beberapa % batubara adalah NiO , SiO_2 , FeNi , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 .
4. Pada penelitian ini, nilai optimum perolehan nikel pada hasil pelindian sampel dengan menggunakan medium Asam Sulfat 1 Molar yaitu berada pada penambahan batubara sebanyak 16% dengan perolehan nikelnya sebanyak 59.85%.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) GP. Tyroler and CA Landolt, The Metallurgy Society, 1998. “*Extractive metallurgy of Nickel and Cobalt*”.
- (2) Bergman, Rolland A. 2003. *Nickel production from low-iron laterite ores: Process description*
- (3) D.H. Rubisov, V.G. Papangelakis. (2000) “ *Sulphuric Acid Pressure Leaching of Laterite-Specification and Prediction of Metal Solubilities at Temperature*” Hydrometallurgy 58 13-26
- (4) Arifin Arif, 2007”*Prospek Penggunaan Proses HPAL Untuk Pengolahan Bijih Nikel Laterit Kadar Rendah Indonesia*”. Pusat Penelitian LIPI, Tangerang.
- (5) Habashi, Fathi. 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy*. Weinheim: Wiley-VCH.
- (6) Ashok D. Dalvi, W Gordon Bacon, Robert C. Osborne, 2004 “The Past and The Future of Nickel Laterites”. *PDAC 2004 International Convention, Trade Show & Investors Exchange March 7-10*.
- (7) Binudi. R., dkk., 1997”*Pengolahan Laterit Besi*”, Proyek Penelitian dan Pengembangan Material LIPI.
- (8) <http://lepmda.com/column.php?id=315&awal=20> Diakses 15 April 2012
- (9) http://www.antam.com/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=29 Diakses tanggal 7 Juni 2012
- (10) Topkaya, Yavuz A. 2005. *Lecture Notes : Chemical Principles of Material Production*. Jepang
- (11) B.A.Wills. 1988. *Mineral Processing Technology : An Introduction to The Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 4th edition*. Pergamon Press, United Kingdom.p.200
- (12) Guanghai Li., Tangming Shi., Mingjun Rao., Tao Jiang., Yuanbo Zhang., (2012) “ *Beneficiation of Nickeliferous Laterite by Reduction Roasting In the Presence of Sodium Sulfate*”. Minerals Engineering 32 19-26

- (13) Bo Li, Hua Wang, Yonggai Wei,. (2011) "The reduction of Nickel from Low Grade Nickel Laterite Ore Using A Solid-State Deoxidisation Method". Minerals Engineering 24 1556-1562
- (14) GUO Xue-yi, Li Dong, SHI Wen tang. 2010 "Leaching Behavior of Metals From Limonite Laterite Ore By High Pressure Acid Leaching".
- (15) EDX Analysis Guidelines. *EDX Analysis and WDX Analysis*. Diakses 16 Juni 2012
- (16) Brown, Michael E. (2001). *Introduction to thermal analysis-techniques and applications* (2nd ed.). London : Kluwer academic publishers.
- (17) Bart, Jan C.J. (2006). *Plastics additives - Advanced industrial analysis*. Amsterdam : IOS Press.
- (18) Hadi Purwanto, *et al*, (2003), "Recovery of Nickel from Selectively Reduced Laterite Ore by Sulphuric Acid Leaching". *ISIJ Int.*, Vol 43 No.2 Hal 181-186.
- (19) Guanghui Li., Tangming Shi., Mingjun Rao., Tao Jiang., Yuanbo Zhang., (2012) "Beneficiation of Nickeliferous Laterite by Reduction Roasting In the Presence of Sodium Sulfate". *Minerals Engineering* 32 19-26





**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA
PUSAT LABORATORIUM TERPADU**

Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat 15412 Indonesia

Telp. (62-21) 7401592 Fax. (62-21) 7495967
Website : www.uinjkt.ac.id Email : plt@uinjkt.ac.id

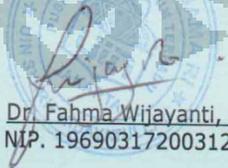
LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. Un.01/LT/OT.01.6/0030/2012

Nomor Order	: 0030	Pelanggan	: Mahasiswa UI
Tanggal diterima	: 18 Juni 2012	Kontak Person	: Gana
Sampel Matrik	: Cair	Alamat	: Depok

Lab ID	Sampel ID	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
0030-1	Unreduced H ₂ SO ₄ 0,1 M	Ni	mg/L	11,53	FAAS
0030-2	Unreduced H ₂ SO ₄ 0,4 M	Ni	mg/L	31,04	FAAS
0030-3	R 80	Ni	mg/L	23,95	FAAS
0030-4	Non 100	Ni	mg/L	27,50	FAAS
0030-5	Limonit	Ni	% b/b	1,68	FAAS
0030-6	Saprolit	Ni	% b/b	1,71	FAAS

Jakarta, 20 Juni 2012
Kepala,


Dr. Fahma Wijayanti, M.Si
 NIP. 196903172003122001



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA
PUSAT LABORATORIUM TERPADU**

Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat 15412 Indonesia

Telp. (62-21) 7401592 Fax. (62-21) 7495967

Website : www.uinjkt.ac.id Email : plt@uinjkt.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

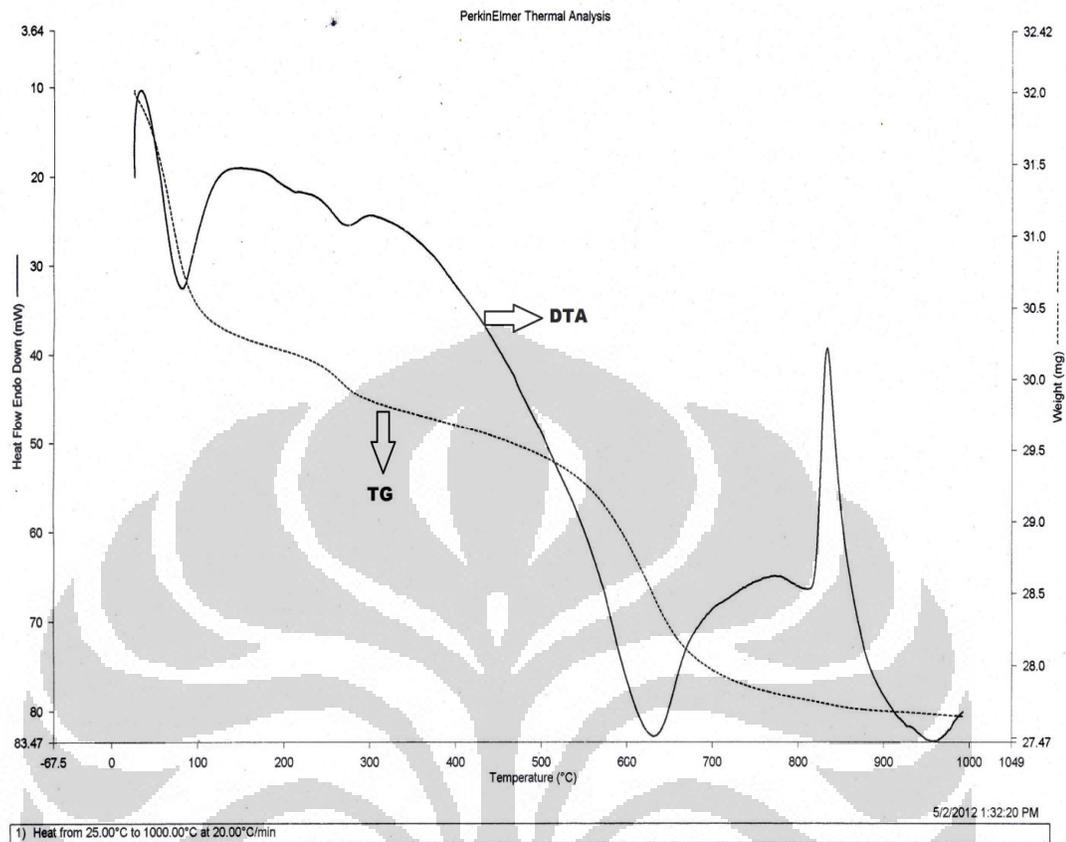
No. Un.01/LT/OT.01.6/0021/2012

Nomor Order : 0021 Pelanggan : Mahasiswa UI
Tanggal diterima : 8 Juni 2012 Kontak Person : Yogi
Sampel Matrik : Cair Alamat : Depok

Lab ID	Sampel ID	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
0021-1	H ₂ SO ₄ 1M 8%	Ni	mg/L	10,18	FAAS
0021-2	H ₂ SO ₄ 1M 16%	Ni	mg/L	40,94	FAAS
0021-3	H ₂ SO ₄ 1M 24%	Ni	mg/L	29,93	FAAS
0021-4	H ₂ SO ₄ 1M 32%	Ni	mg/L	21,42	FAAS
0021-5	NH ₄ HCO ₃ 1 M	Ni	mg/L	0,27	FAAS
0021-6	NH ₄ HCO ₃ 2 M	Ni	mg/L	0,33	FAAS
0021-7	NH ₄ HCO ₃ 3 M	Ni	mg/L	0,46	FAAS
0021-8	NH ₄ HCO ₃ 4 M	Ni	mg/L	0,55	FAAS

Jakarta, 12 Juni 2012
Kepala,


 Dr. Fahma Wijayanti, M.Si



SEMQuant results. Listed at 23:44:54 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-murni 3 gr-1

System resolution = 61 eV

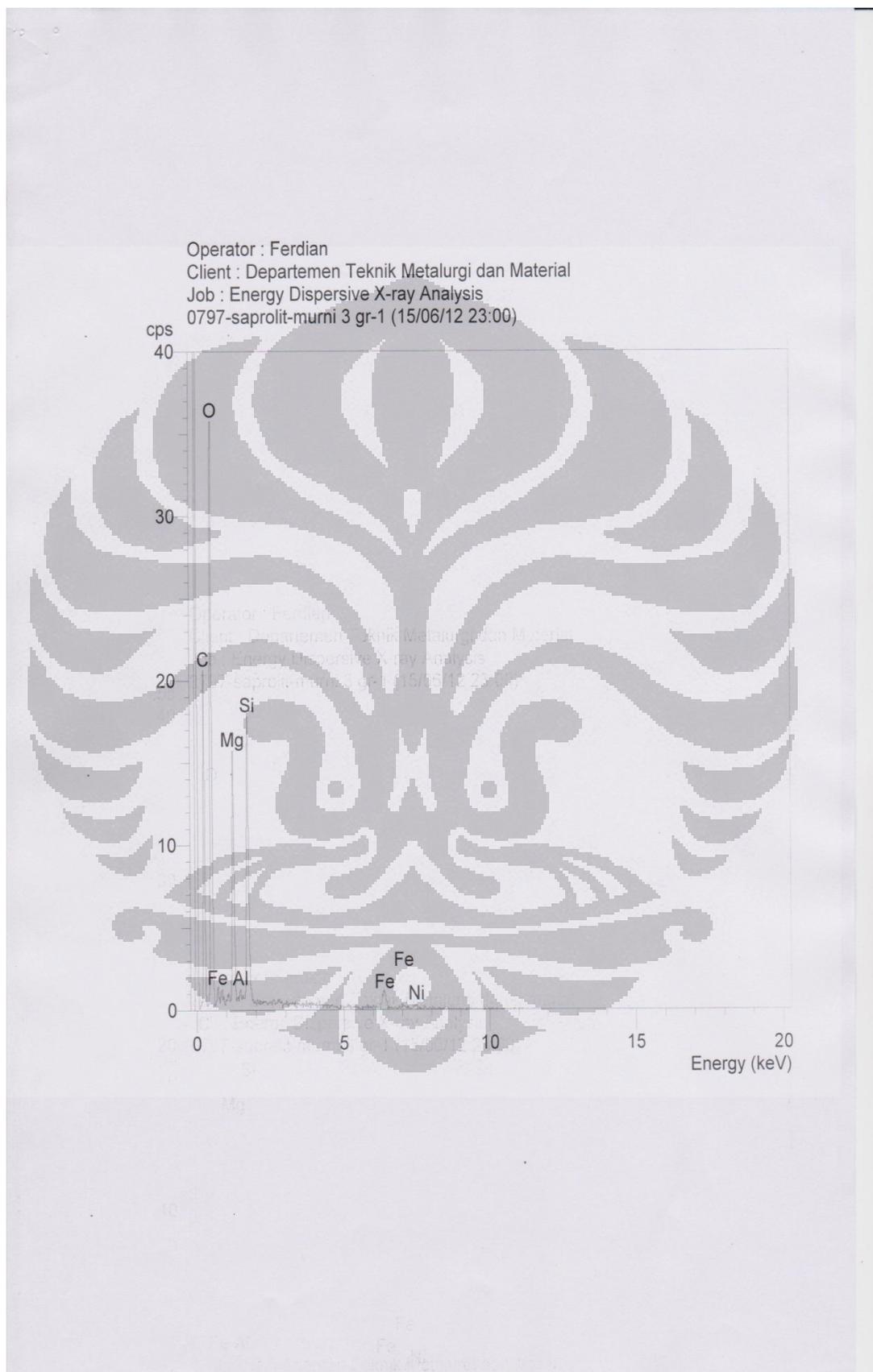
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11
Ni K Nickel 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	2.78	5.60
O K	ED	34.60	52.36
Mg K	ED	12.93	12.87
Al K	ED	1.13	1.02
Si K	ED	17.48	15.07
Fe K	ED	12.58	5.45
Ni K	ED	18.50	7.63
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:45:12 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-murni 3 gr-2

System resolution = 61 eV

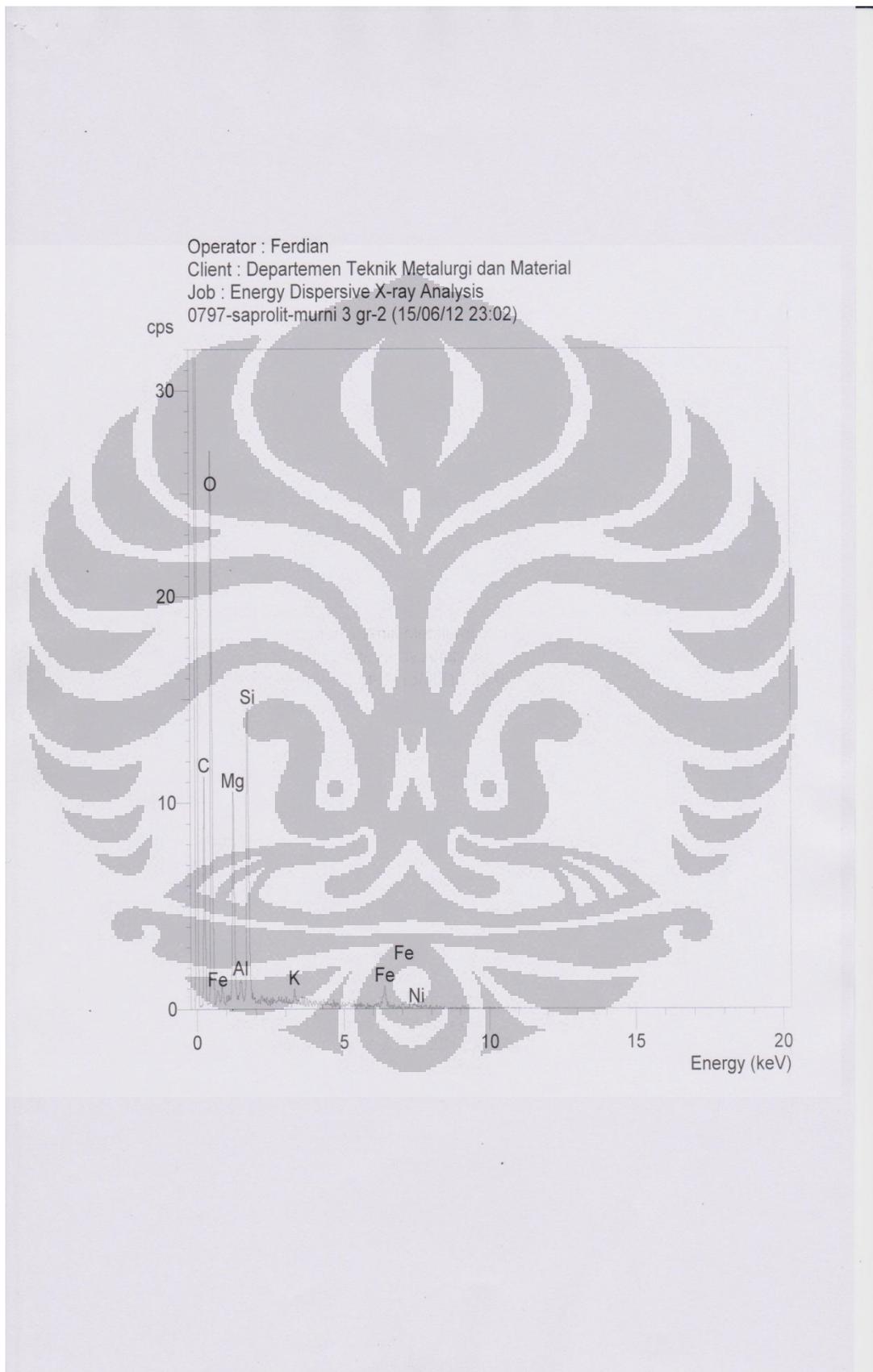
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
K K Orthoclase 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11
Ni K Nickel 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	2.88	5.73
O K	ED	34.38	51.31
Mg K	ED	11.55	11.34
Al K	ED	2.51	2.22
Si K	ED	20.10	17.09
K K	ED	2.11	1.29
Fe K	ED	12.32	5.27
Ni K	ED	14.15	5.76
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:45:29 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-murni 3 gr-3

System resolution = 60 eV

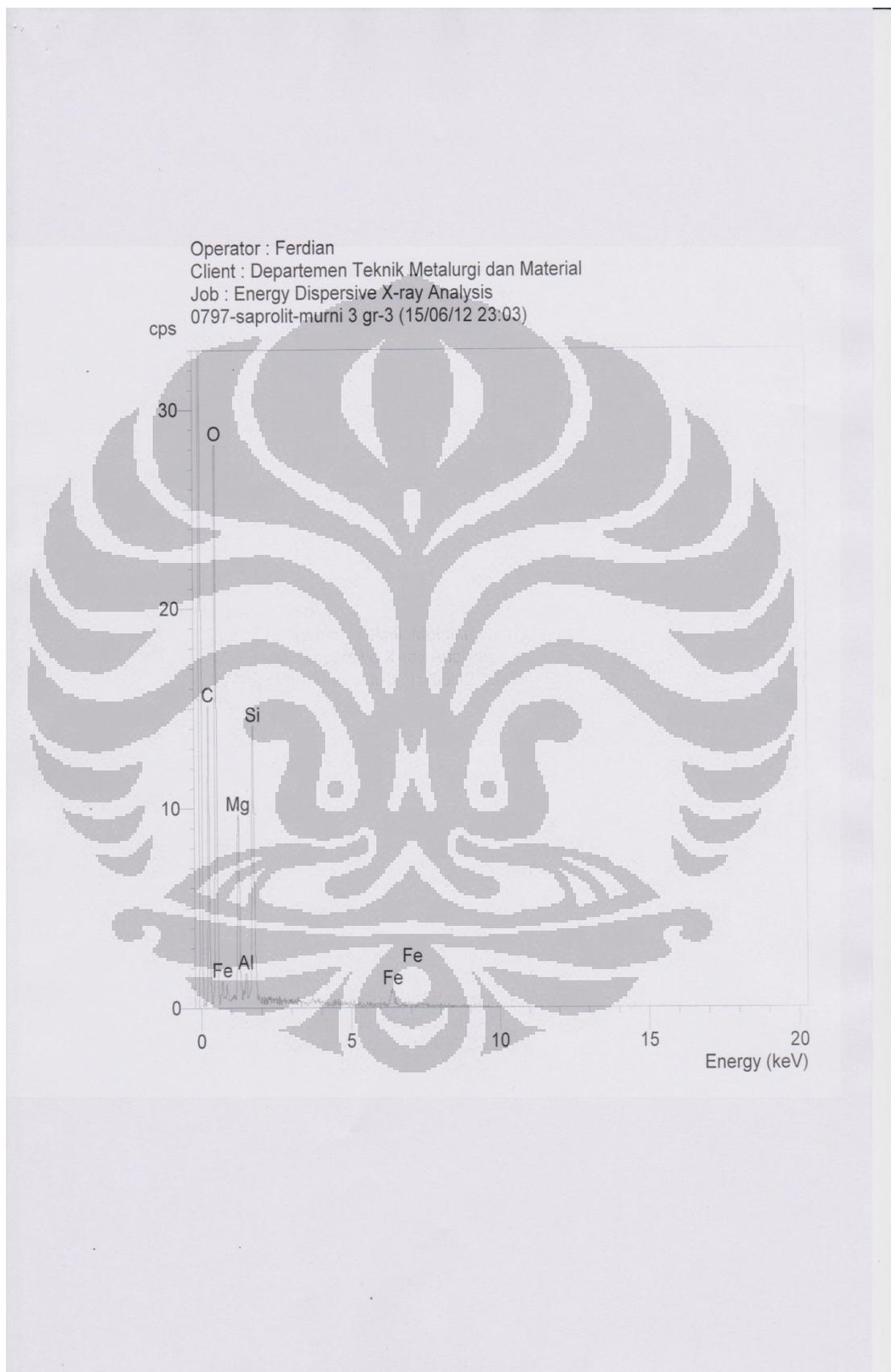
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	3.85	6.87
O K	ED	41.97	56.21
Mg K	ED	12.61	11.11
Al K	ED	3.23	2.56
Si K	ED	22.48	17.15
Fe K	ED	15.87	6.09
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:45:40 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 1-1

System resolution = 60 eV

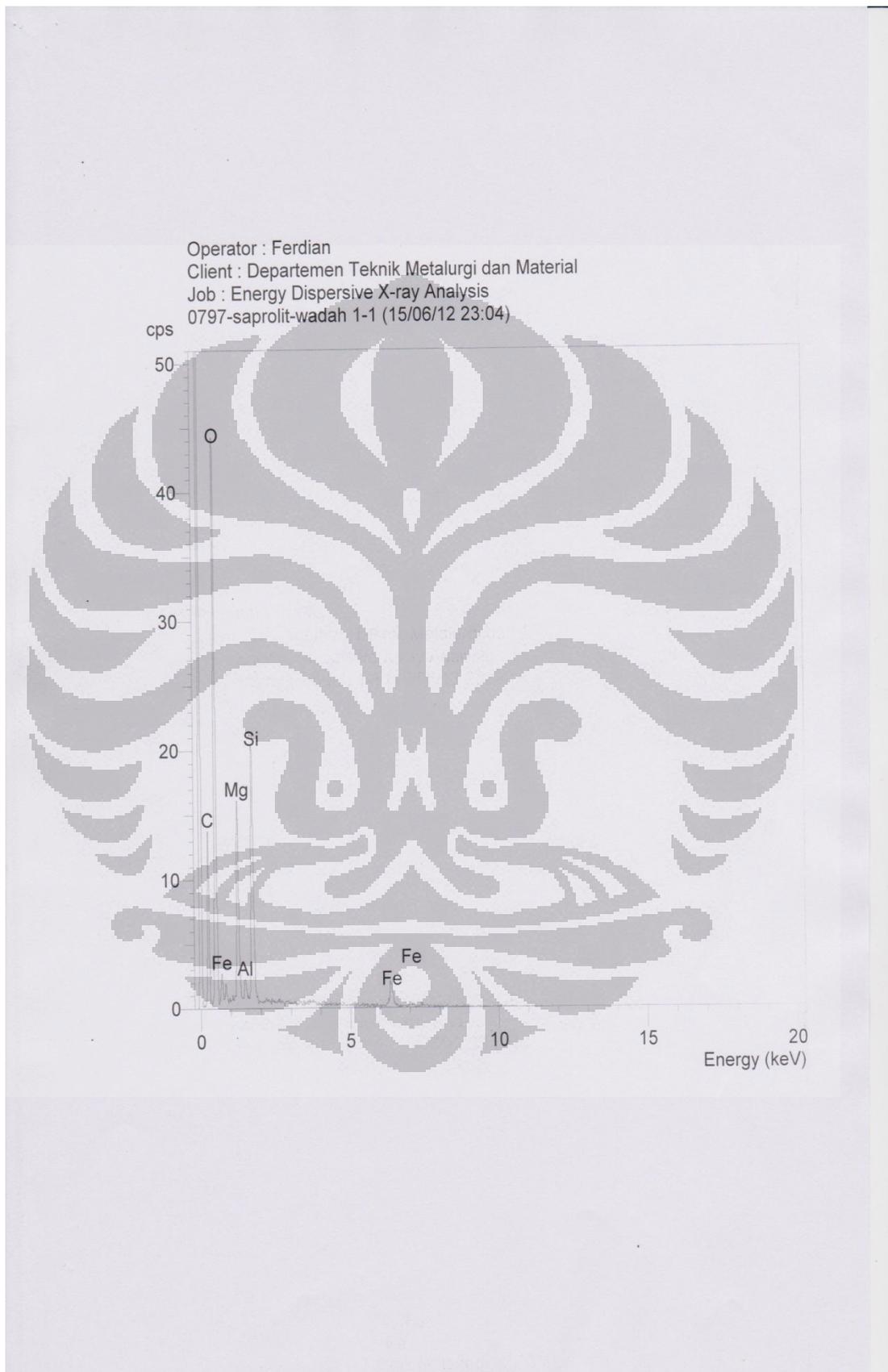
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmb	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	2.21	4.08
O K	ED	41.89	58.11
Mg K	ED	12.60	11.50
Al K	ED	2.72	2.24
Si K	ED	20.23	15.99
Fe K	ED	20.35	8.09
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:45:49 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 1-2

System resolution = 60 eV

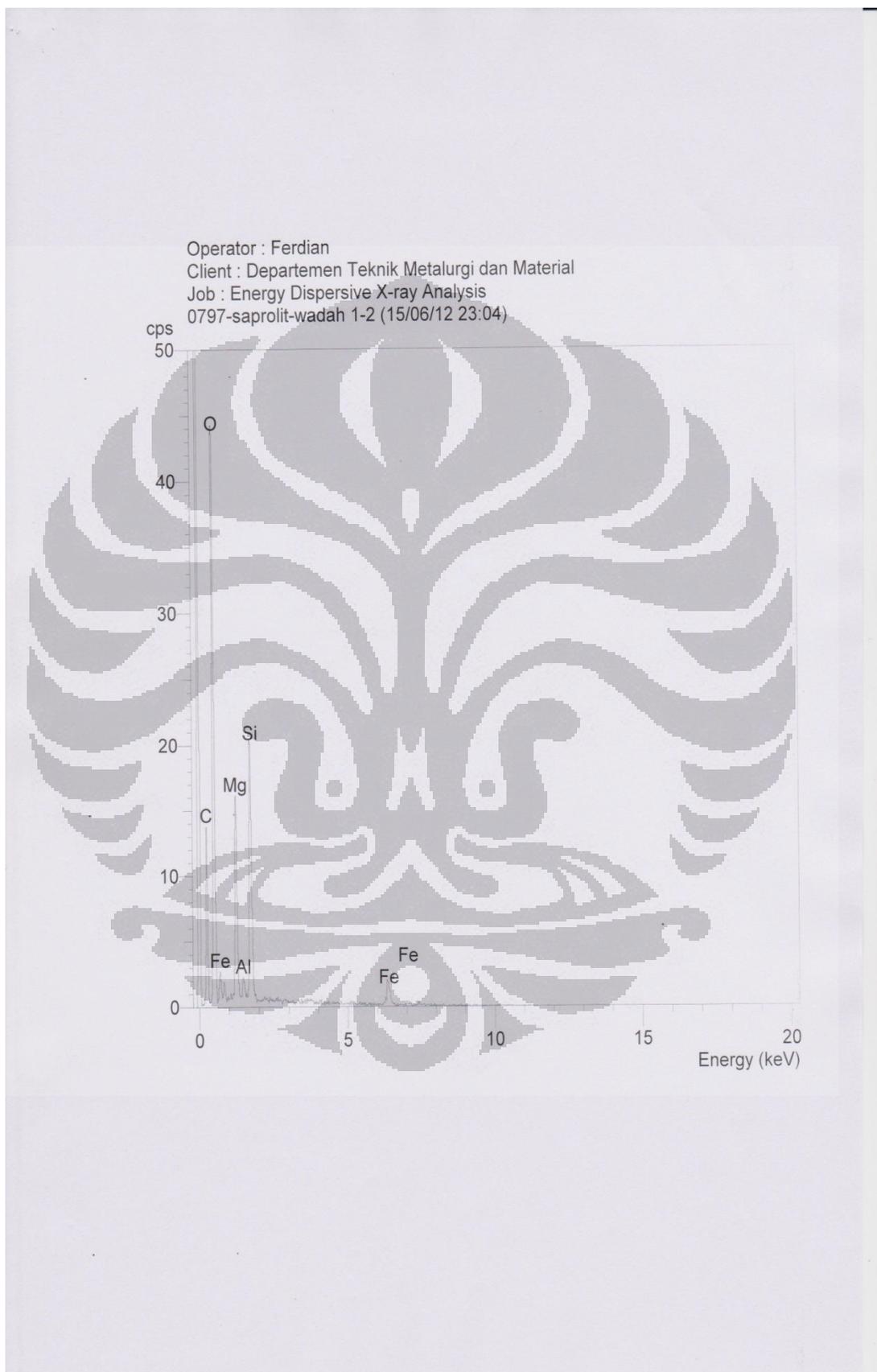
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmb	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	2.21	4.08
O K	ED	41.89	58.11
Mg K	ED	12.60	11.50
Al K	ED	2.72	2.24
Si K	ED	20.23	15.99
Fe K	ED	20.35	8.09
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:46:06 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 1-3

System resolution = 60 eV

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

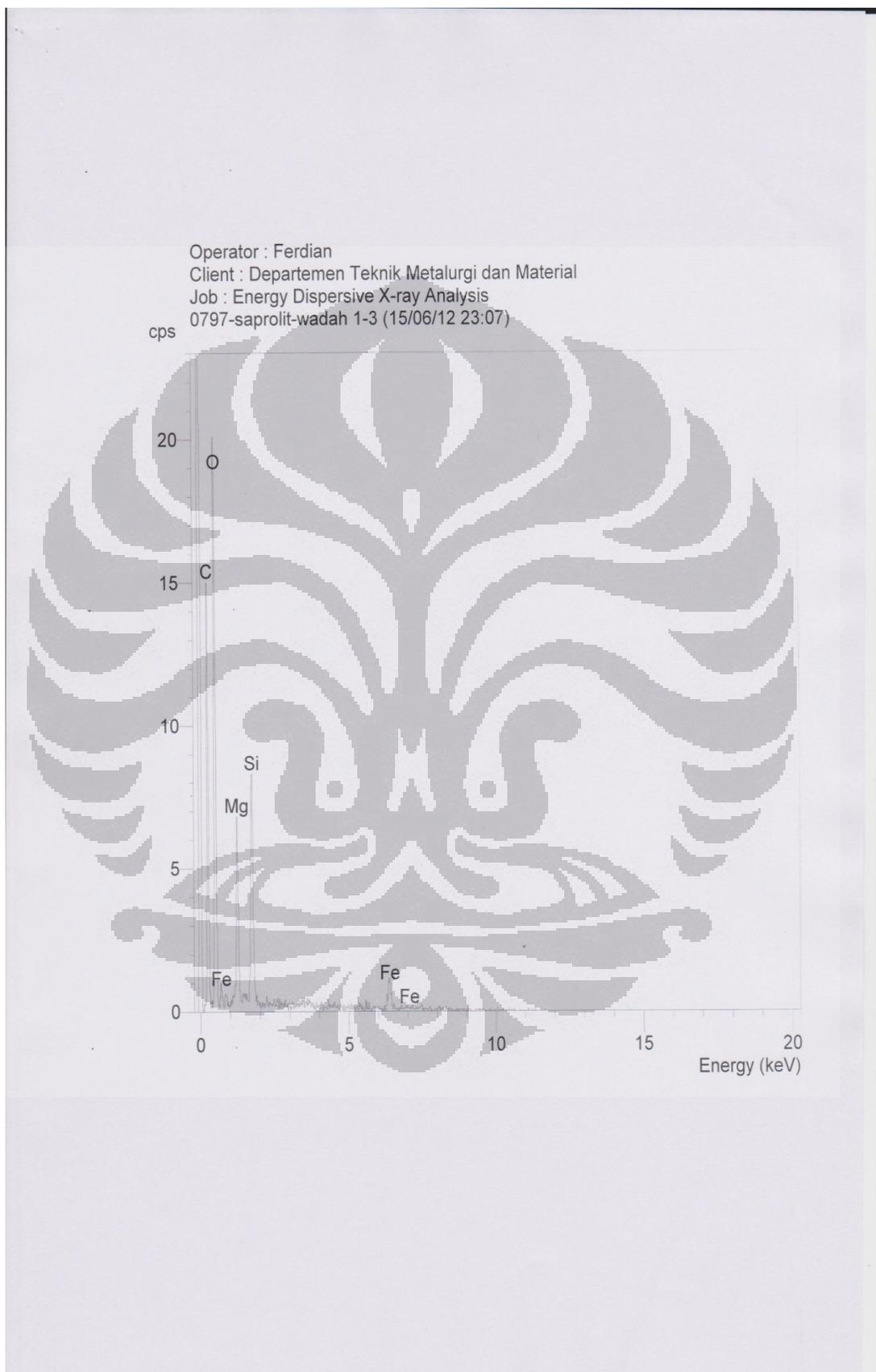
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	5.00	9.42
O K	ED	38.58	54.56
Mg K	ED	10.93	10.17
Si K	ED	18.56	14.95
Fe K	ED	26.93	10.91
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma





SEMQuant results. Listed at 23:46:19 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 2-1

System resolution = 60 eV

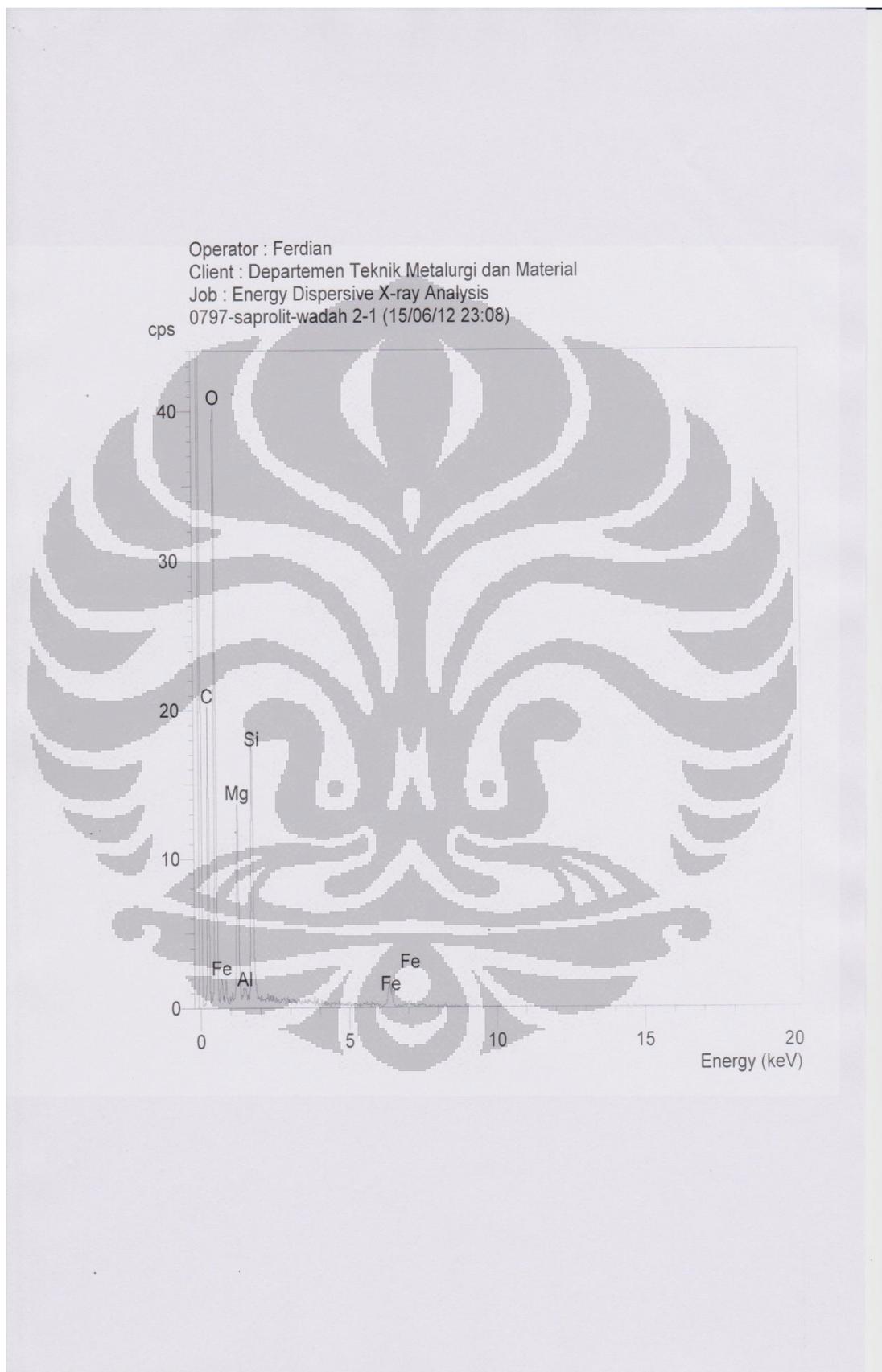
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	3.02	5.52
O K	ED	42.56	58.34
Mg K	ED	12.09	10.91
Al K	ED	1.73	1.41
Si K	ED	20.30	15.86
Fe K	ED	20.30	7.97
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:46:32 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 2-2

System resolution = 60 eV

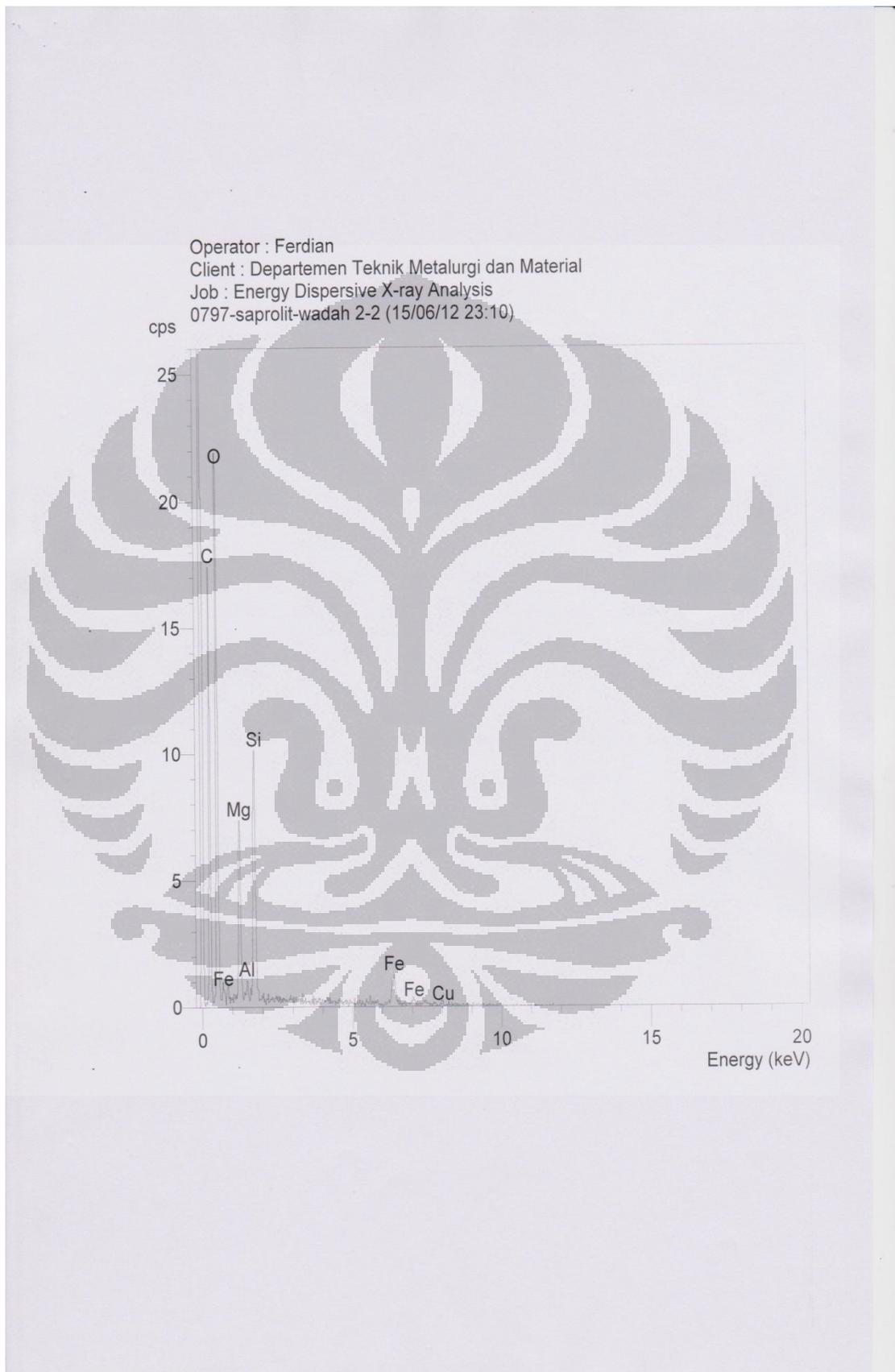
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11
Cu K Copper 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	3.51	7.90
O K	ED	27.65	46.69
Mg K	ED	9.39	10.43
Al K	ED	1.11	1.11
Si K	ED	15.14	14.56
Fe K	ED	15.84	7.67
Cu K	ED	27.37	11.64
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:46:56 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 2-3

System resolution = 60 eV

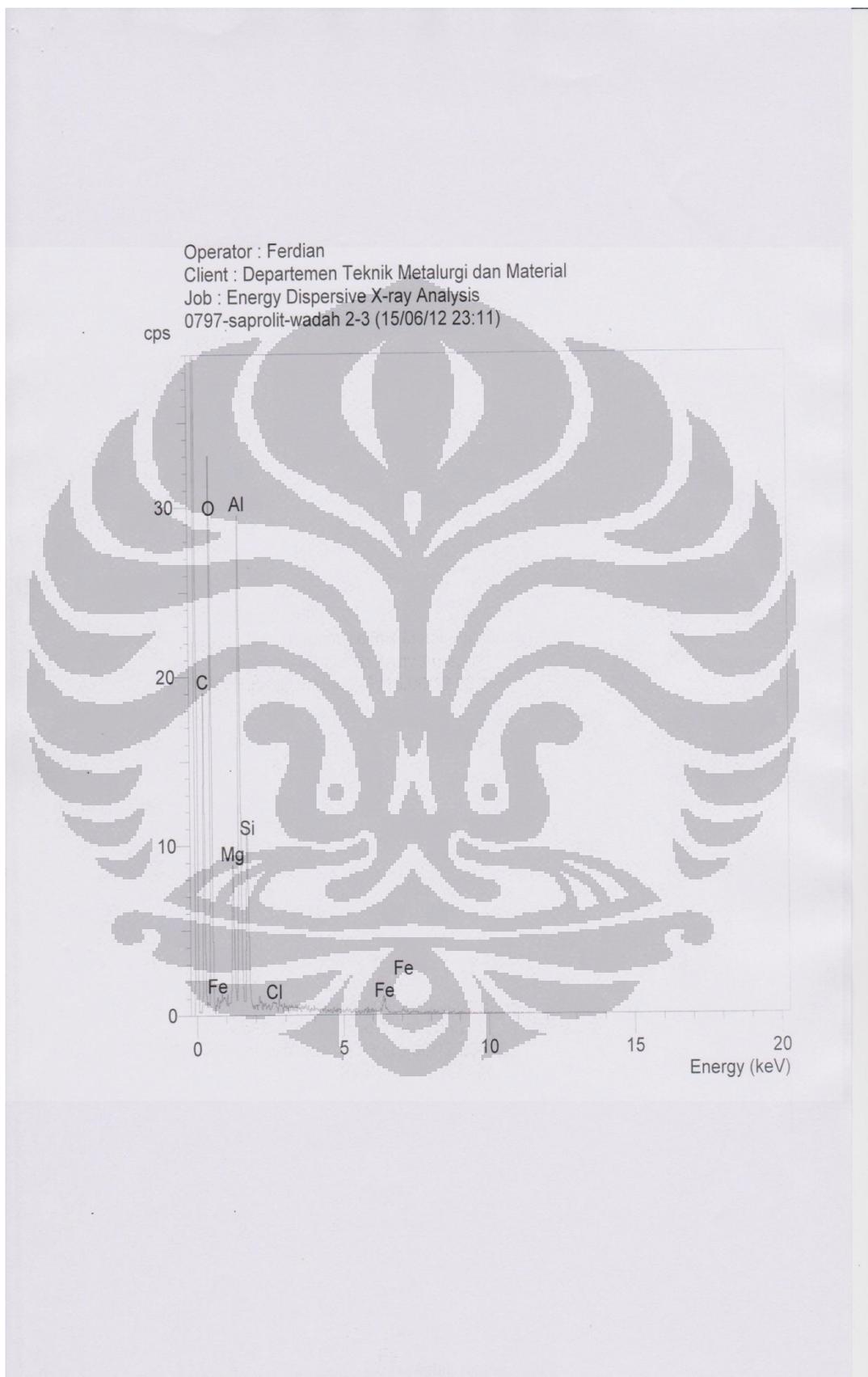
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Cl K KCl 15/02/94
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	2.87	5.44
O K	ED	28.44	40.47
Mg K	ED	5.20	4.87
Al K	ED	43.02	36.30
Si K	ED	10.57	8.57
Cl K	ED	1.32	0.85
Fe K	ED	8.58	3.50
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:47:47 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 3-1

System resolution = 60 eV

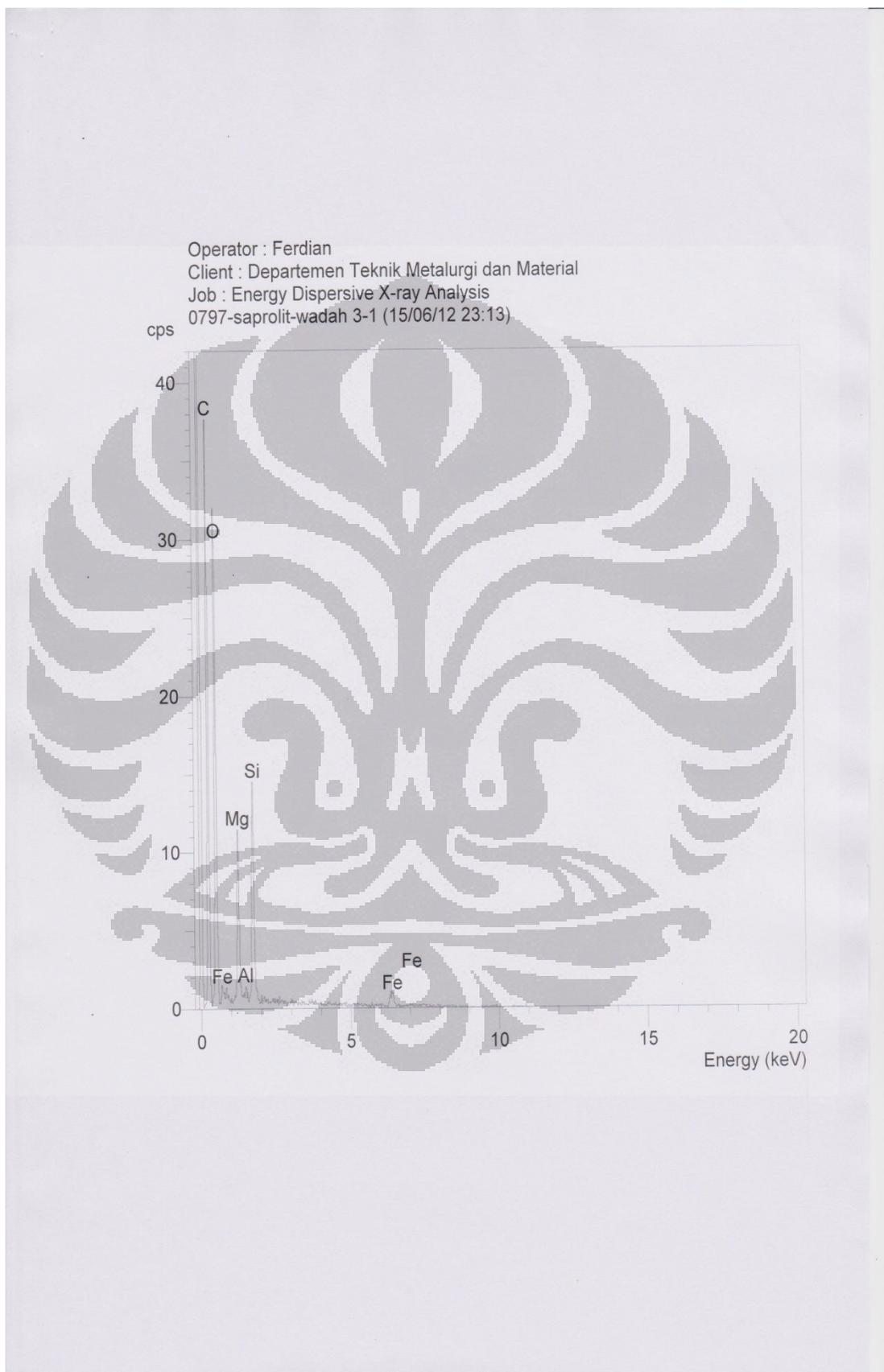
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Al K AL2O3 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	5.67	9.90
O K	ED	43.23	56.69
Mg K	ED	12.27	10.59
Al K	ED	1.65	1.29
Si K	ED	20.36	15.21
Fe K	ED	16.82	6.32
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:48:01 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 3-2

System resolution = 60 eV

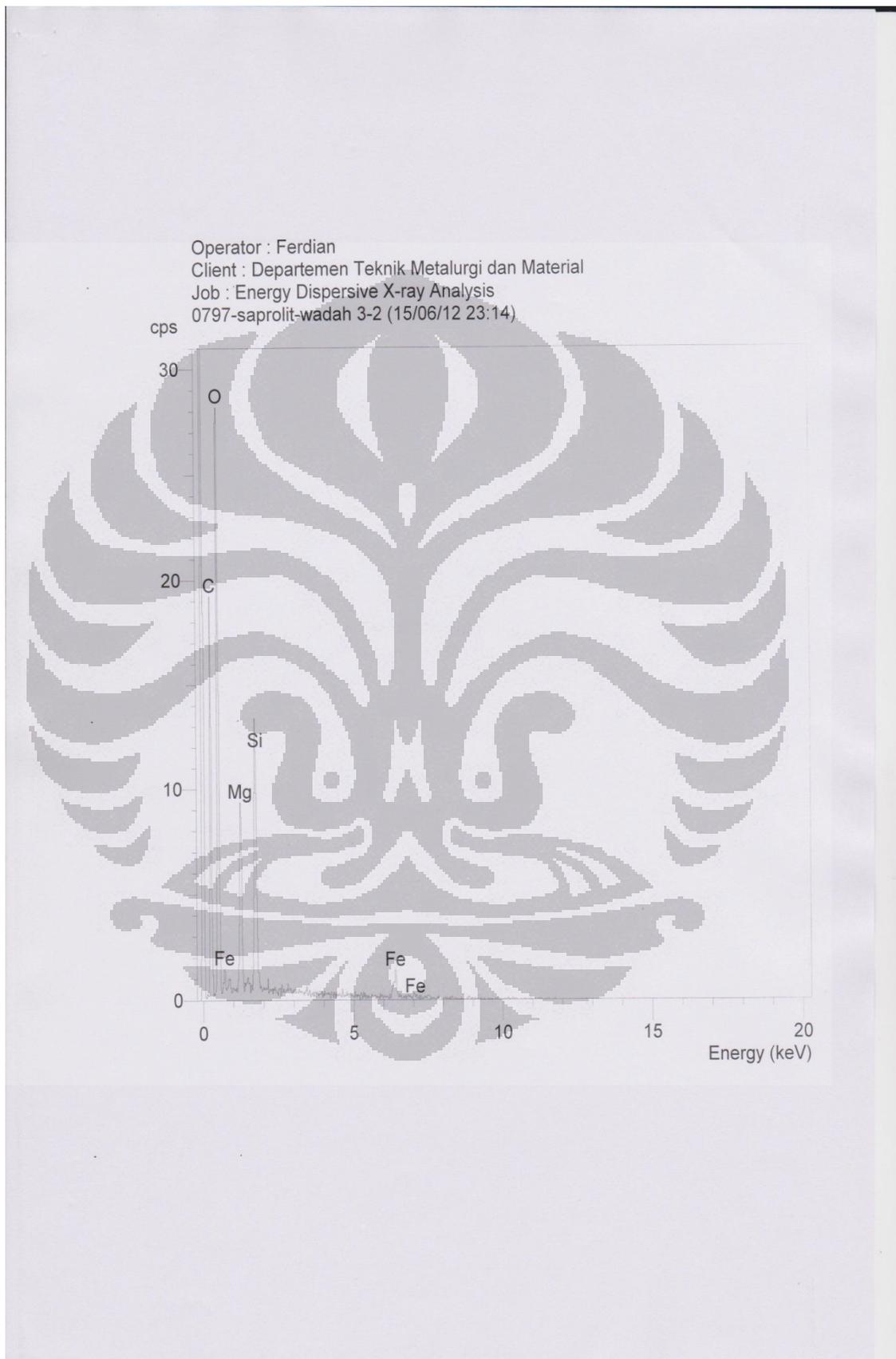
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	4.17	7.50
O K	ED	42.72	57.66
Mg K	ED	12.32	10.94
Si K	ED	21.26	16.35
Fe K	ED	19.53	7.55
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:48:14 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 3-3

System resolution = 60 eV

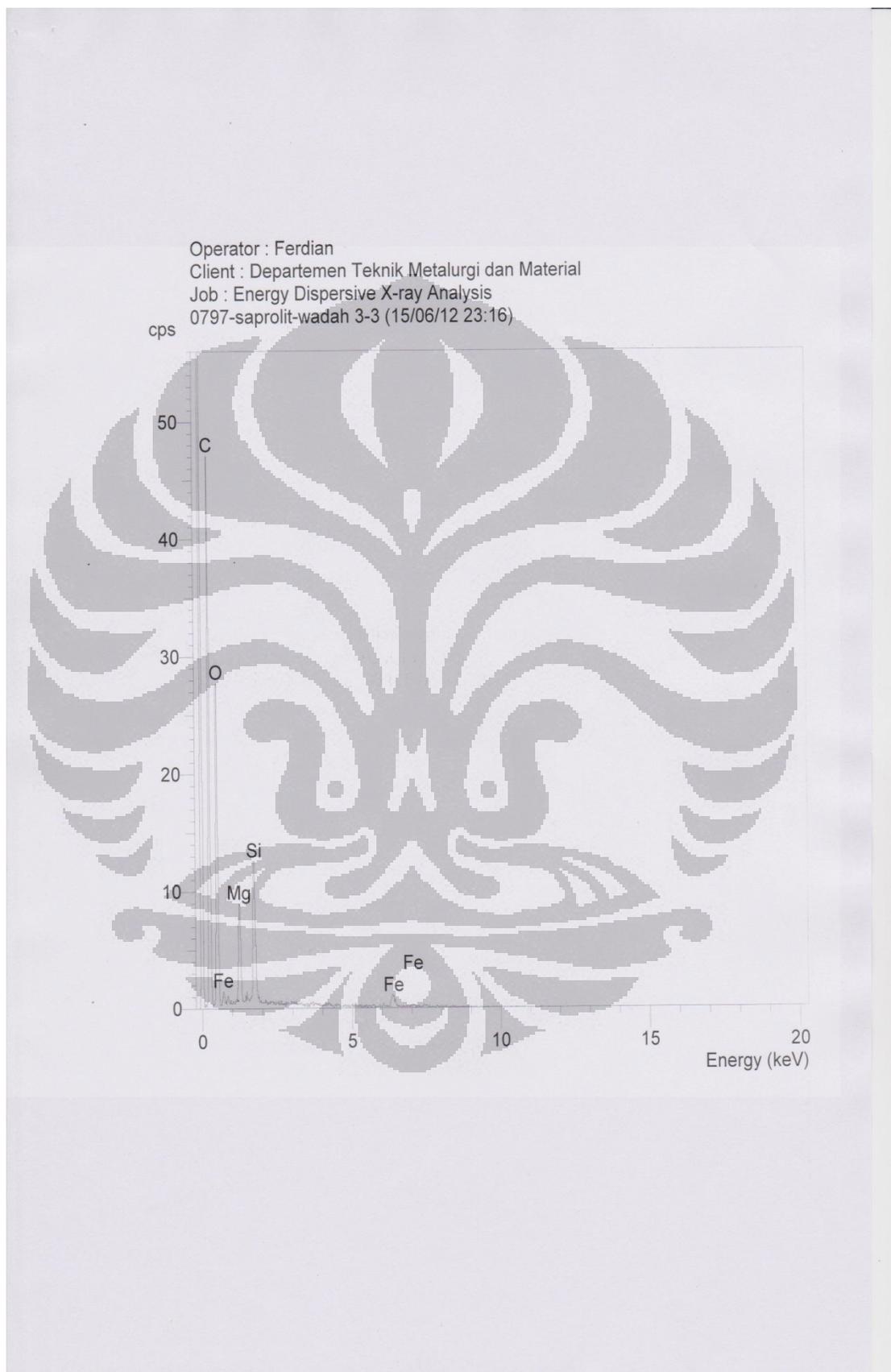
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	6.94	12.20
O K	ED	41.66	54.99
Mg K	ED	11.86	10.30
Si K	ED	20.18	15.17
Fe K	ED	19.37	7.33
Total		100.00	100.00

= <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:48:23 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 4-1

System resolution = 60 eV

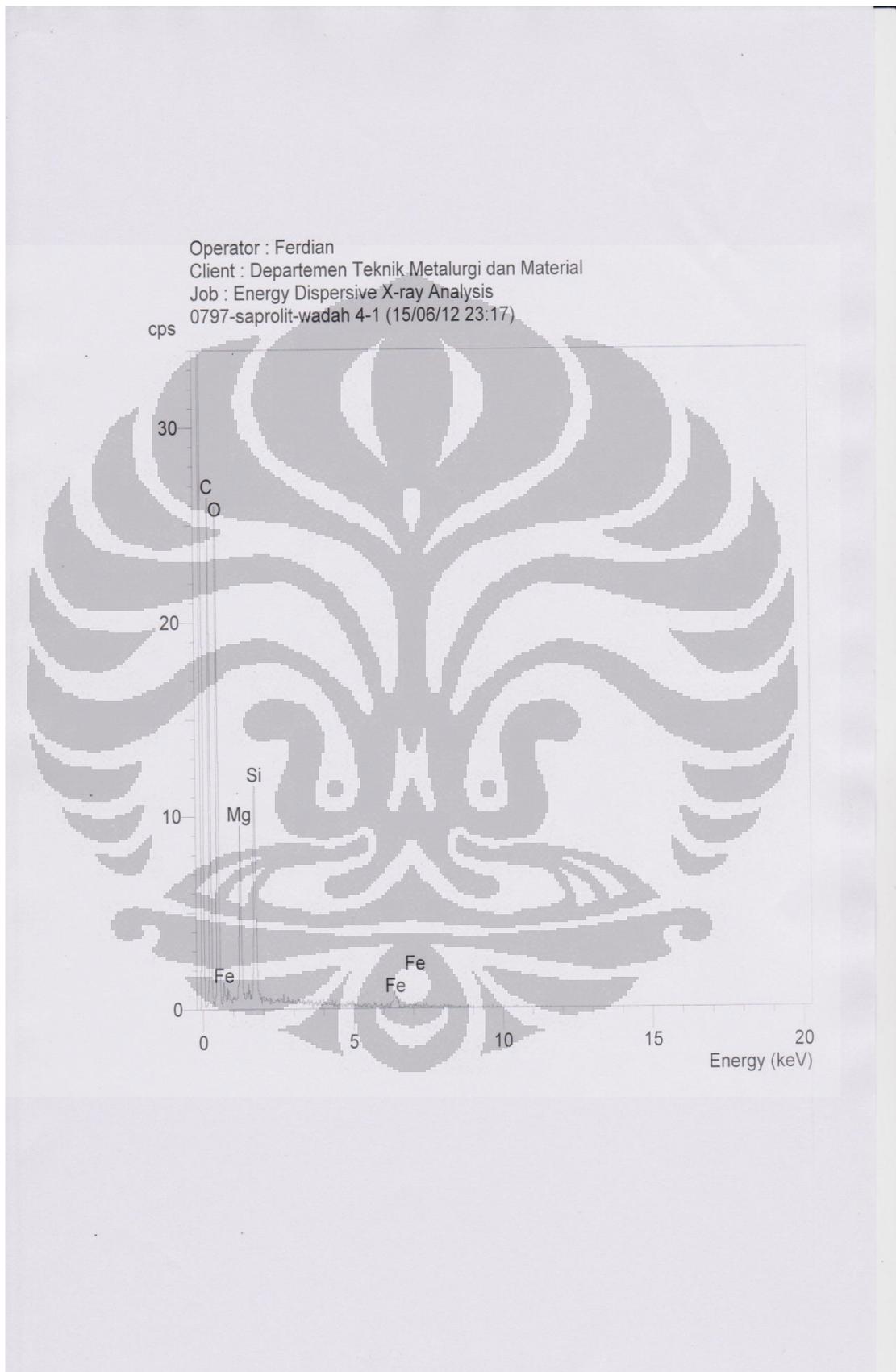
Quantitative method: ZAF (2 iterations).
Analysed all elements and normalised results.

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	5.82	9.98
O K	ED	45.12	58.03
Mg K	ED	12.93	10.95
Si K	ED	21.25	15.57
Fe K	ED	14.87	5.48
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



SEMQuant results. Listed at 23:48:32 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 4-2

System resolution = 60 eV

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

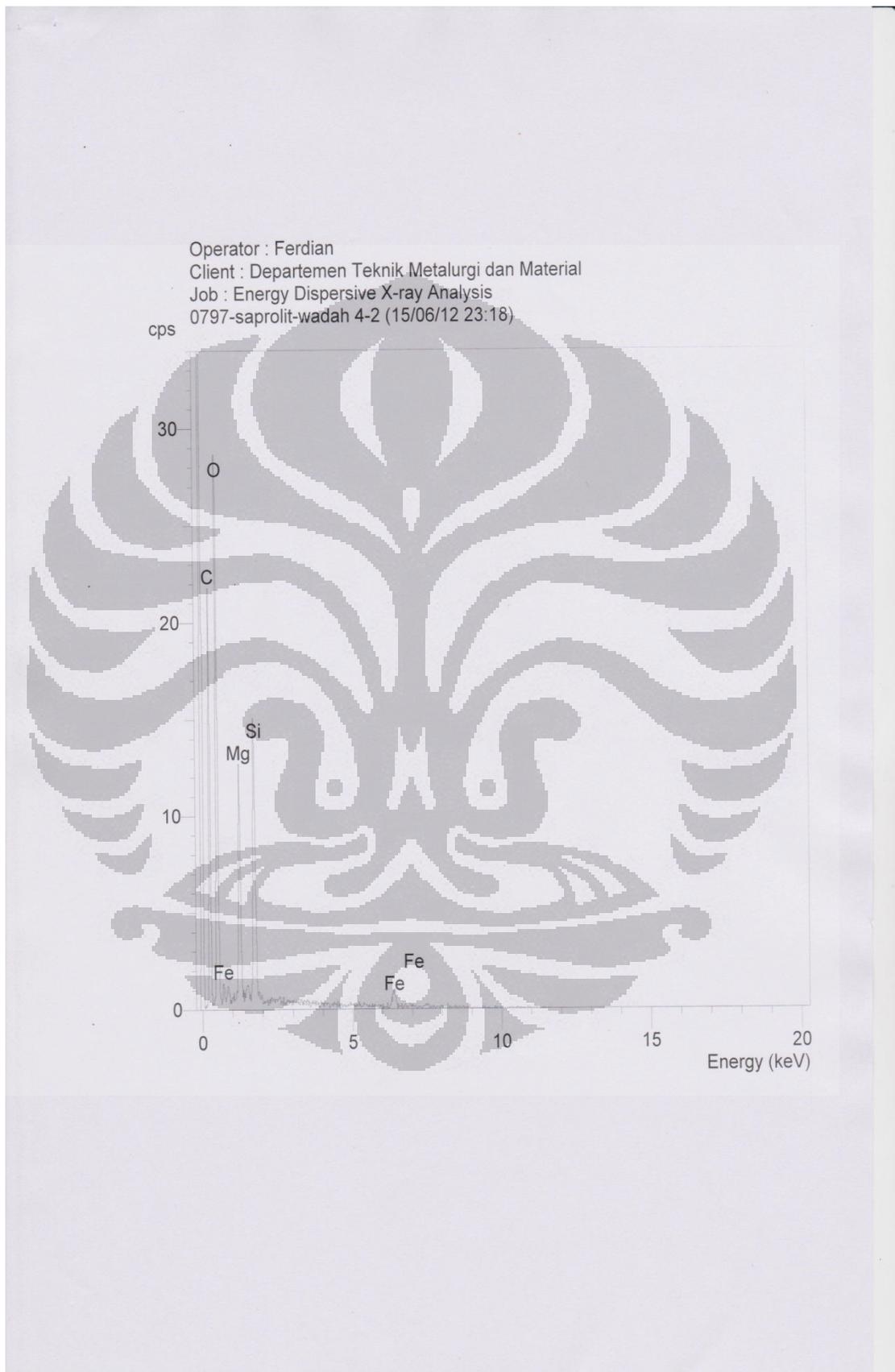
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	4.32	7.70
O K	ED	41.61	55.67
Mg K	ED	14.66	12.91
Si K	ED	22.75	17.34
Fe K	ED	16.66	6.38
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma





SEMQuant results. Listed at 23:48:41 on 15/06/12
Operator: Ferdian
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material
Job: Energy Dispersive X-ray Analysis
Spectrum label: 0797-saprolit-wadah 4-3

System resolution = 60 eV

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

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
Si K Jadeite 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	5.27	8.96
O K	ED	46.03	58.80
Mg K	ED	15.08	12.67
Si K	ED	20.07	14.61
Fe K	ED	13.55	4.96
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

