



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KONSENTRASI AMONIUM BIKARBONAT
SEBAGAI PELARUT LINDIH TERHADAP PEROLEHAN
NIKEL DARI BIJIH SAPROLIT**

SKRIPSI

**ANDRE YOSI
0806455572**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KONSENTRASI AMONIUM BIKARBONAT
SEBAGAI PELARUT LINDIH TERHADAP PEROLEHAN
NIKEL DARI BIJIH SAPROLIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ANDRE YOSI
0806455572**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN 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 : Andre Yosi
NPM : 0806455572
Tanda Tangan : 
Tanggal : 9 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

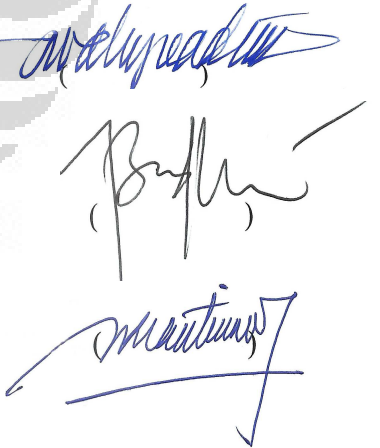
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Andre Yosi
NPM : 0806455572
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Amonium Bikarbonat sebagai Pelarut Lindih terhadap Perolehan Nikel dari Bijih Saprolit.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M. S., DEA
Penguji 1 : Dr. Badrul Munir, S.T., M.Eng.Sc.
Penguji 2 : Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, S.T., M.Eng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 9 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena atas ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, dorongan, saran, dan bimbingan dari berbagai pihak penulis tidak akan mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

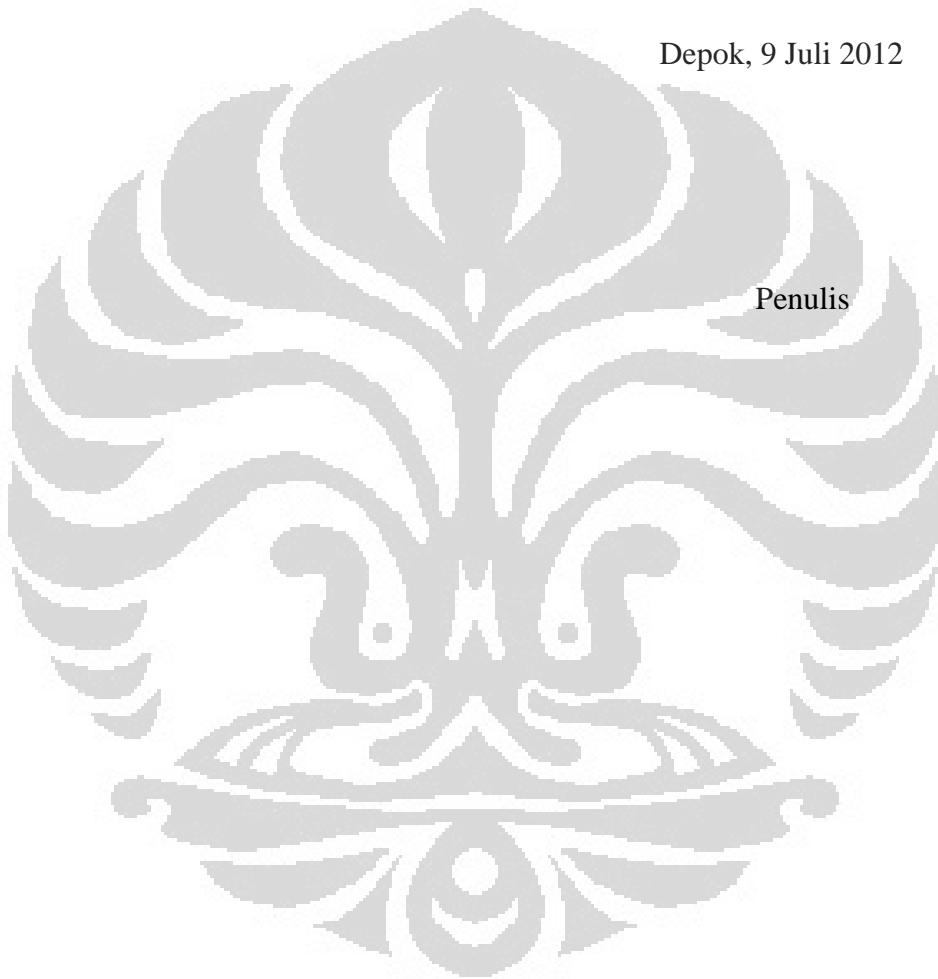
1. Bapak Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M. S., DEA , selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan nasehat yang berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Dr. Ir. Donanta Dhaneswara, M.Si, selaku pembimbing akademis penulis.
3. Seluruh staf dan pengajar Departemen Metalurgi dan Material FTUI. Terima kasih atas didikan dan ilmunya, semoga tetap sehat dan tetap jadi pahlawan ilmu pengetahuan.
4. PT. Aneka Tambang Tbk yang telah memberikan bantuan material dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Laboratorium Pusat Terpadu (LPT) Universitas Syarif Hidayatullah Jakarta yang telah membantu dalam pengujian material untuk pengerjaan skripsi ini.
6. Rahmat Ferdian, S.T. yang telah memberikan bantuan dalam proses karakterisasi sampel.
7. Teman-teman tim tugas akhir ekstraksi yang telah bersama-sama mengerjakan tugas akhir dan memberikan bantuan selama pengerjaan skripsi ini.
8. Para sahabat billiard (Muhammad Abror, Adrinaldi, Achsanul Rizqi) yang senantiasa mencurahkan kemampuan terbaiknya saat berlaga adu nyodok.
9. Teman-teman Teknik Metalurgi dan Material UI angkatan 2008.
10. Seluruh senior dan junior Teknik Metalurgi dan Material UI.
11. Dan secara khusus kepada keluarga saya, ayah Busri, S.T., ibu Yusnimar, A.Md., uda Martius, S.T., dan uni Yesi Ariyani, S.Si. yang telah banyak

memberikan bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dan penulis juga berharap semoga skripsi ini membawa manfaat dalam pengembangan ilmu.

Depok, 9 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 : Andre Yosi

NPM : 0806455572

Departemen : Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**“Pengaruh Konsentrasi Amonium Bikarbonat Sebagai Pelarut Lindih
terhadap Perolehan Nikel dari Bijih”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : 9 Juli 2012

Yang menyatakan



(Andre Yosi)

ABSTRAK

Nama : Andre Yosi
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul :

Pengaruh Konsentrasi Amonium Bikarbonat sebagai Pelarut Lindih terhadap Perolehan Nikel dari Bijih Saprolit

Deposit laterit adalah salah satu jenis bijih nikel yang memiliki kandungan nikel terbanyak di bumi. Di dalam lapisan laterit, saprolit memiliki kandungan nikel yang lebih tinggi dibandingkan lapisan lainnya. Saprolite biasanya diproses secara *smelting* (pirometalurgi) karena memiliki kandungan magnesium yang tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana keefektifan proses hidrometalurgi dengan *lixiviant* amonium bikarbonat terhadap perolehan nikel. Bijih saprolit dikarakterisasi secara EDX dan AAS untuk mengetahui komposisi awal bijih. Saprolit direduksi menggunakan batubara 33.33 % wt pada temperatur 1250 °C selama 120 menit. Hasil reduksi pemanggangan kemudian diuji dengan XRD. Proses pelindihan agitasi pada bijih saprolit yang direduksi dan bijih yang tidak direduksi dilakukan dengan menggunakan larutan amonium bikarbonat pada variasi konsentrasi yaitu 1 M, 2 M, 3 M, 4 M. Kandungan nikel yang larut dalam *pregnant leach solution* dihitung menggunakan Atomic Absorbance Spectroscopy (AAS).

Hasil XRD saprolit menunjukkan terjadi transformasi fasa dari *goethite* dan Fe_2O_3 sebelum reduksi pemanggangan menjadi Fe_3O_4 , NiO dan FeNi setelah reduksi pemanggangan. Hasil penelitian menunjukkan % perolehan Ni semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi amonium bikarbonat. Perolehan nikel tertinggi yang diperoleh adalah 1.61 % pada konsentrasi pada konsentrasi 4 M amonium bikarbonat.

Kata kunci : saprolit, lindih, *lixiviant*, nikel, amonium bikarbonat.

ABSTRACT

Name : Andre Yosi
Study Program : Metallurgy and Materials Engineering
Title :

Effect of Ammonium Bicarbonate Concentration as Lixiviant to Nickel Recovery from Saprolite Ore

Laterite deposit is a kind of nickel ores that has the greatest of nickel reserves in the world. In the lateritic layer, saprolite has higher nickel content more than other layers. Saprolite is usually process with smelting method (pyrometallurgy) because it has higher magnesium content.

The aim of this research is to know the effectiveness of hydrometallurgy process using ammonium bicarbonate as lixiviant to nickel recovery from saprolite ore. Saprolite was characterized with Energy Dispersive X-Ray (EDX) and Atomic Absorbance Spectroscopy (AAS) to determine it's chemical composition. Float-sink process was applied to saprolite to separate material based on it's weighth. Saprolite was reduced at 1250 °C for 120 minutes utilized coal 33.33% wt as a reductant, then it was tested with XRD. Agitation leaching process was applied to reduced and unreduced saprolite utilized ammonium bicarbonate solution as lixiviant at various concentration which was 1 M, 2 M, 3 M, 4 M. Nickel content that dissolved in lixiviant was determined with Atomic Absorbance Spectroscopy (AAS).

Result of XRD characterization shows phase transformation in saprolite from goethite and Fe_2O_3 before reduction roasting to Fe_3O_4 , NiO and FeNi after reduction roasting. The result of research shows that % recovery of Ni is tend to increase along with the increasing of ammonium bicarbonat concentration. The highest nickel recovery in research is 1.61 % at 4 M ammonium bicarbonat concentration.

Keywords: saprolite, leaching, lixiviant, nickel, ammonium bicarbonate.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.3.1. Material.....	2
1.3.2. Parameter Penelitian.....	2
1.3.3 Tempat Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perlakuan awal.....	5
2.1.1. Pengolahan Mineral	5
2.1.2. Pengeringan.....	7
2.2. Proses Reduksi.....	7
2.3. Diagram Ellingham	7
2.4. Diagram Boudouard.....	9
2.5. Pelindihan	10
2.5.1. Zat Lindih	11
2.5.2. Metode Pelindihan.....	13
2.6. EDX (<i>Energy Dispersive X-Ray</i>)	15
2.7. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	15
2.8. AAS (<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>).....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.3. Persiapan Sampel.....	19
3.4. Separasi dengan Fluida Air (<i>Float-Sink Process</i>).....	20

3.5. Penyaringan	21
3.6. Pengeringan	21
3.7. Penimbangan dan Pencampuran.....	21
3.8. Reduksi Pemangangan	22
3.9. Pelindihan	23
3.9.1. Larutan Lindih	23
3.9.2. Sampel Pelindihan	24
3.9.3 Larutan Hasil Pelindihan.....	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Hasil Pengujian EDX Saprolit Sebelum dan Setelah Separasi Air	25
4.2. Hasil Pengujian XRD Sebelum dan Setelah Separasi Air	27
4.3. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Amonium Bikarbonat terhadap Perolehan Nikel dari Saprolit Tereduksi.	29
4.4. Pengaruh Reduksi Pemangangan terhadap Perolehan Nikel dari Bijih Saprolit	30
BAB 5 KESIMPULAN.....	32
DAFTAR ACUAN.....	33
LAMPIRAN.....	34

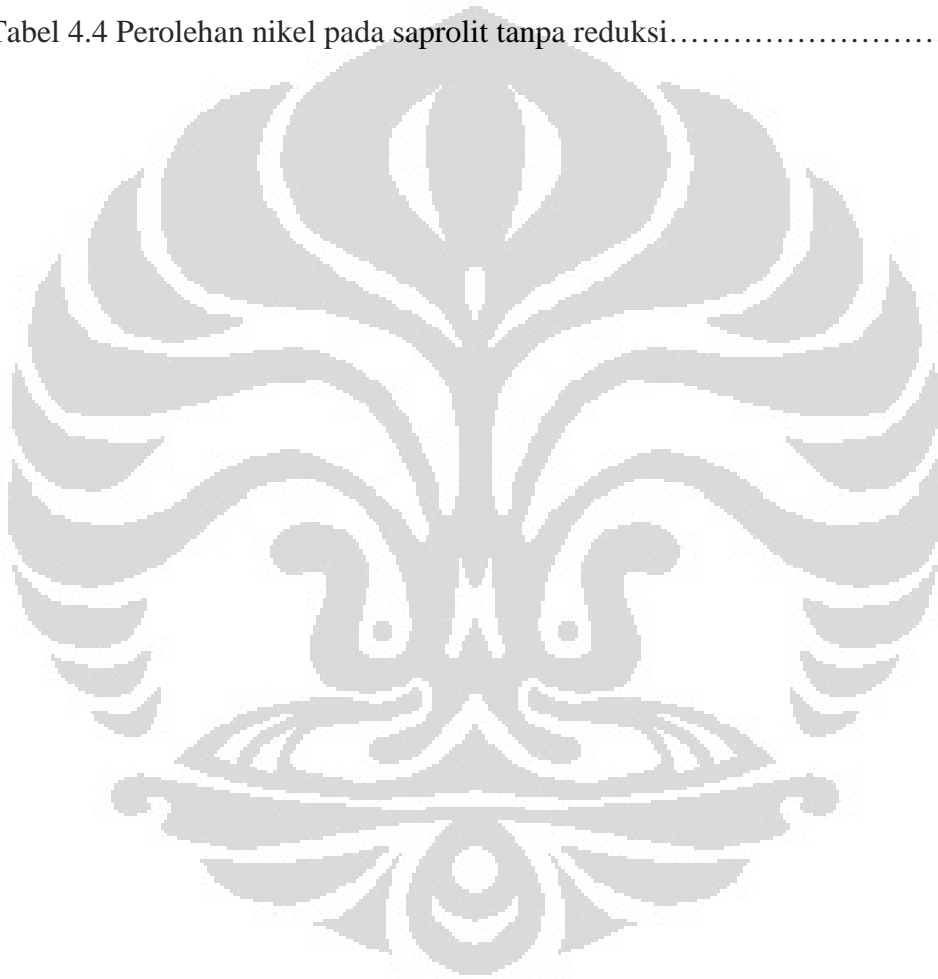


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Sebaran bijih nikel di dunia berdasarkan tipe bijihnya.....	1
Gambar 1.2 Sumberdaya laterit nikel dunia.....	2
Gambar 2.1 Diagram Ellingham.....	8
Gambar 2.2 Diagram Boudouard.....	10
Gambar 2.3 Metode <i>leaching</i> in situ.....	13
Gambar 2.4 Metode <i>heap leaching</i>	13
Gambar 2.5 Metode <i>percolation leaching</i>	14
Gambar 2.6 Metode pelindihan agitasi.....	14
Gambar 2.7 <i>Autoclave</i> untuk <i>Pressure Leaching</i>	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2 Sampel saprolit.....	20
Gambar 3.3 Susunan wadah separasi air.....	20
Gambar 3.4 Sampel setelah kompaksi.....	22
Gambar 3.5 Grafik pemanasan sampel.....	22
Gambar 3.6 Sampel yang telah dipanggang.....	23
Gambar 4.1 Grafik EDX komposisi kimia saprolit awal dan setelah separasi air.....	26
Gambar 4.2 Grafik XRD saprolit sebelum reduksi.....	28
Gambar 4.3 Grafik XRD saprolit setelah reduksi.....	28
Gambar 4.3 Grafik pengaruh konsentrasi pelarut terhadap % perolehan nikel..	29
Gambar 4.4 Grafik pengaruh reduksi pemangangan terhadap % perolehan nikel	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel.2.1 Berat jenis unsur dan senyawa dalam bijih saprolit.....	6
Tabel 4.1. Komposisi kimia saprolit awal	25
Tabel 4.2 Komposisi kimia saprolit setelah separasi air.....	25
Tabel 4.3 Perolehan nikel pada saprolit tereduksi.....	29
Tabel 4.4 Perolehan nikel pada saprolit tanpa reduksi.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Hasil EDX Saprolit Awal	35
Lampiran 2 : Hasil EDX Saprolit Setelah Separasi Air	41
Lampiran 3 : Hasil AAS Saprolit Awal.....	65
Lampiran 4 : Hasil AAS Saprolit Tanpa Reduksi sebelum Pelindihan.....	68
Lampiran 5 : Hasil AAS Saprolit Tereduksi setelah Pelindihan.....	69
Lampiran 6 : Grafik Hasil XRD Saprolit Sebelum Reduksi Pemangangan ..	72
Lampiran 7 : Grafik Hasil XRD Saprolit Setelah Reduksi Pemangangan	72



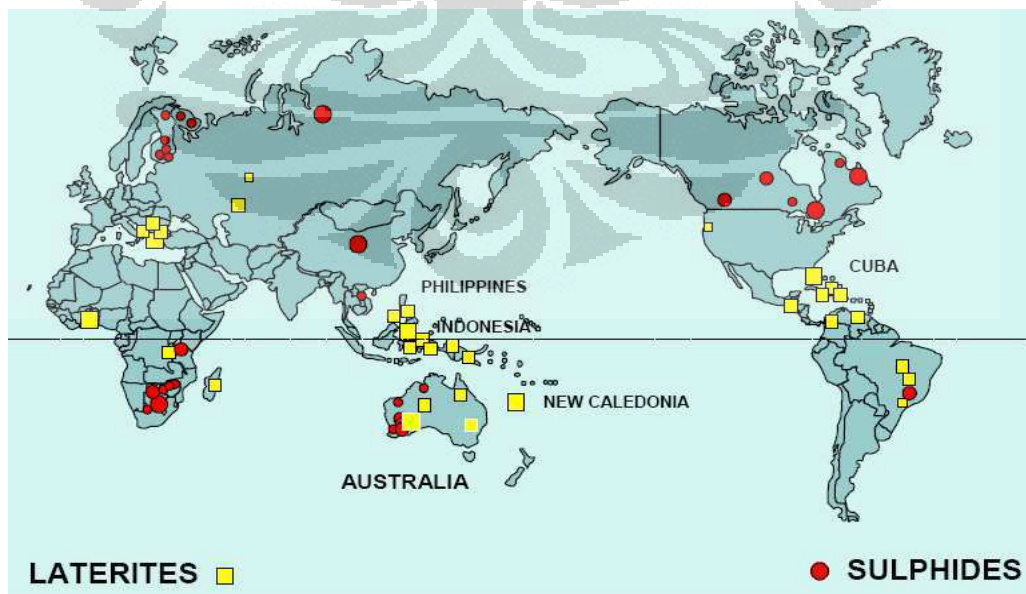
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

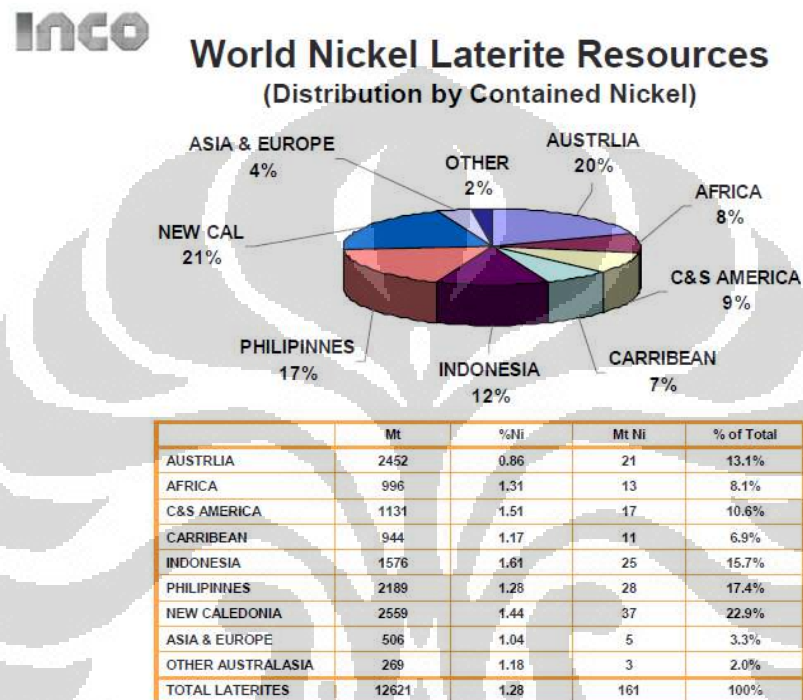
Nikel merupakan logam transisi yang keras dan ulet, umumnya terdapat dalam bentuk kombinasi dengan belerang dan besi pada *pentlandite* $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$, dengan belerang pada *millerite* (NiS) , dengan arsen pada *niccolite* (NiAs) dan dalam bentuk senyawa lainnya. Karena sifatnya yang kurang reaktif di udara dan juga sifat ketahanannya terhadap oksidasi, nikel digunakan material uang logam, pelapis baja, dan sebagai *alloying element* pada beberapa logam paduan.

Sebagian besar sumber nikel dunia yang telah diketahui terkandung dalam tipe deposit laterit. Sekitar 72% sumber nikel dunia ditemukan terutama di daerah tropis seperti Indonesia, Kuba, Kaledonia Baru, Filipina dan Australia dan sisanya sebesar 28% adalah tipe deposit sulfida terutama terdapat di Kanada dan Rusia seperti pada Gambar 1.1. Walaupun mayoritas sumber nikel dunia yang diketahui terkandung dalam laterit, produksi nikel dari sulfida lebih dominan karena kadar nikel yang lebih tinggi dan pengolahan yang lebih mudah dibandingkan dengan tipe deposit laterit. Kadar nikel dalam tipe deposit sulfida secara komersial bervariasi antara 0,5-8,0%, sedangkan dari tipe deposit laterit sekitar 1,0-2,0%.



Gambar 1.1 Sebaran bijih nikel di dunia berdasarkan tipe bijihnya^[1]

Kandungan nikel yang terdapat pada kulit bumi diperkirakan sekitar 0.008 % dan menempati urutan ke 24 dalam urutan kelimpahan logam di kulit bumi^[2]. Saat ini, Indonesia mempunyai cadangan laterit nikel teridentifikasi sekitar 1.576 juta ton dengan total kandungan nikel sebanyak 25 juta ton. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai sumber laterit nikel terbesar ketiga dunia setelah Kaledonia Baru dan Filipina seperti yang tertera pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Sumberdaya laterit nikel dunia^[2]

Laterit secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok^[3], yaitu kelompok bijih dengan kadar magnesium tinggi dan kelompok dengan kadar magnesium rendah.

Kelompok dengan kadar magnesium tinggi seperti saprolit, nikel terdapat pada kisi- kisi magnesium-silikat. Untuk mendapatkan nikel, kisi tersebut harus dihancurkan., sehingga umumnya diproses dengan cara *smelting* (pirometalurgi).

Pada penelitian ini, peneliti mencoba melakukan proses hidrometalurgi pada saprolit dengan menggunakan amonium bikarbonat sebagai pelarut lindi. Dari penelitian akan diketahui sejauh mana keefektifan proses hidrometalurgi dengan amonium bikarbonat sebagai pelarut lindi terhadap perolehan nikel.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui transformasi fasa yang terjadi pada bijih saprolit akibat reduksi pemanggangan.
2. Mengetahui pengaruh reduksi pemanggangan bijih nikel terhadap perolehan nikel dengan pelindih amonium bikarbonat.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi amonium bikarbonat terhadap perolehan nikel.
4. Mengetahui efektivitas dari penggunaan amonium bikarbonat sebagai pelarut dalam proses pelindihan bijih nikel saprolit.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1.3.1 Material

Saprolit yang digunakan berasal dari PT Aneka Tambang Pomalaa.

1.3.2 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini dibagi dapat dibagi menjadi beberapa tahap penelitian yaitu:

1. Preparasi sampel bijih saprolit dan batubara yang meliputi pengeringan sampel, dan penghalusan sampel.
2. Karakterisasi sampel bijih saprolit menggunakan XRD dan AAS.
3. Reduksi pemanggangan bijih saprolit menggunakan reduktor batubara.
4. Proses pelindihan sampel saprolit yang tereduksi dan tanpa reduksi dengan menggunakan larutan amonium bikarbonat dengan variasi konsentrasi.

1.3.3 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Departemen Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia. Pengujian XRD dan AAS dilakukan di Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Pengujian EDX dilakukan di CMPFA FTUI.

1.4 Batasan Masalah

1. Reduktor yang digunakan adalah batubara.
2. Reduksi dilakukan pada temperatur 1250 °C selama 120 menit.
3. Jumlah reduktor yang digunakan 33,33 % wt.
4. Pelindihan menggunakan amonium bikarbonat 1 M, 2 M, 3 M, dan 4 M.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang teori-teori pendukung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat, bahan, prosedur penelitian, dan pengujian benda uji.

BAB IV DATA HASIL PENELITIAN

Berisi tentang data-data penelitian yang telah diolah.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Membahas mengenai analisis dari hasil pengujian dan membandingkannya dengan teori serta hasil penelitian lain sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perlakuan Awal

Bijih tidak selalu berada dalam kondisi fisik dan kimia yang optimal untuk dapat langsung dikonversi menjadi logam. Oleh karena harus dilakukan proses perlakuan awal terlebih dahulu agar bijih siap untuk menjalani proses selanjutnya. Proses perlakuan awal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas, efisiensi dan nilai ekonomis proses ekstraksi logam. Proses perlakuan awal pada bijih yang biasa dilakukan adalah pengolahan mineral atau pengayaan bijih, pengeringan, kalsinasi, dan pemanggangan.

2.1.1 Pengolahan Mineral

Proses pertama yang dilakukan pada bijih logam setelah ditambang adalah pengolahan mineral, sering juga disebut dengan istilah *mineral dressing*, *beneficiation* atau pengayaan bijih. Proses ini bertujuan untuk memisahkan bijih dari zat pengotor (*gangue materials*) sehingga dihasilkan konsentrat yang memiliki kadar mineral berharga yang lebih tinggi. Proses pengolahan mineral terdiri dari tiga proses utama yaitu^[4]:

1. Kominusi.

Kominusi didefinisikan sebagai proses reduksi ukuran bijih mineral ke ukuran yang lebih kecil. Tujuan dari proses ini adalah untuk membebaskan ikatan mekanis antara mineral berharga dan kotorannya sehingga didapat derajat kebebasan (*degree of liberation*) yang tepat. Tujuan yang lain adalah untuk meningkatkan luas permukaan dari mineral berharga agar dapat digunakan dalam proses selanjutnya secara maksimal.

2. Klasifikasi.

Klasifikasi didefinisikan sebagai metode pemisahan campuran partikel mineral kedalam dua atau lebih produk berdasarkan ukuran partikel. Tujuannya adalah untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel yang sesuai. Alat yang digunakan dalam klasifikasi adalah ayakan.

3. Konsentrasi.

Setelah membebaskan mineral berharga dari pengotornya langkah selanjutnya adalah memisahkan mineral berharga dari pengotornya. Konsentrasi biasanya dilakukan dengan menggunakan perbedaan sifat fisika atau kimia antar mineral berharga dengan pengotornya. Contohnya adalah pemisahan gravitasi yang memanfaatkan perbedaan berat jenis, *froth flotation* memanfaatkan perbedaan sifat permukaan material, pemisahan magnetik yang memanfaatkan perbedaan sifat magnetik pada mineral.

- Proses Separasi Air

Proses separasi air menggunakan medium air yang untuk memisahkan material berdasarkan berat jenisnya. Partikel berat akan mengendap melalui medium, sedang yang lebih ringan mengapung dan dengan demikian terjadi pemisahan^[5]. Proses ini memanfaatkan perbedaan berat jenis setiap unsur-unsur yang terdapat pada material.

Tabel.2.1 Berat jenis unsur dan senyawa dalam bijih saprolit^[6]

Unsur	Berat jenis (g/cm ³)
Ni	8.90
Fe	7.87
MgO	3.58
SiO ₂	2.26

Pada pengolahan mineral bijih laterit, bijih ini tidak bisa diproses dengan metode standar pengolahan mineral yang ada. Ini disebabkan karena penyebaran nikel berada dalam bentuk *solid solution* dengan besi oksida. Sehingga biasanya pada bijih laterit langsung dilakukan proses pirometalurgi atau hidrometalurgi tanpa melalui proses pengayaan bijih. Namun demikian ada teknik yang telah dikembangkan yaitu nikel terlebih dahulu dikonversi menjadi nikel metalik melalui perlakuan panas pada temperatur tinggi, setelah itu nikel dapat dipisahkan dari bijihnya menggunakan teknik standar pengolahan mineral^[7].

2.1.2 Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kandungan uap air yang terdapat pada bijih atau konsentrat. Pengeringan dapat dilakukan pada tekanan atmosfer dengan memanaskan bijih atau konsentrat pada temperatur diatas titik penguapan air, biasanya dilakukan pada 105 °C.

2.2 Proses Reduksi

Pada penelitian ini, proses reduksi yang dilakukan memanfaatkan karbon sebagai bahan untuk mereduksi bijih saprolit atau lebih dikenal dengan reaksi karbotermik. Reduksi karbotermik merupakan reduksi bijih menggunakan media gas berbasis karbon. Sumber gas CO yang digunakan adalah serbuk batubara.

Reaktivitas yang dimiliki oleh. Laju reaksi serta produktivitas dari proses reduksi langsung ditentukan oleh beberapa faktor yaitu :

- Transfer panas
- Reaktivitas karbon
- Kemampuan reduksi besi oksida

2.3 Diagram Ellingham

Diagram Ellingham merupakan diagram yang menunjukkan data termodinamika logam yang mengalami proses pembentukan oksida, sulfida, ataupun klorida. Bentuk dari diagram Ellingham berupa plot garis antara energi bebas Gibbs (ΔG) dan temperatur (T).

Energi bebas Gibbs adalah suatu ukuran dari *driving force* yang dapat membuat suatu reaksi dapat terjadi secara spontan tanpa energi dari luar. Sementara itu reaksi yang memiliki ΔG positif menunjukkan reaksi tersebut tidak akan terjadi secara spontan. Pada diagram Ellingham, terdapat tiga jenis gradien kemiringan garis yaitu gradien yang bernilai positif, mendekati nol dan gradien yang bernilai negatif.

Persamaan energi bebas Gibbs seperti pada Persamaan 2.9.

$$\Delta G = -T \Delta S + \Delta H \quad (2.9)$$

Keterangan :

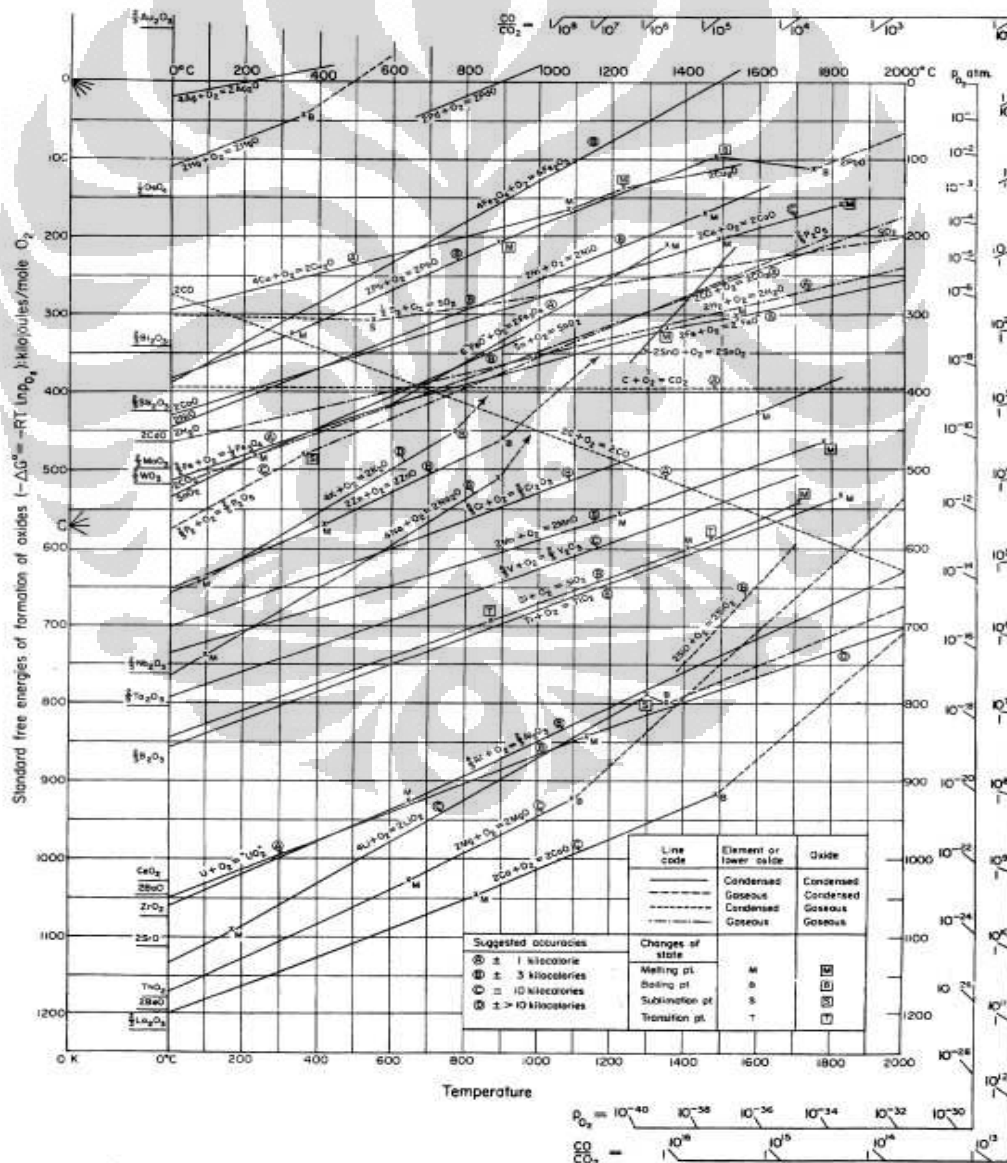
ΔH = entalpi (satuan : Joule)

T = temperatur absolut (satuan : K)

ΔS = entropi

Entalpi adalah besaran energi aktual yang dilepaskan atau diterima ketika suatu reaksi berlangsung. Jika entalpi bernilai negatif maka reaksi tersebut memberikan energi atau disebut reaksi eksotermis. Sedangkan jika bernilai positif maka reaksi membutuhkan energi atau disebut reaksi endotermis.

Entropi merupakan ukuran dari derajat ketidakteraturan suatu reaksi. Padatan memiliki bentuk yang teratur, cairan memiliki bentuk yang kurang teratur dan gas memiliki bentuk ketidakteraturan yang sangat tinggi.



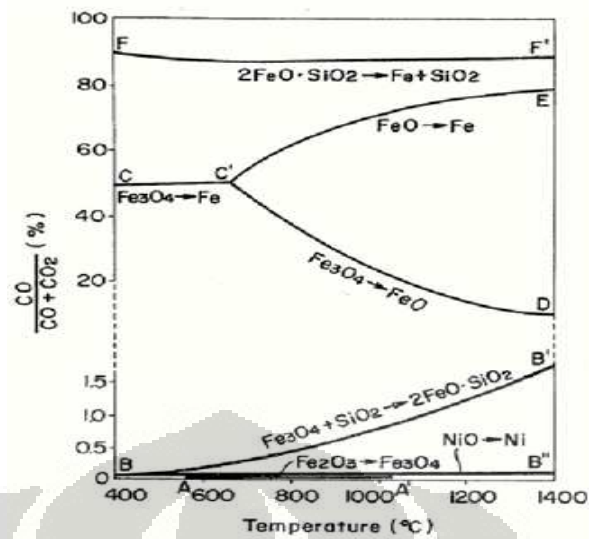
Gambar 2.1 Diagram Ellingham^[8]

Pada Diagram Ellingham pada Gambar 2.3, posisi garis CO dan CO₂ sangat penting dalam proses reduksi oksida. Garis Ellingham dari CO₂ memiliki gradien garis yang mendekati nol. Hal ini berarti hanya sedikit terjadi perubahan kestabilan dari gas CO₂ dengan semakin bertambahnya temperatur. Sedangkan garis Ellingham CO memiliki gradien garis negatif yang sangat besar. Hal ini bisa diartikan bahwa kestabilan dari gas CO semakin meningkat dengan temperatur yang bertambah. Sehingga, pada temperatur tinggi gas CO bersifat lebih stabil daripada gas CO₂ dan pada temperatur rendah gas CO₂ lebih stabil daripada gas CO.

Pada temperatur di bawah 674 °C, rasio CO/CO₂ < 1, pada temperatur 674 °C, rasio CO/CO₂ ≈ 1 dan pada temperatur diatas 674 °C, rasio CO/CO₂ > 1. Bila melihat posisi dari garis karbon terhadap garis pembentukan oksida logam maka dapat diketahui kemampuan dari karbon untuk mereduksi oksida menjadi logam. Apabila garis karbon berada di bawah garis oksida, maka karbon dapat digunakan untuk mereduksi oksida tersebut. Perpotongan antara garis karbon dengan garis oksida dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan temperatur minimum yang dibutuhkan untuk mereduksi oksida menjadi logamnya.

2.4 Diagram Boudouard

Diagram Boudouard pada Gambar 2.4. merupakan dasar dilakukannya proses reduksi dengan menggunakan karbon. Proses reduksi menggunakan kesetimbangan antara besi, *hematite*, *magnetite*, *wustite*, karbon monoksida, karbon dioksida, serta karbon pada tekanan 1 atm. Diagram Boudouard dipergunakan untuk memperkirakan pembentukan senyawa-senyawa saat dilakukannya proses karbotermik.



Gambar 2.2 Diagram Boudouard^[9]

2.5 Pelindihan

Pelindihan adalah proses mengekstraksi suatu bahan yang dapat larut dari suatu padatan dengan menggunakan pelarut. Dalam metalurgi ekstraksi, pelindihan adalah proses melarutkan satu atau lebih mineral tertentu dari suatu bijih, konsentrat atau produk metalurgi lainnya (kalsin, *matte*, *scrap alloys*, *anodic slimes*, dll)^[10].

Laju proses pelindihan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu^[11] :

1. Laju pelindihan akan meningkat dengan berkurangnya ukuran dari bijih, karena semakin kecil partikel maka luas permukaan per unit berat semakin besar.
2. Jika proses pelindihan dikontrol oleh mekanisme difusi maka proses pelindihan sangat dipengaruhi oleh kecepatan agitasi. Sedangkan jika proses lindih dikontrol oleh mekanisme kimia maka pelindihan tidak dipengaruhi oleh agitasi.
3. Laju pelindihan meningkat dengan meningkatnya temperatur.
4. Laju pelindihan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dari pelarut.
5. Laju pelindihan meningkat dengan berkurangnya massa jenis *pulp* (campuran bijih dengan air).

6. Jika terbentuk suatu produk yang tidak dapat larut selama pelindihan, maka lajunya akan dipengaruhi oleh sifat dari produk itu sendiri. Jika terbentuk lapisan yang nonporous maka laju pelindihan akan menurun drastis. Tetapi jika produk padatan yang terbentuk adalah pori maka produk tersebut tidak mempengaruhi laju pelindihan.

2.5.1 Zat Lindih

Pemilihan dari zat leaching yang digunakan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Sifat fisika dan kimia dari material yang akan dilindih.
2. Besarnya biaya reagen.
3. Korosi yang mungkin disebabkan oleh reagen dan konsekuensinya terhadap konstruksi material.
4. Kemampuan menyeleksi unsur yang diinginkan untuk dilarutkan.

Kemampuan menyeleksi dari zat lindih terhadap suatu mineral tertentu yang ada di dalam bijih sangat dipengaruhi oleh:

1. Konsentrasi dari zat lindih.

Semakin meningkatnya konsentrasi zat leaching maka jumlah dari mineral berharga yang larut akan semakin bertambah.

2. Temperatur.

Kadang-kadang peningkatan temperatur memberikan sedikit pengaruh terhadap efisiensi leaching mineral berharga, tetapi berpengaruh terhadap peningkatan level pengotor dalam larutan.

3. Waktu kontak.

Waktu kontak yang berlebihan antara pelarut dengan bijih dapat menyebabkan peningkatan persentase pengotor yang ada dalam larutan. Sehingga harus diketahui waktu kontak yang optimum agar dapat memaksimalkan perolehan logam berharga dan meminimalkan pengotor yang larut.

Zat-zat lindi yang umum digunakan adalah sebagai berikut^[12]:

1. Air

Air digunakan untuk melarutkan kalsin hasil *sulfating* dan *chloridizing* saat pemanggangan. Kebanyakan senyawa sulfat dapat larut dalam air, contohnya *leaching zinc sulfate*.

2. Asam

Asam sulfat merupakan zat yang banyak digunakan dalam proses *leaching*. Hal ini disebabkan karena mempunyai harga yang murah dan efektif dalam melarutkan mineral berharga dalam bijih. Bijih yang biasa di-*leaching* menggunakan asam sulfat adalah bijih oksida, karena bijih oksida mudah larut dalam asam sulfat, contoh ZnO menurut Persamaan 2.10.



3. Basa

Contoh basa yang biasa digunakan sebagai zat pelarut adalah natrium hidroksida (NaOH) yang digunakan untuk melarutkan aluminium dari bauksit, basa lainnya yaitu ammonium hidroksida (NH₄OH) biasa digunakan dalam ekstraksi tembaga dan nikel. Keuntungan dengan menggunakan basa sebagai zat *leaching* adalah masalah korosi dapat diabaikan, cocok untuk bijih yang mengandung banyak pengotor silikat dan mempunyai kemampuan menyeleksi yang lebih baik karena mampu membuat besi oksida tidak ikut larut.

4. Larutan garam

Natrium sianida (NaCN) dan Kalium sianida (KCN) adalah garam yang dapat digunakan untuk melarutkan emas seperti Persamaan 2.11.



5. *Bacterial leaching*.

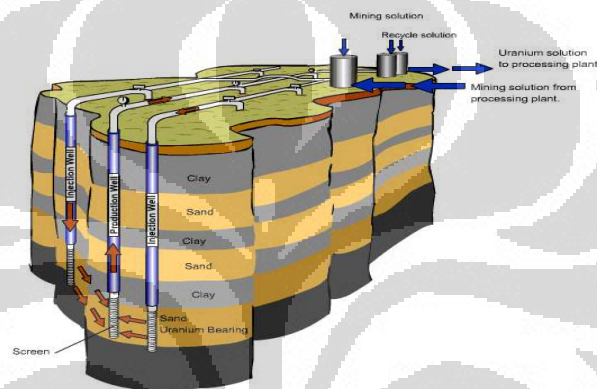
Jenis bakteri yang dapat digunakan sebagai zat pelarut adalah *Thio Bacillus Thiooxidans* atau *Thio Bacillus Ferrooxidans*. Contoh penggunaannya adalah pelarutan FeSO₄.

2.5.2 Metode Pelindihan

Kualitas bijih dan penggunaan reagen tertentu untuk melarutkan mineral merupakan faktor yang menentukan dalam pemilihan metode pelindihan. Metode-metode pelindihan yang ada adalah sebagai berikut:

1. *Leaching in place (in situ).*

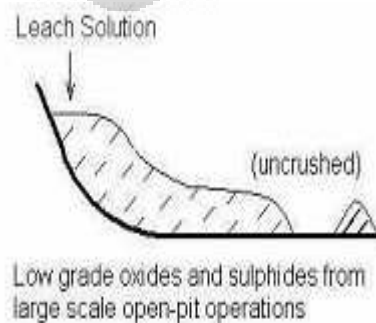
Metode ini terutama digunakan untuk bijih tembaga kadar rendah. Pada metode ini bijih dihancurkan dan dilindih di tempat dengan waktu yang sangat lama seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Metode pelindihan *in situ*^[12].

2. *Heap leaching*

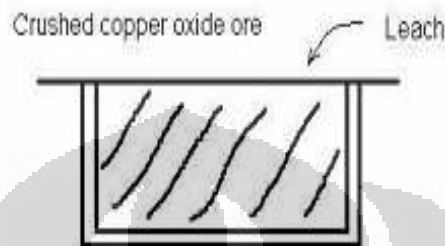
Heap leaching digunakan dalam skala besar di Rio Tinto, Spanyol, yang digunakan untuk melindih tembaga dan seng dari bijih pirit. Tahapan dalam metode ini adalah timbunan bijih disiram dengan air kemudian ditinggalkan dalam jangka waktu yang lama agar bijih bereaksi dengan udara, air, dan *ferric salt*, sampai sebagian besar tembaga berubah menjadi tembaga sulfat^[7] seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Metode *heap leaching*^[12].

3. *Percolation* atau *vat leaching*.

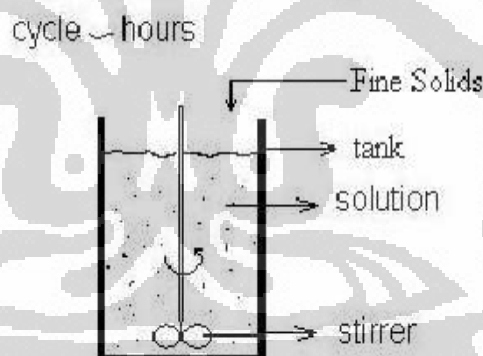
Bijih yang akan dilindih ditempatkan dalam suatu tangki yang ditutup dengan saringan. Pelarut kemudian ditambahkan dari atas tangki dan mulai untuk melarutkan bijih. Bentuk dari metode *percolation leaching* seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Metode *percolation leaching*^[12].

4. Pelindihan agitasi.

Pada metode ini larutan lindih diaduk, baik secara mekanik atau dengan menggunakan tekanan udara seperti pada Gambar 2.6. Umpan bijih yang akan dilindih dengan metode ini harus dihaluskan terlebih dahulu.



Gambar 2.6 Metode agitasi *leaching*^[12].

5. *Pressure leaching*.

Pada metode ini proses pelindihan dibantu dengan menggunakan tekanan yang berasal dari tekanan udara atau dari tekanan larutan seperti pada Gambar 2.7. Untuk menghasilkan tekanan maka bijih diletakkan kedalam suatu bejana tertutup atau *autoclave*.



Gambar 2.7 Autoclave untuk *Pressure Leaching*^[10].

2.6 EDX (*Energy Dispersive X-Ray*)

EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) adalah suatu metode yang dapat mendeteksi unsur suatu material. Konsentrasi minimal yang dapat dideteksi adalah lebih besar dari 0,1 %.

Prinsip kerja alat ini adalah dengan metode spektroskopi, dimana elektron ditembakkan pada permukaan sampel, sehingga akan memancarkan *X-Ray*. Energi tiap-tiap photon *X-Ray* menunjukkan karakteristik masing-masing unsur yang akan ditangkap oleh detektor EDX, kemudian secara otomatis akan menunjukkan puncak-puncak dalam distribusi energi sesuai dengan unsur yang terdeteksi.

Hasil yang didapatkan dari pengujian EDX adalah berupa grafik *energy (KeV)* dengan *counts*. Dari grafik tersebut dapat diketahui unsur yang terdapat pada sampel dan persentasenya.

Kelemahan dari alat uji EDX ini adalah penembakan yang dilakukan pada permukaan sampel hanya pada beberapa titik dari seluruh permukaan sampel. Sehingga hasil yang diperoleh tidak representatif untuk mengetahui persentase dari unsur pada sampel secara keseluruhan.

2.7 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD (*X-Ray Diffraction*) adalah suatu metode analisa nondestruktif menggunakan prinsip pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu material dengan radiasi elektromagnetik sinar X yang dipancarkan. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak

antar bidang kristal (d) spesifik sehingga bidang kristal tersebut akan memantulkan radiasi sinar X dengan sudut-sudut tertentu.

Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi. Dengan alat ini kita mengidentifikasi senyawa yang terdapat pada material.

Dengan menggunakan XRD, akan diamati perubahan fasa yang terbentuk akibat proses reduksi panggang yang dilakukan terhadap sampel penelitian.

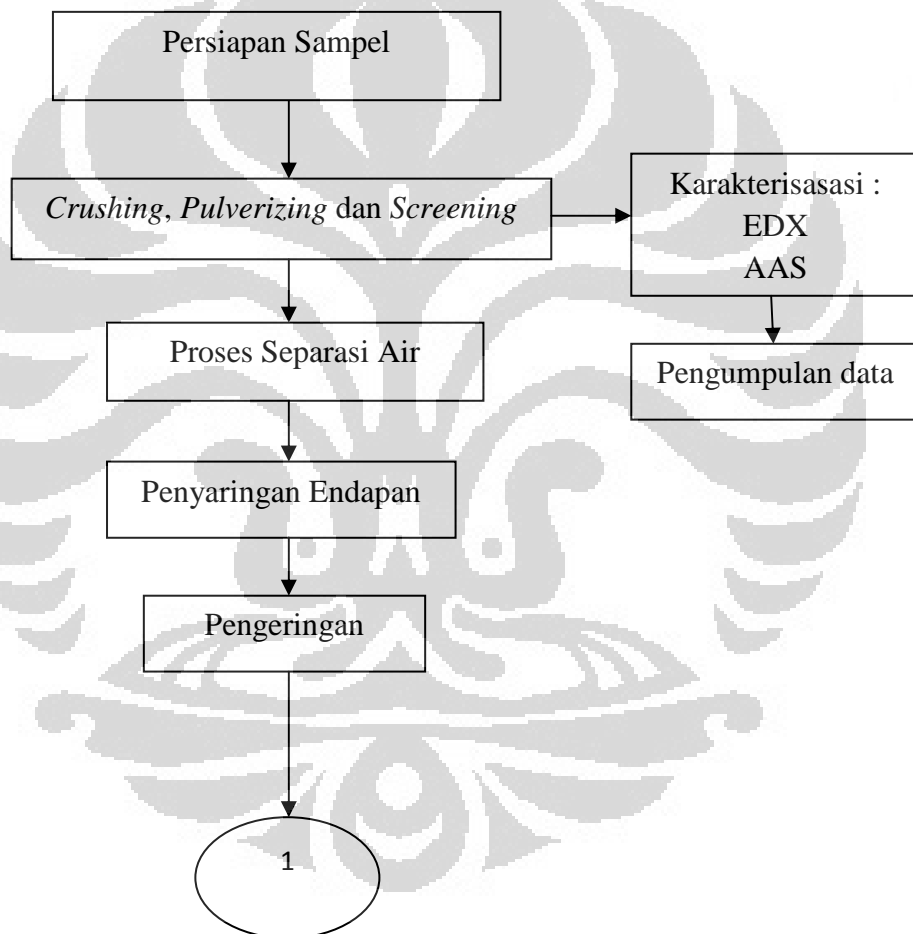
2.8 AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

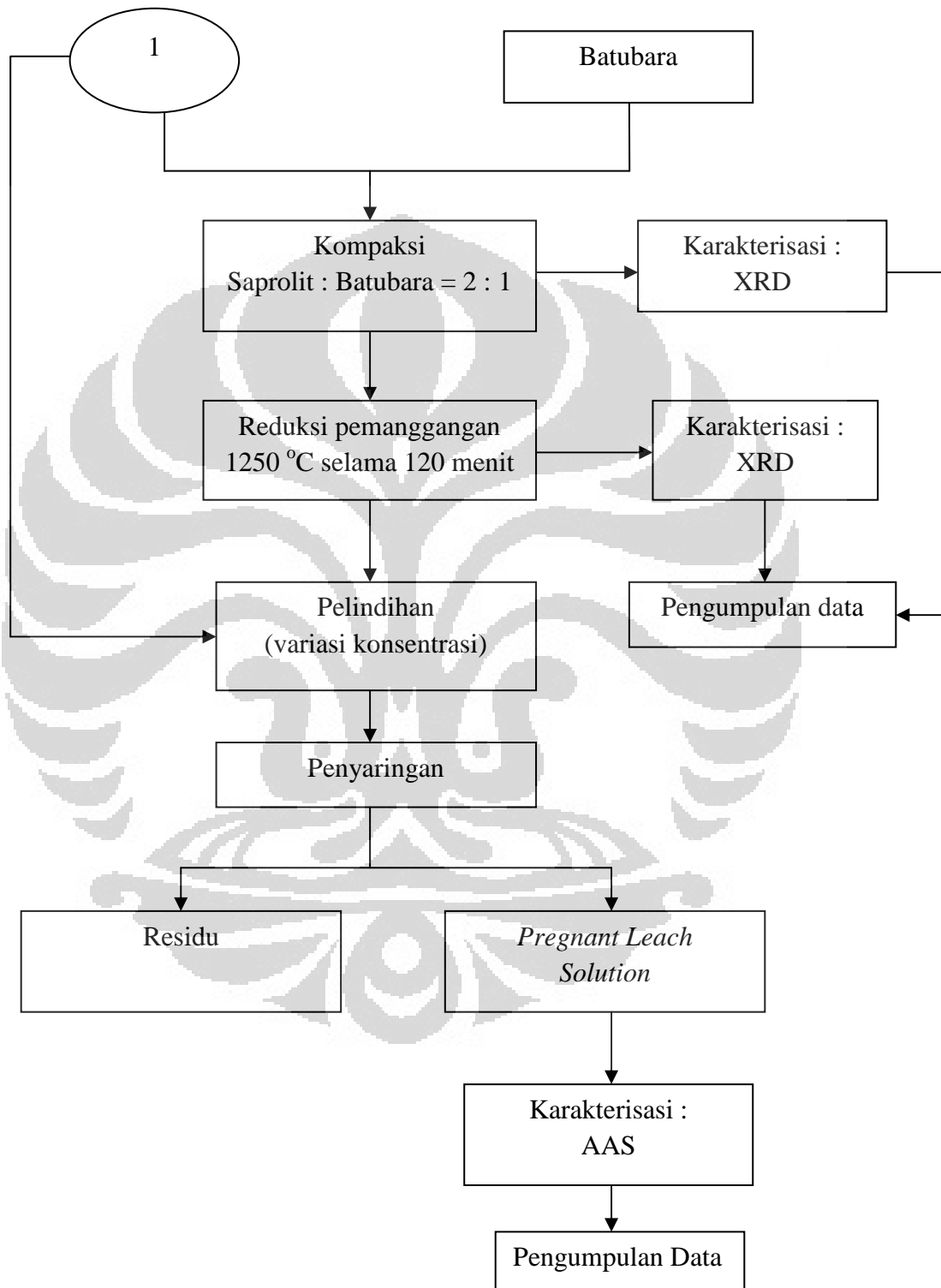
AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) merupakan teknik untuk mengetahui konsentrasi logam pada suatu larutan. Teknik AAS didasarkan pada penguraian molekul menjadi atom dengan energi dari api atau arus listrik. Sebagian besar atom akan berada pada *ground state* dan sebagian kecil akan tereksitasi memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu untuk atom tersebut ketika kembali ke *ground state*. Dengan teknik AAS akan dapat diketahui konsentrasi logam tertentu dari sampel yang terlarut pada *pregnant leach solution*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan :

1. Penggerus dan tumbukan
2. Ayakan
3. Timbangan digital
4. Mesin kompaksi dan cetakan
5. EDX (SEM/EDX LEO 420i)
6. XRD (Shimadzu XRD 7000)
7. AAS (Perkin Elmer Tipe AA-700)
8. Pengaduk
9. Kertas saring
10. Empat buah wadah separasi air
11. *Carbolite Muffle Furnace* 1600 °C

Bahan yang digunakan adalah :

1. Saprolit
2. Batubara
3. Amonium bikarbonat
4. Aquades

3.3 Persiapan Sampel

Sampel saprolit dihancurkan dengan menggunakan penggerus dan tumbukan untuk mendapatkan bentuk yang lebih kecil dan halus. Sampel yang telah halus kemudian diayak menggunakan mesin ayak ukuran *mesh* 40.

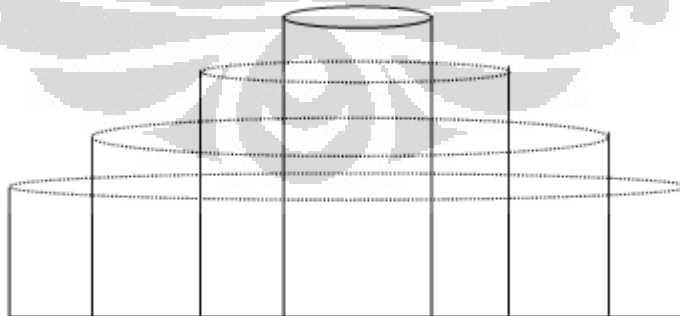


Gambar 3.2 Sampel saprolit

Batubara yang digunakan sebagai reduktan dihaluskan dengan menggunakan penggerus dan tumbukan kemudian diayak menggunakan mesin ayak ukuran *mesh* 40.

Sampel saprolit yang telah dihaluskan sebagiannya dipisahkan untuk dikarakterisasi secara *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) untuk mengetahui komposisi unsur sampel saprolit awal.

3.4 Separasi dengan Fluida Air (*Float-Sink Process*)



Gambar 3.3 Susunan wadah separasi air

Sampel saprolit yang telah diayak kemudian diseparasi dengan menggunakan media air untuk memisahkan partikel berdasarkan berat jenisnya serta memisahkan partikel dari pengotor-pengotor seperti debu. Serbuk saprolit dimasukkan ke dalam wadah yang berada paling tengah seperti pada Gambar 3.3. Kemudian wadah tersebut akan dialiri air sebagai fluida separasi. Aliran air dijaga lambat dan konstan dengan mengalirkan air di bagian dinding wadah menggunakan botol aquades. Saat pengaliran air ke dalam wadah, dilakukan pengadukan dengan menggunakan batang pengaduk. Hal ini dilakukan agar seluruh sampel yang dimasukkan dapat terpisah berdasarkan berat jenisnya.

3.5 Penyaringan

Proses penyaringan menggunakan corong dan kertas saring. Pada kertas saring tersebut akan menempel endapan-endapan yang merupakan hasil separasi.

3.6 Pengeringan

Proses pengeringan berfungsi untuk menghilangkan kandungan air setelah melewati proses separasi. Pada proses ini, dilakukan pengeringan pada oven dengan suhu 110°C selama 30 menit.

Sampel yang telah dikeringkan kemudian dikarakterisasi secara XRD untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terdapat pada bijih saprolit sebelum direduksi pemanggangan.

3.7 Penimbangan dan Pencampuran

Sampel saprolit yang telah kering dicampur dengan reduktan batubara. Sampel dibuat sebanyak 4 buah dengan komposisi perbandingan saprolit dan batubara sebesar 2:1. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan digital.

Sampel yang telah tercampur rata kemudian dikompaksi dengan menggunakan mesin *pressing*.

Serbuk campuran saprolit dan batubara dimasukkan ke dalam cetakan kemudian diberi sebesar 150 bar dan ditahan selama 1 menit. Sampel yang telah dikompaksi seperti pada Gambar 3.4.

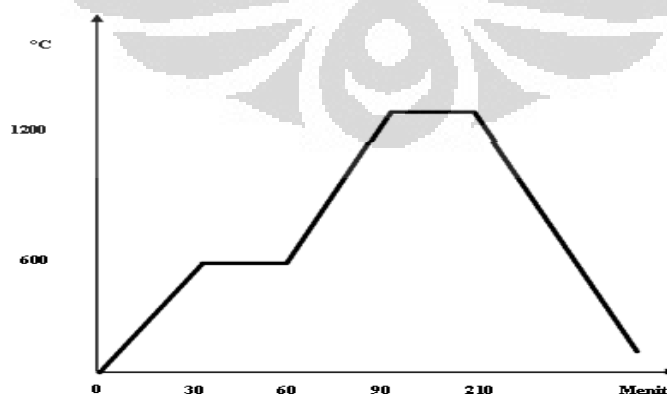


Gambar 3.4 Sampel setelah kompaksi

3.8 Reduksi Pemanggangan

Proses reduksi karbotermik berlangsung di dalam *carbolite muffle furnace* pada temperatur 1250 °C dan atmosfer saat reaksi tersebut berlangsung adalah atmosfer *furnace* serta tidak menggunakan gas *inert* saat reaksi berlangsung.

Siklus pemanasan seperti pada Gambar 3.5 adalah sebagai berikut : Dari temperatur ruang, sampel dipanaskan hingga temperatur 600 °C selama 30 menit, lalu pada temperatur yang sama dilakukan penahanan selama 30 menit yang bertujuan untuk *preheating*. Setelah itu, sampel kembali dipanaskan hingga temperatur 1250 °C dalam waktu 30 menit, pada saat temperatur 1250 °C, temperatur sampel ditahan selama 120 menit. Setelah itu, sampel dibiarkan mengalami pendinginan di dalam *furnace*.



Gambar 3.5 Grafik pemanasan sampel



Gambar 3.6 Sampel yang telah dipanggang

Saprolit yang telah dipanggang seperti pada Gambar 3.6, kemudian dilakukan penimbangan menggunakan timbangan digital. Selanjutnya sampel dihaluskan kembali. Sebagian sampel dipakai untuk diuji XRD untuk mengetahui perubahan fasa yang terjadi akibat proses pemanggangan. Sampel saprolit yang telah di-*roasting* kemudian disiapkan untuk dilindih.

3.9 Pelindihan

Saprolit dilindih menggunakan amonium bikarbonat dengan variasi konsentrasi yaitu: 1 M, 2 M, 3 M dan 4 M selama 90 menit pada temperatur 60 °C. Selama proses lindih, larutan diaduk secara otomatis dengan alat *magnetic stirrer* yang dipasang selama proses lindih.

3.9.1 Larutan Lindih (*Lixiviant*)

Konsentrasi (molar) larutan amonium bikarbonat (NH_4HCO_3) yang digunakan pada proses lindih adalah 1 M, 2 M, 3 M dan 4 M. Untuk membuat larutan amonium bikarbonat 1 M adalah dengan cara melarutkan 7.9 gram amonium bikarbonat serbuk menggunakan aquades didalam *beaker glass* hingga mencapai 100 mL. Pembuatan konsentrasi pelarut selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

3.9.2 Sampel Pelindihan

Sampel bijih saprolit yang akan dilindih ada dua jenis yaitu bijih saprolit tanpa tanpa reduksi dan bijih saprolit reduksi. Kedua jenis sampel dilindih dengan kondisi yang sama. Berat sampel yang akan diumpankan kedalam 100 mL pelarut adalah sebesar 2 gram.

3.9.3 Larutan Hasil Pelindihan

Filtrat hasil dari proses pelindihan biasa disebut dengan *pregnant leach solution*. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas saring. Perhitungan kandungan nikel didalam filtrat menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

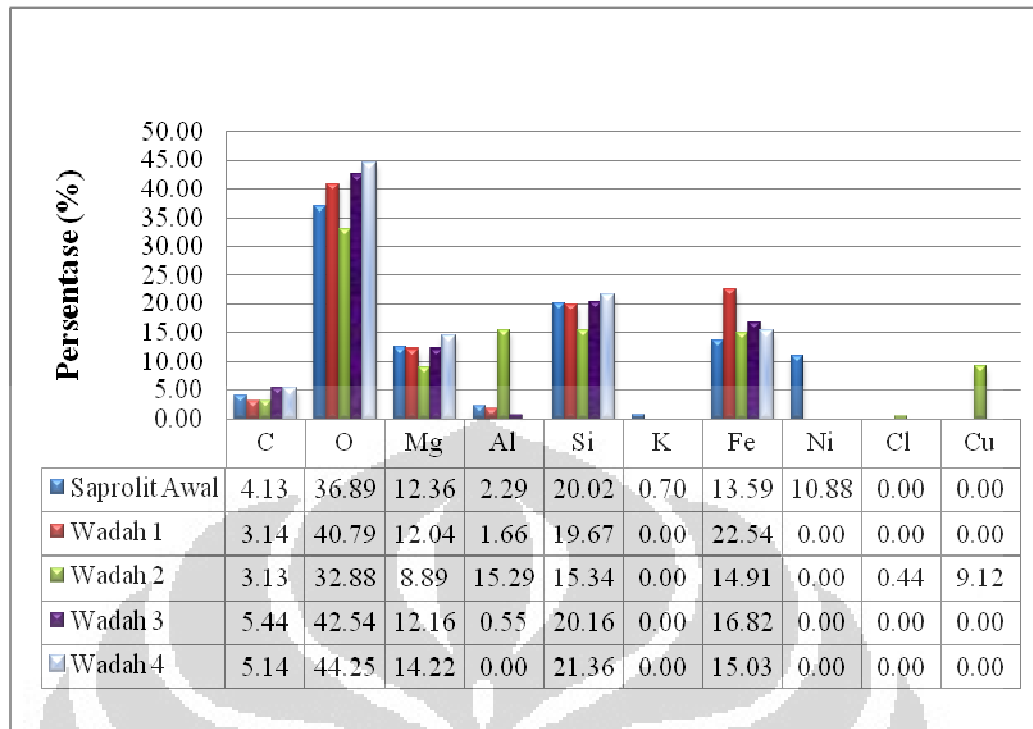
4.1 Hasil Pengujian EDX Saproлит Awal dan Setelah Separasi Air

Tabel 4.1. Komposisi kimia saproлит awal

Unsur	Saproлит Awal	
	% Element	% Atomic
C	4.13	6.07
O	36.89	53.29
Mg	12.36	11.77
Al	2.29	1.93
Si	20.02	16.44
K	0.70	0.43
Fe	13.59	5.60
Ni	10.88	4.46
Cl	0.00	0.00
Cu	0.00	0.00

Tabel 4.2 Komposisi kimia saproлит setelah separasi air

Unsur	Wadah 1		Wadah 2		Wadah 3		Wadah 4	
	%	%	%	%	%	%	%	%
	Element	Atomic	Element	Atomic	Element	Atomic	Element	Atomic
C	3.14	5.86	3.13	6.29	5.44	9.87	5.14	8.88
O	40.79	56.93	32.88	48.50	42.54	56.45	44.25	57.53
Mg	12.04	11.06	8.89	8.74	12.16	10.61	14.22	12.18
Al	1.66	1.49	15.29	12.94	0.55	0.43	0.00	0.00
Si	19.67	15.64	15.34	13.00	20.16	15.58	21.36	15.84
K	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	22.54	9.03	14.91	8.85	16.82	7.07	15.03	5.61
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.44	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	0.00	0.00	9.12	3.88	0.00	0.00	0.00	0.00



Gambar 4.1 Grafik EDX komposisi kimia saprolit awal dan setelah proses separasi air

Hasil EDX pada saprolit setelah separasi air pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada keempat wadah tidak terdeteksi adanya nikel. Pada pengujian EDX yang dilakukan, penembakan X-ray dilakukan pada 3 titik dari keseluruhan permukaan sampel. Tidak terdeteksinya unsur nikel disebabkan karena pada 3 titik yang ditembak tidak terdapat adanya nikel. Namun, setelah dilakukan pengujian AAS terhadap saprolit awal, terdeteksi adanya unsur nikel sebesar 1.71 %. Hal ini dapat terjadi karena pada pengujian EDX hanya mendeteksi pada titik-titik tertentu sehingga hasil yang diperoleh tidak representatif untuk mengetahui komposisi unsur pada sampel uji secara keseluruhan.

Dari hasil karakterisasi dengan EDX yang ditampilkan dalam Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Gambar 4.1, diketahui bahwa pada setiap wadah terdapat unsur-unsur pengotor. Pengotor seperti Si dan Mg memiliki berat jenis yang kecil, sehingga saat separasi air, unsur tersebut akan mengalir ke wadah berikutnya. Persentase terbesar unsur Si dan Mg terletak pada wadah ketiga dan keempat. Hal ini membuktikan bahwa ini dapat berperan mengurangi kadar pengotor-pengotor yang terdapat pada sampel.

4.2 Hasil Pengujian XRD Saproilit Sebelum dan Setelah Reduksi Pemanggangan

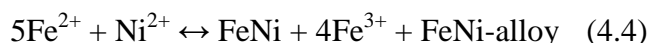
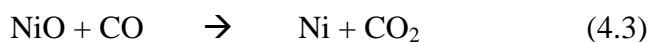
Sebelum pembakaran seperti pada Gambar 4.2 terlihat senyawa yang terdeteksi dalam saproilit yaitu FeO(OH) (*goethite*), Fe₂O₃ (*hematite*). Seiring dengan peningkatan temperatur dan kadar gas CO maka pembentukan Fe₃O₄ pun semakin meningkat. Fe₃O₄ terbentuk sebagai produk reduksi Fe₂O₃ dengan reaksi pada Persamaan 4.1^[11].



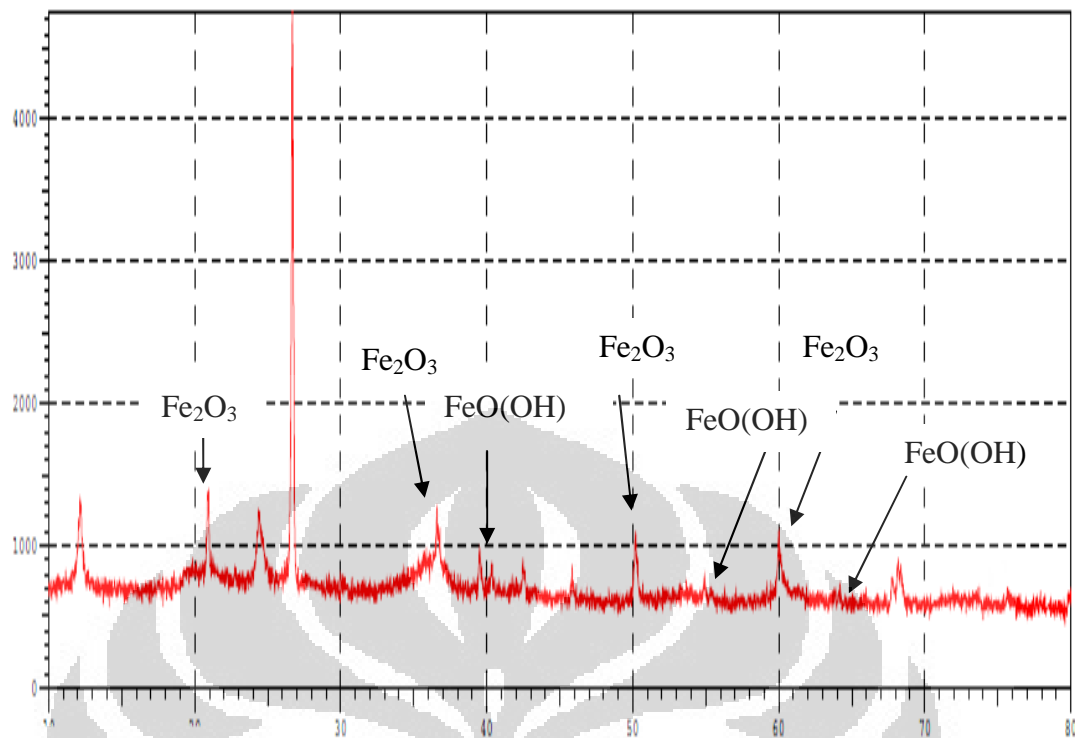
Berdasarkan diagram Boudouard pada Gambar 2.4, dapat diperkirakan bahwa pada temperatur reduksi 1250 °C akan tereduksi beberapa senyawa menjadi senyawa baru yang bergantung dari rasio (CO)/(CO+CO₂). Pada saat temperatur reduksi 1250°C, Fe₂O₃ akan tereduksi menjadi Fe₃O₄, dan bila rasio (CO)/(CO+CO₂) mencapai 20% terjadi reduksi Fe₃O₄ menjadi FeO (*wustite*) menurut Persamaan 4.2^[11].



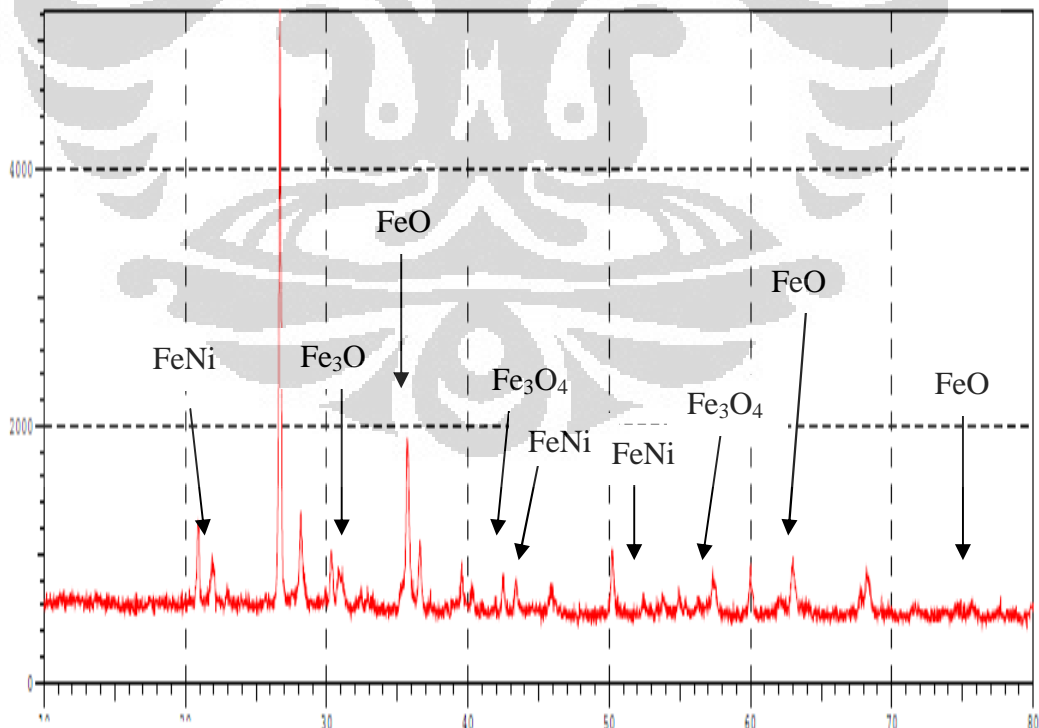
Senyawa NiO akan tereduksi menurut Persamaan 4.3^[11]. Namun demikian logam nikel yang terbentuk dari reaksi reduksi nikel oksida tidak berada dalam bentuk logam bebas, melainkan berada dalam bentuk *solid solution* dengan logam Fe membentuk FeNi^[10] menurut Persamaan 4.4^[11]. Pada Gambar 4.3 terdeteksi fasa FeNi pada pola-pola *peak* yang terbentuk dari grafik XRD. Terbentuknya senyawa FeNi disebabkan karena nikel memiliki karakteristik yang hampir sama dengan Fe seperti ukuran jari-jari atom yang hampir sama dan muatan yang sama, sehingga logam nikel berdifusi ke dalam matrik Fe membentuk *substitution solid solution*.



Transformasi fasa yang terjadi pada penelitian ini sesuai dengan yang diharapkan secara termodinamika yaitu terbentuknya magnetit dan nikel metalik. Nikel yang berada dalam bentuk metalik lebih mudah untuk diperoleh.



Gambar 4.2 Grafik XRD saprolit sebelum reduksi pemanggangan

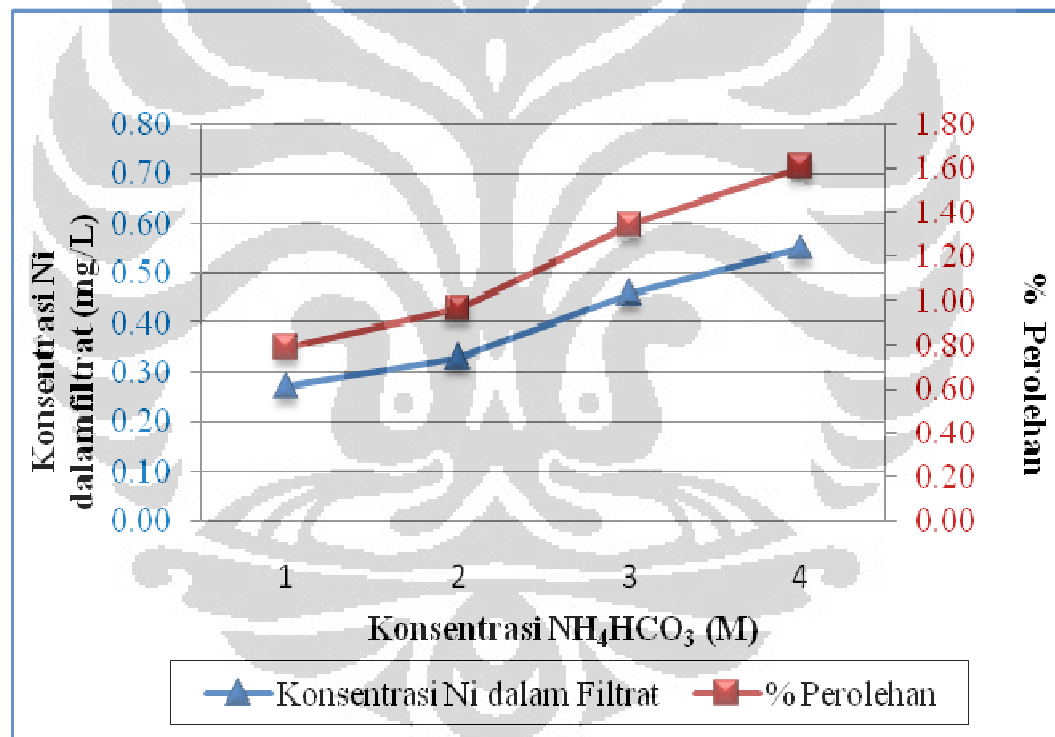


Gambar 4.3 Grafik XRD saprolit setelah reduksi pemanggangan

4.3 Pengaruh Konsentrasi Pelarut Amonium Bikarbonat terhadap Perolehan Nikel dari Saprolit Tereduksi.

Tabel 4.3 Perolehan nikel pada saprolit tereduksi

Konsentrasi NH_4HCO_3 (M)	Konsentrasi Ni dalam filtrat (mg/L)	Berat bijih (mg)	Berat Ni dalam bijih (mg)	% Perolehan
1	0.27	2000	34.2	0.79
2	0.33	2000	34.2	0.96
3	0.46	2000	34.2	1.35
4	0.55	2000	34.2	1.61



Gambar 4.3 Grafik pengaruh konsentrasi pelarut terhadap % perolehan nikel

Hasil dari pelindihan larutan amonium bikarbonat pada bijih saprolit yang direduksi ditunjukkan Tabel 4.4. dan Gambar 4.3. Dari data tersebut terlihat bahwa pada penggunaan amonium bikarbonat sebagai pelarut, perolehan nikel yang didapat dari saprolit tereduksi pada penelitian dengan konsentrasi amonium

bikarbonat berturut-turut 1 M, 2 M, 3 M, 4 M adalah 0.79 %, 0.96 %, 1.35 %, 1.61 %.

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.3, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut, semakin besar konsentrasi nikel yang larut dalam filtrat dan semakin besar % perolehan nikel.

Saat serbuk amonium bikarbonat (NH_4HCO_3) dilarutkan dalam aquades amonium bikarbonat (NH_4HCO_3) akan terurai membentuk amonia dan gas karbon dioksida menurut reaksi Persamaan 4.5.^[13]



Pada proses pelindihan menggunakan amonium bikarbonat, FeNi yang terbentuk dari proses reduksi akan membentuk ion nikel amina kompleks $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ ^[7] yang dapat larut dalam pelarut dengan reaksi kimia menurut Persamaan 4.6^[11].



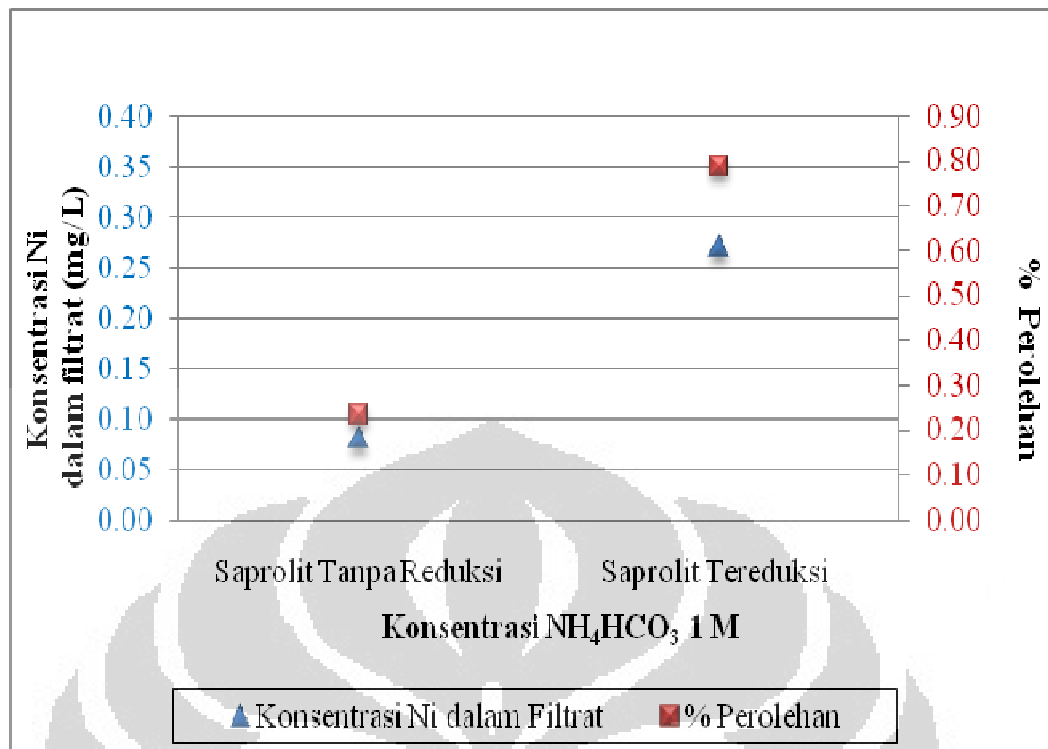
Ion fero amina kompleks ($\text{Fe}(\text{NH}_3)_2^{2+}$) yang terbentuk akan teroksidasi dengan cepat menjadi *ferric* (Fe^{3+}) lalu terhidrolisis dan mengendap sebagai *ferric hydroxide* (besi hidroksida) menurut Persamaan 4.7.^[11]



4.4 Pengaruh Reduksi Pemanggangan terhadap Perolehan Nikel dari Bijih Saprolit.

Tabel 4.4 Perolehan nikel pada saprolit tanpa reduksi

	Konsentrasi NH_4HCO_3 (M)	Konsentrasi Ni dalam filtrat (mg/L)	Berat bijih (mg)	Berat Ni dalam bijih (mg)	% Perolehan
Saprolit Tanpa Reduksi	1	0.08	2000	34.2	0.23
Saprolit Tereuksi	1	0.27	2000	34.2	0.79



Gambar 4.4 Grafik pengaruh reduksi pemanggangan terhadap % perolehan nikel

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 dapat dilihat pengaruh dari reduksi pemanggangan terhadap ekstraksi nikel hasil dari pelindihan. Terlihat bahwa perolehan nikel pada bijih saprolit yang direduksi jauh lebih tinggi daripada perolehan nikel pada bijih saprolite yang tidak direduksi. Pada konsentrasi pelarut 1 M, perolehan nikel pada bijih yang direduksi adalah 0.79 %, sedangkan perolehan pada saprolit yang tidak direduksi adalah 0.27 %.

Perolehan nikel pada bijih yang direduksi lebih tinggi daripada bijih yang tidak direduksi disebabkan karena pada bijih yang direduksi nikel berada dalam fasa metalik. Nikel dalam fasa metalik lebih mudah untuk larut dalam larutan amonium. Sedangkan pada bijih yang tidak direduksi logam nikel masih berada dalam fasa oksida dan terperangkap dalam struktur *goethite*, sehingga nikel susah untuk larut dalam amonium bikarbonat.

BAB V

KESIMPULAN

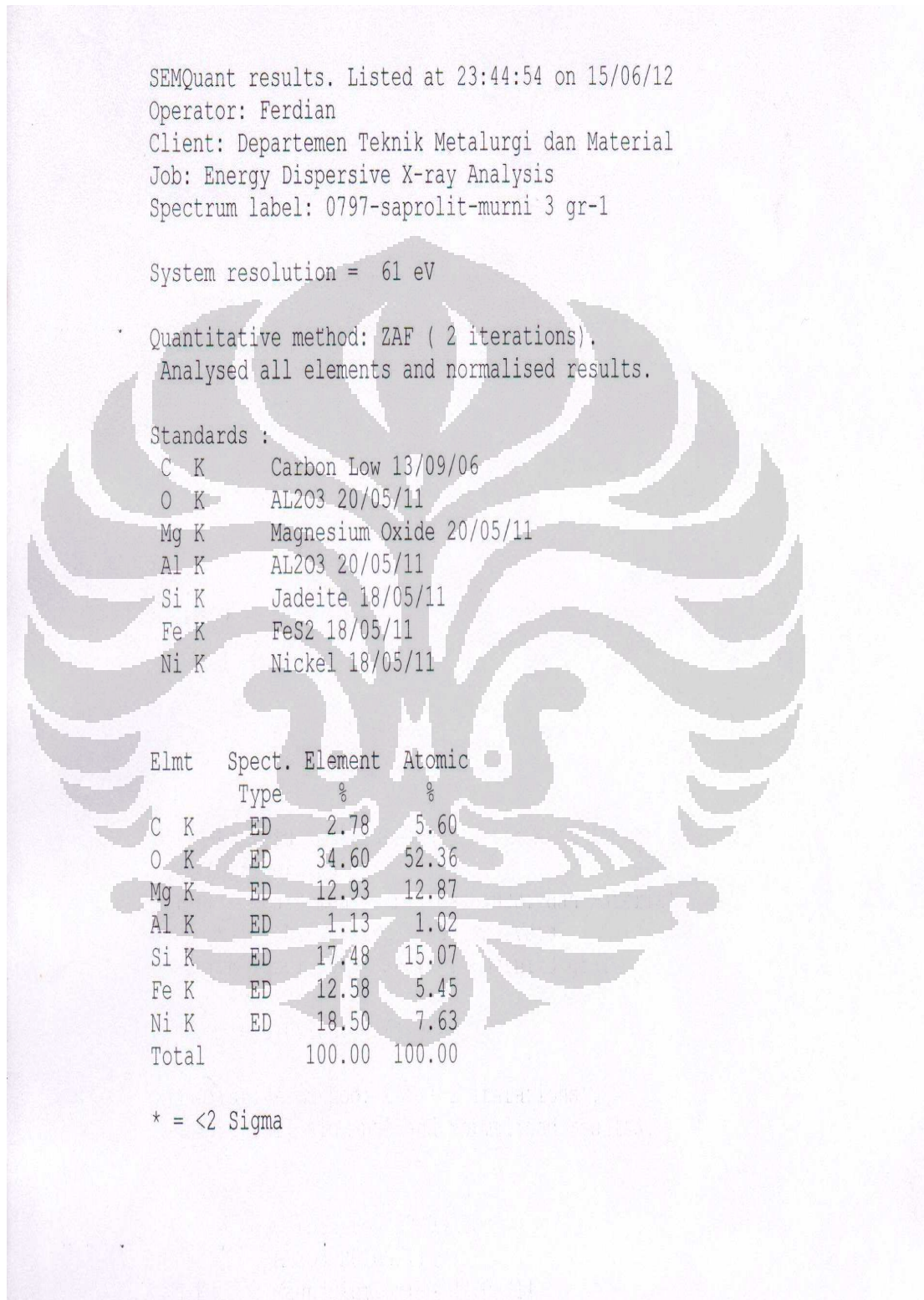
1. Bijih saprolit yang digunakan pada penelitian memiliki kandungan nikel sebesar 1.71 %.
2. Bijih saprolit yang direduksi pemanggangan pada temperatur 1250 °C selama 120 menit, akan mengalami perubahan fasa. Sebelum pemanggangan senyawa yang terdeteksi dalam saprolit yaitu FeO(OH) (*goethite*), Fe₂O₃ (*hematite*). Setelah dipanggang terjadi perubahan fasa menjadi Fe₃O₄, FeO, FeNi.
3. Reduksi pemanggangan yang dilakukan dapat meningkatkan perolehan nikel dari bijih saprolit. Bijih saprolit tereduksi yang dilindih dengan amonium bikarbonat 1 M, % perolehan yang didapat sebesar 0.79 %. Sedangkan bijih saprolit yang tidak direduksi dan dilindih dengan 1 M amonium bikarbonat, perolehan nikel yang didapat sebesar 0.23 %.
4. Konsentrasi pelarut amonium bikarbonat berpengaruh terhadap perolehan nikel dari bijih saprolit tereduksi. Semakin tinggi konsentrasi pelarut maka perolehan nikel semakin meningkat hingga mencapai nilai optimum. Perolehan nikel yang didapat pada saprolit tereduksi berturut-turut pada konsentrasi amonium bikarbonat 1 M, 2 M, 3 M, 4 M adalah 0.79 %, 0.96 %, 1.35 %, 1.61 %.
5. Penggunaan amonium bikarbonat sebagai pelarut tidak efektif pada ekstraksi nikel dari bijih saprolit. Perolehan tertinggi yang didapat pada penelitian hanya 1.61 % pada konsentrasi amonium bikarbonat 4 M.

DAFTAR ACUAN

- [1] Waheed Ahmad. (2001). *Nikel Laterite Manual*.
- [2] Dalvi, Ashok D., Bacon, W. Gordon, Osborne, Robert C. (2004). *The Past and the Future of Nickel Laterite : Inco Limited*
- [3] Bergman, Rolland A. (2003). *Nickel production from low-iron laterite ores: Process Description*.
- [4] Wills, B. A. (1981). *Mineral Processing Technology 2nd Edition*. Pergamon Press.
- [5] Heins, R.A., Grady, P.M., Langa, R.L. (2003). *Measurement Systems for Gravity Circuit Performance : A New Approach*.
- [6] Callister, William D. Jr. (2007). *An Introduction Materials Science and Engineering 7th Edition*. Mc-Graw Hill..
- [7] Habashi, Fathi (1997). *Handbook of Extractive Metallurgy*. Weinheim: Wiley-Vch.
- [8] Greenwood, Norman N., Earnshaw, Alan. (1997). *Chemistry of the Elements 2nd Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [9] Stepershon, Robert L. (1980). *Direct Reduced Iron (Technology and Economics of Production and Use)*, USA iron steel society of aime.
- [10] Gubta, Chiranjib Kumar. (2003). *Chemical Metallurgy: Principles and Practices*. Weinheim: Wiley-Vch, 266.
- [11] Kesson, S. A. E et al. (1997). *Ringwood Reaction between magnesiowustite of lower mantle composition and core-forming Fe-Ni alloy at 1–40 GPa*. Australia.
- [12] SA Chamber of Mines and Energy. (2002). *Mining and Processing*.
- [13] Swamy, Y.V., Kar, B.B., Mohanty, J.K. (2003). *Physico-chemical Characterization and Sulphatization Roasting of Low Grade Nickeliferous Laterites*. *Hydrometallurgy Vol 69* , 89–98.

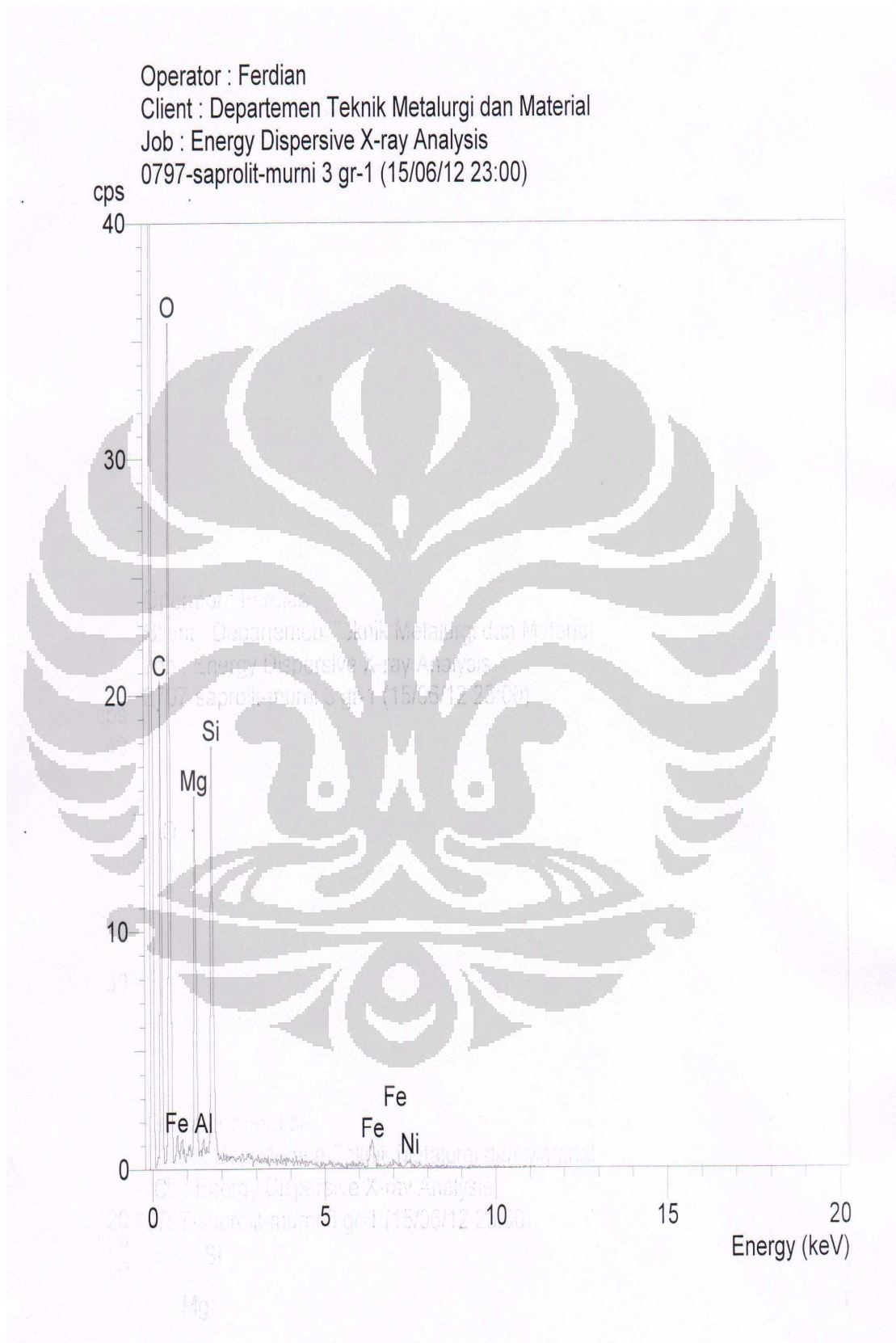


Lampiran 1 : Hasil EDX Saprolit Awal



Lampiran 1

(lanjutan)



Lampiran 1

(lanjutan)

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 :

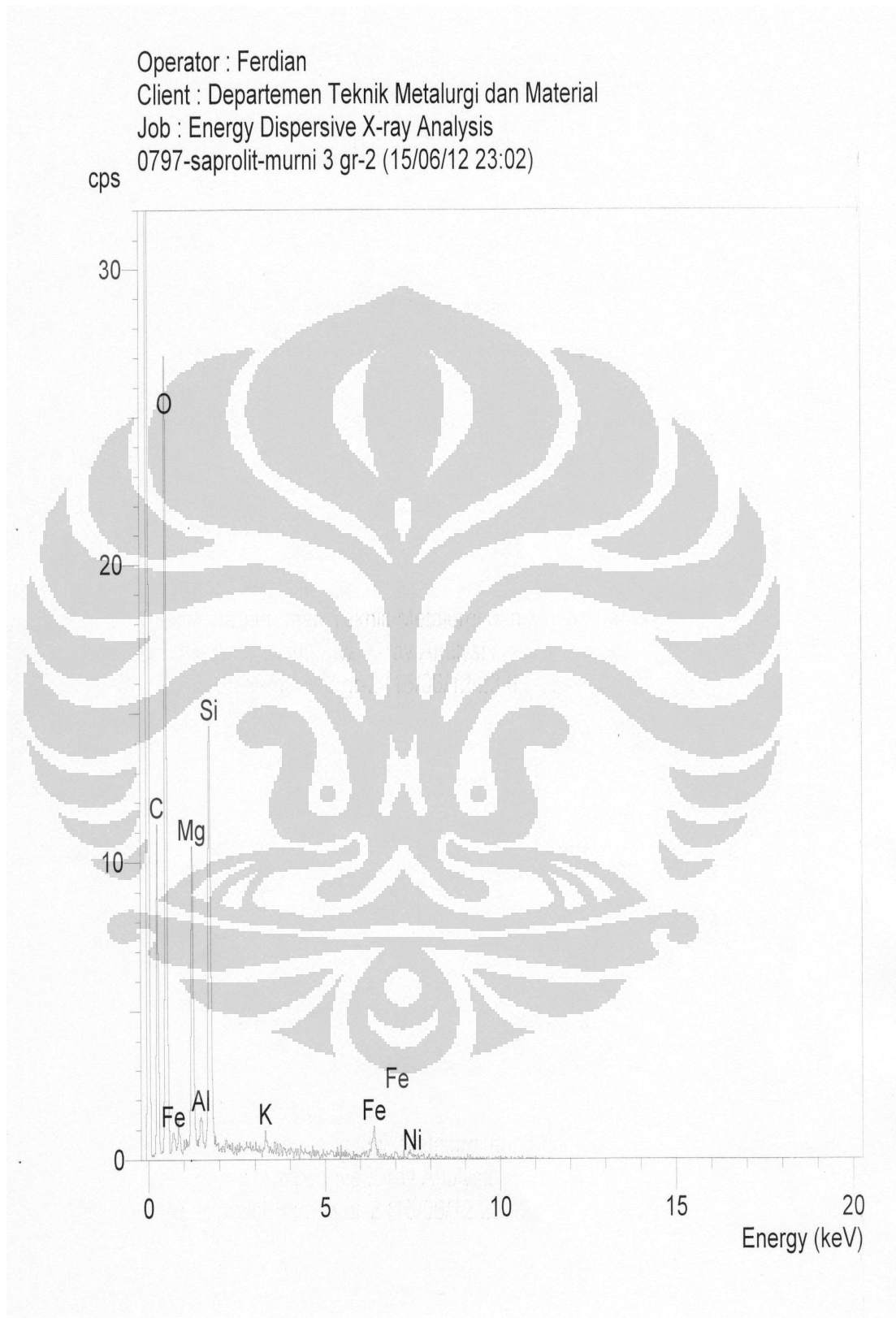
C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide 20/05/11
Al K	AL2O3 20/05/11
Si K	Jadeite 18/05/11
K K	Orthoclase 18/05/11
Fe K	FeS2 18/05/11
Ni K	Nickel 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 1

(lanjutan)



Lampiran 1

(lanjutan)

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 :

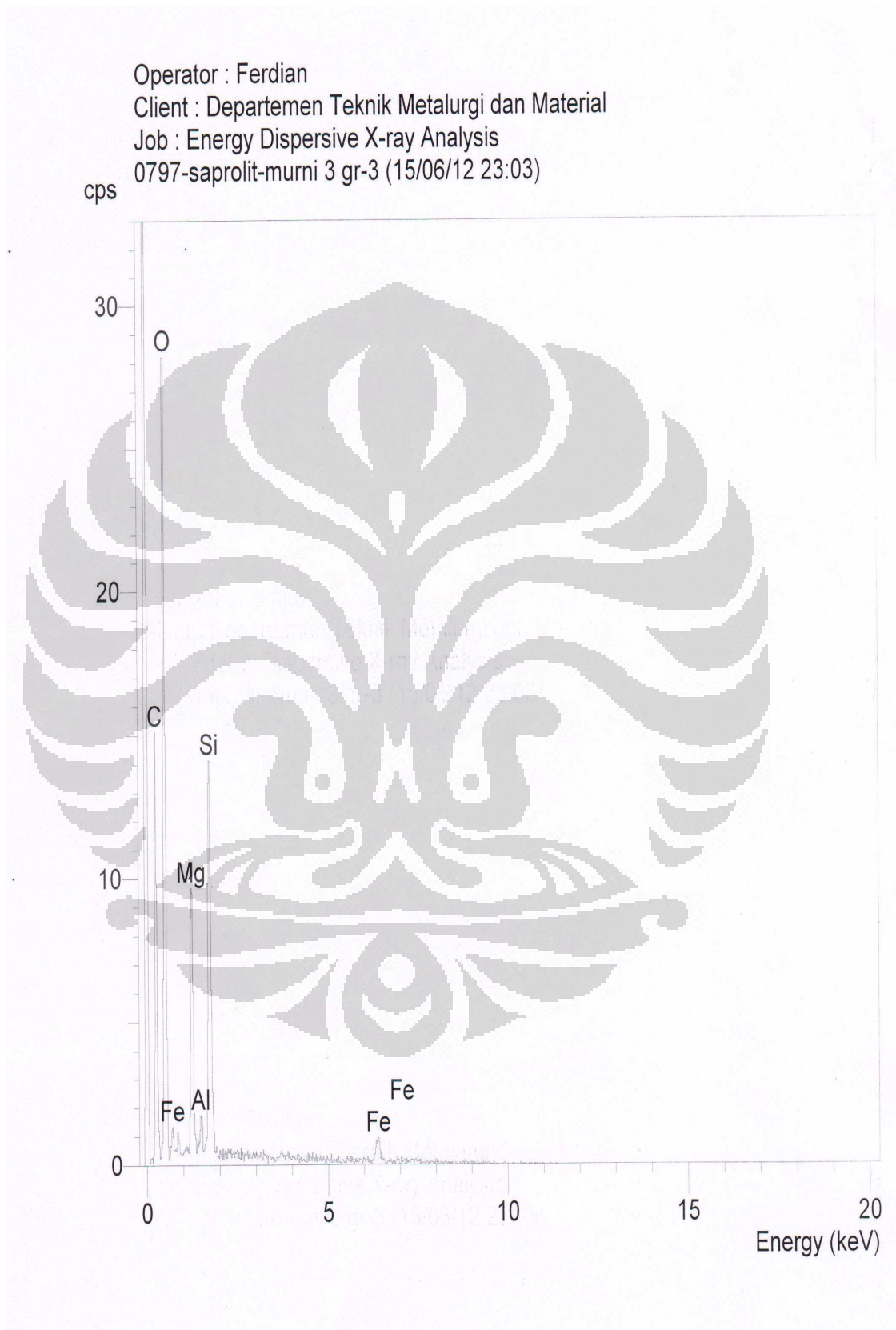
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

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

Lampiran 1

(lanjutan)



Lampiran 2 : Hasil EDX Saprolit Setelah Separasi Air

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 :

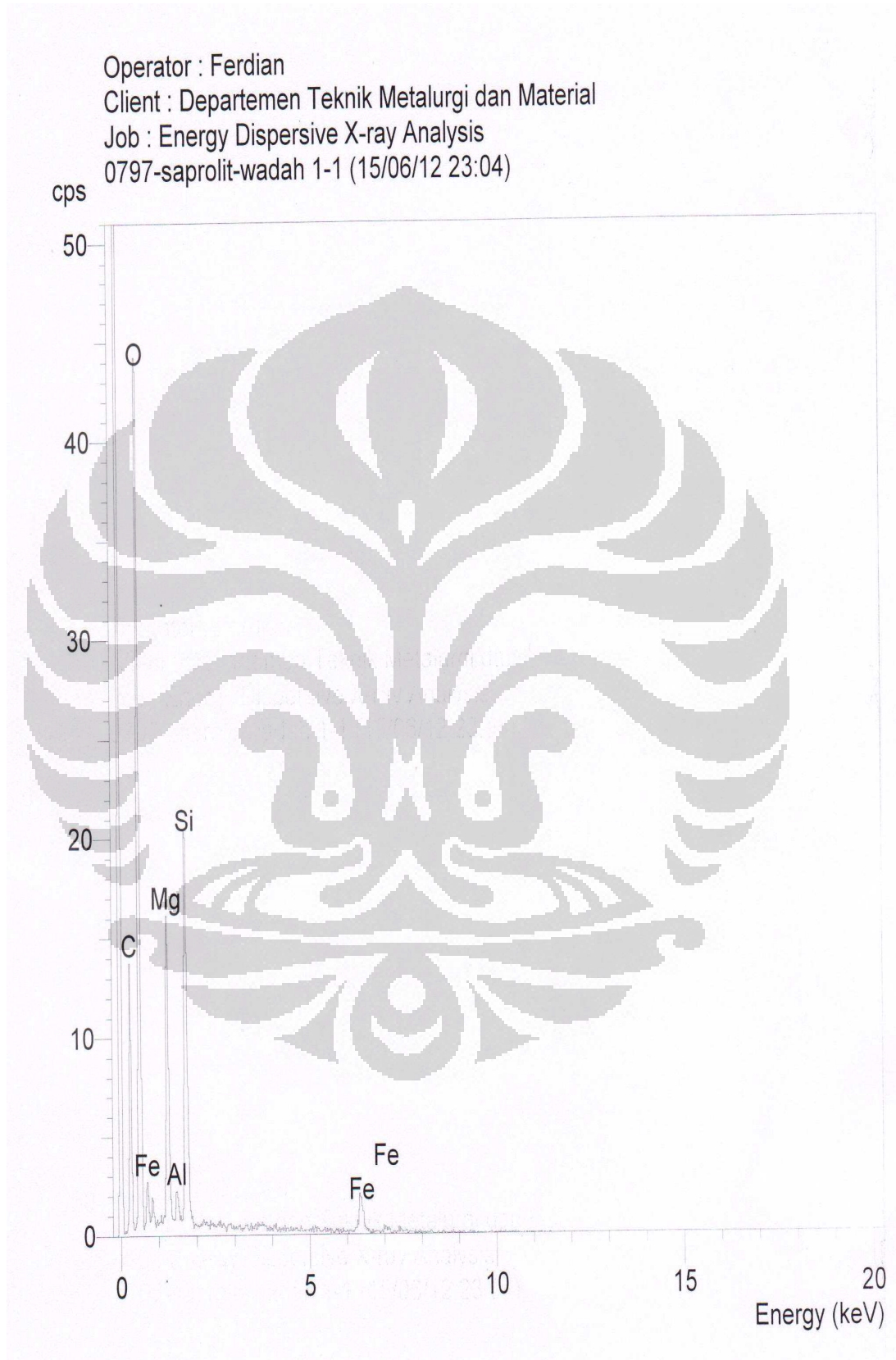
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

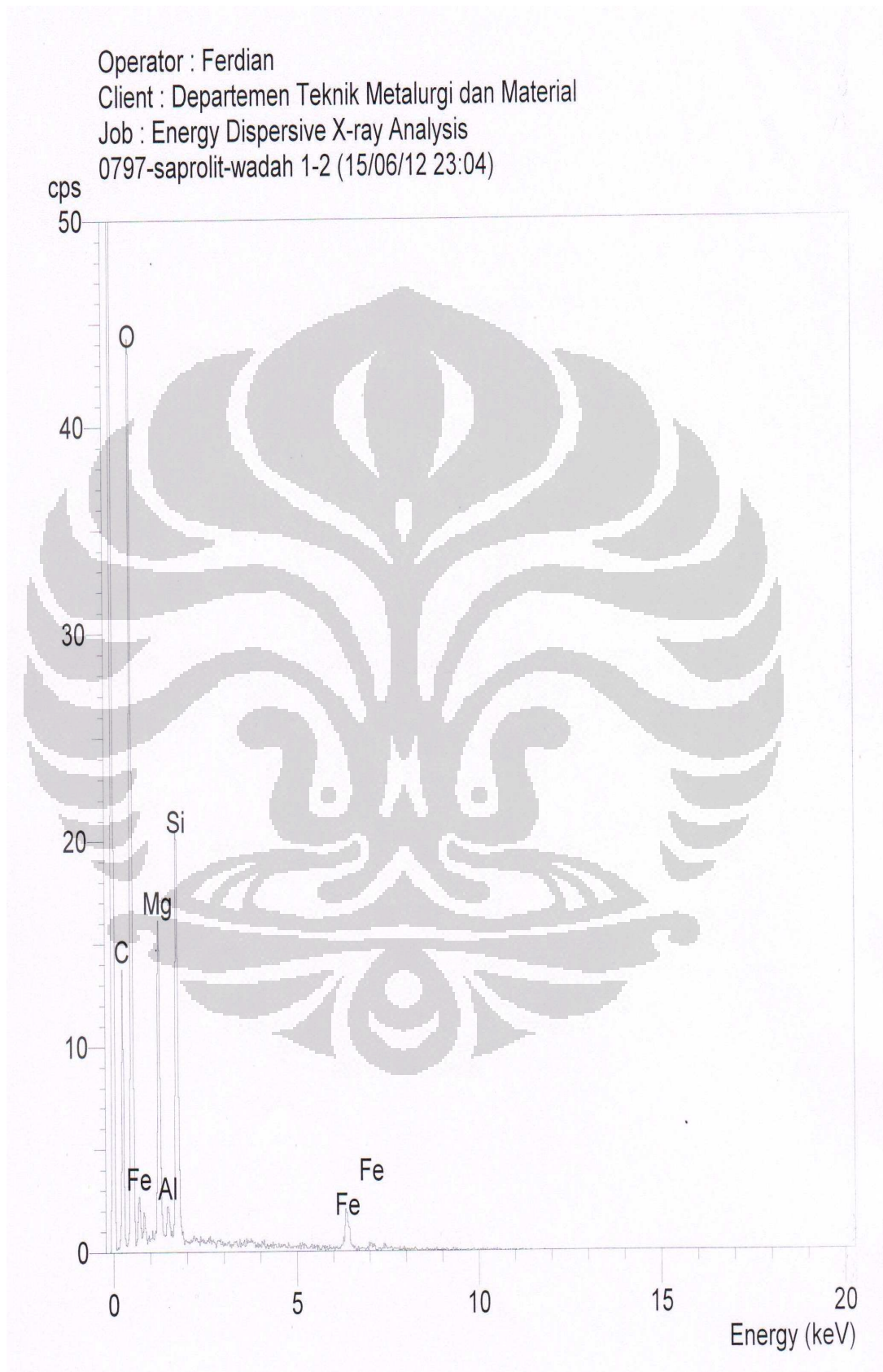
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

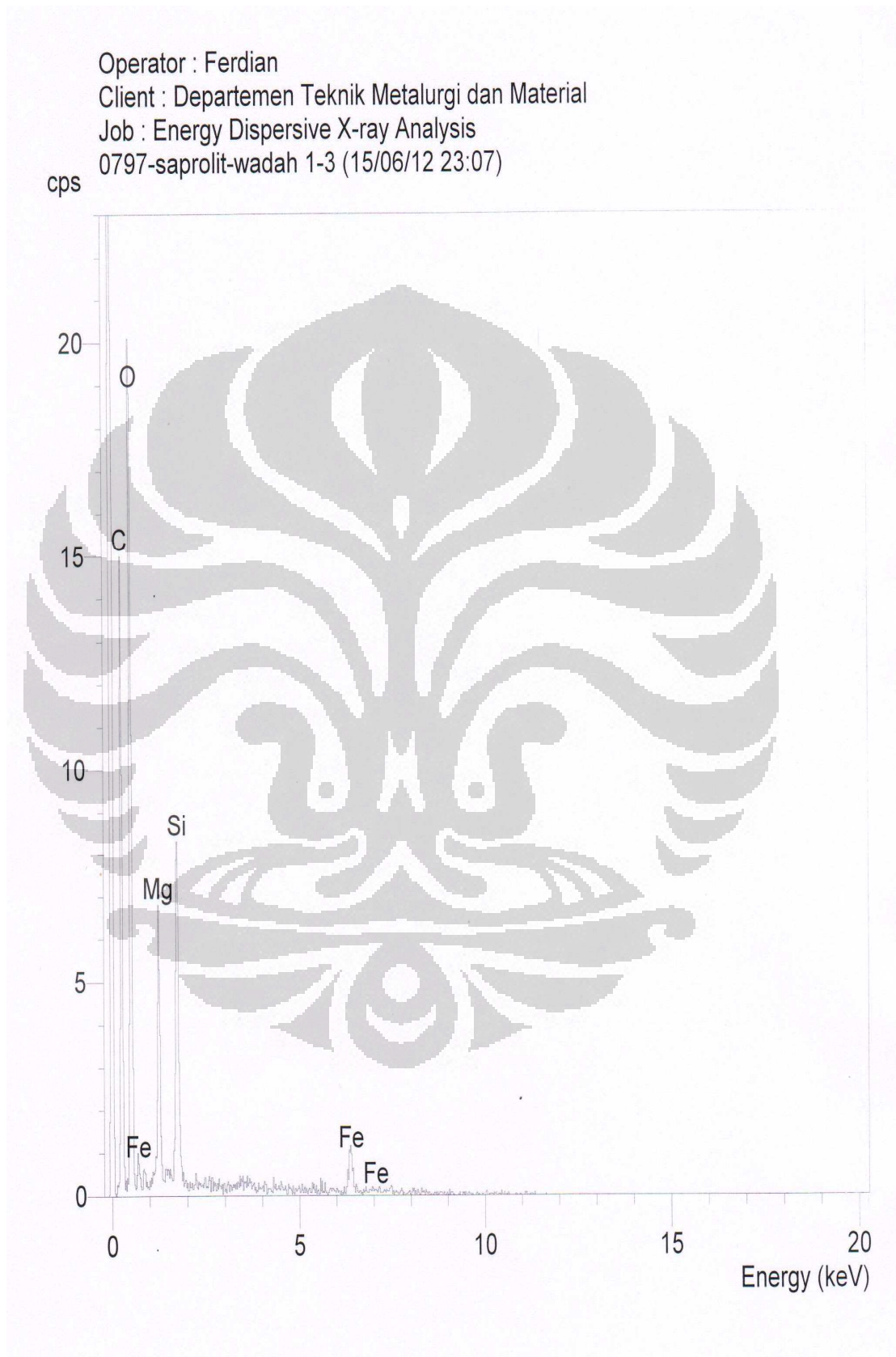
C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 20/05/11
 Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
 Si K Jadeite 18/05/11
 Fe K FeS2 18/05/11

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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

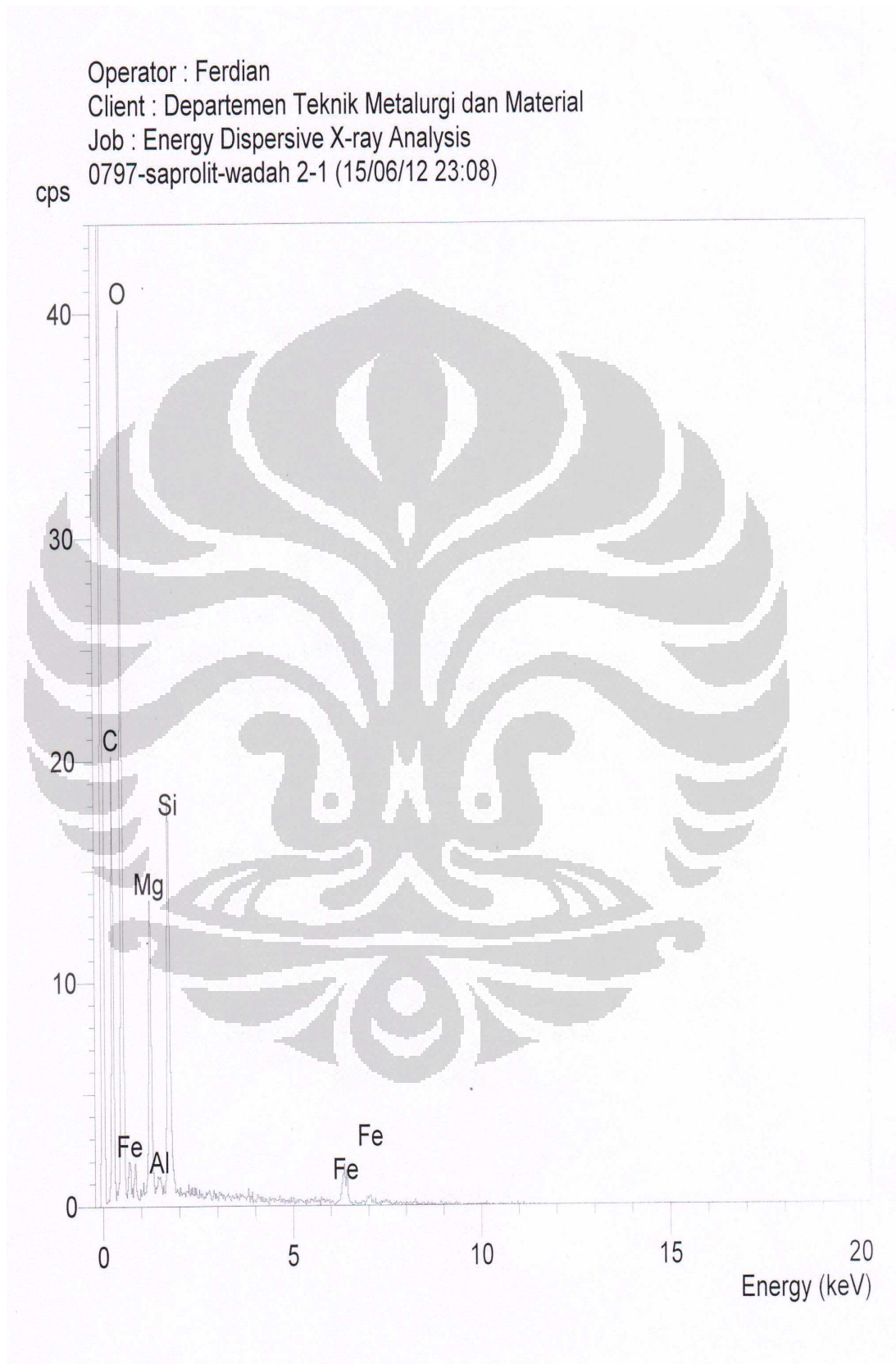
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

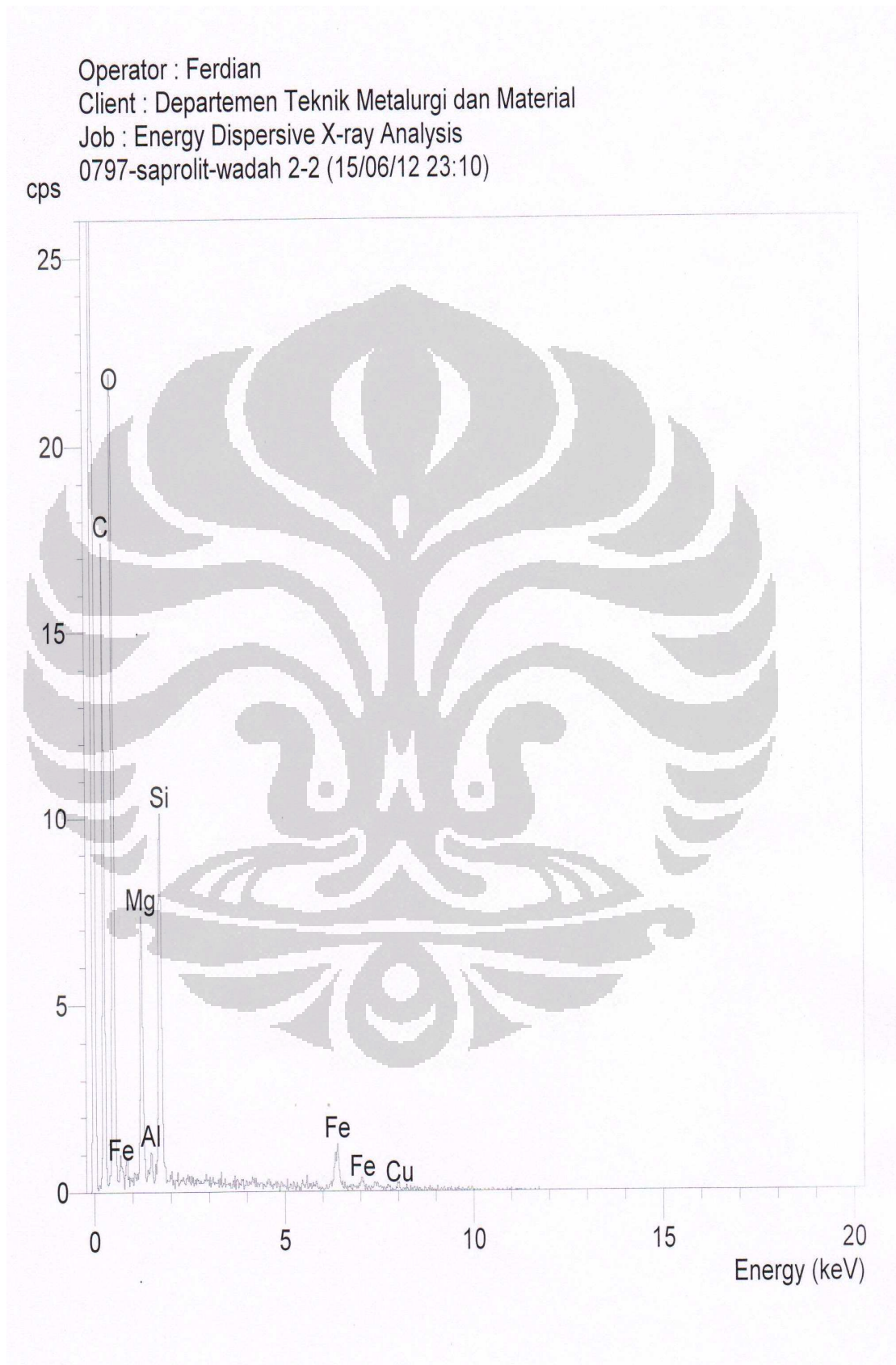
C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 20/05/11
 Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
 Al K AL2O3 20/05/11
 Si K Jadeite 18/05/11
 Fe K FeS2 18/05/11
 Cu K Copper 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

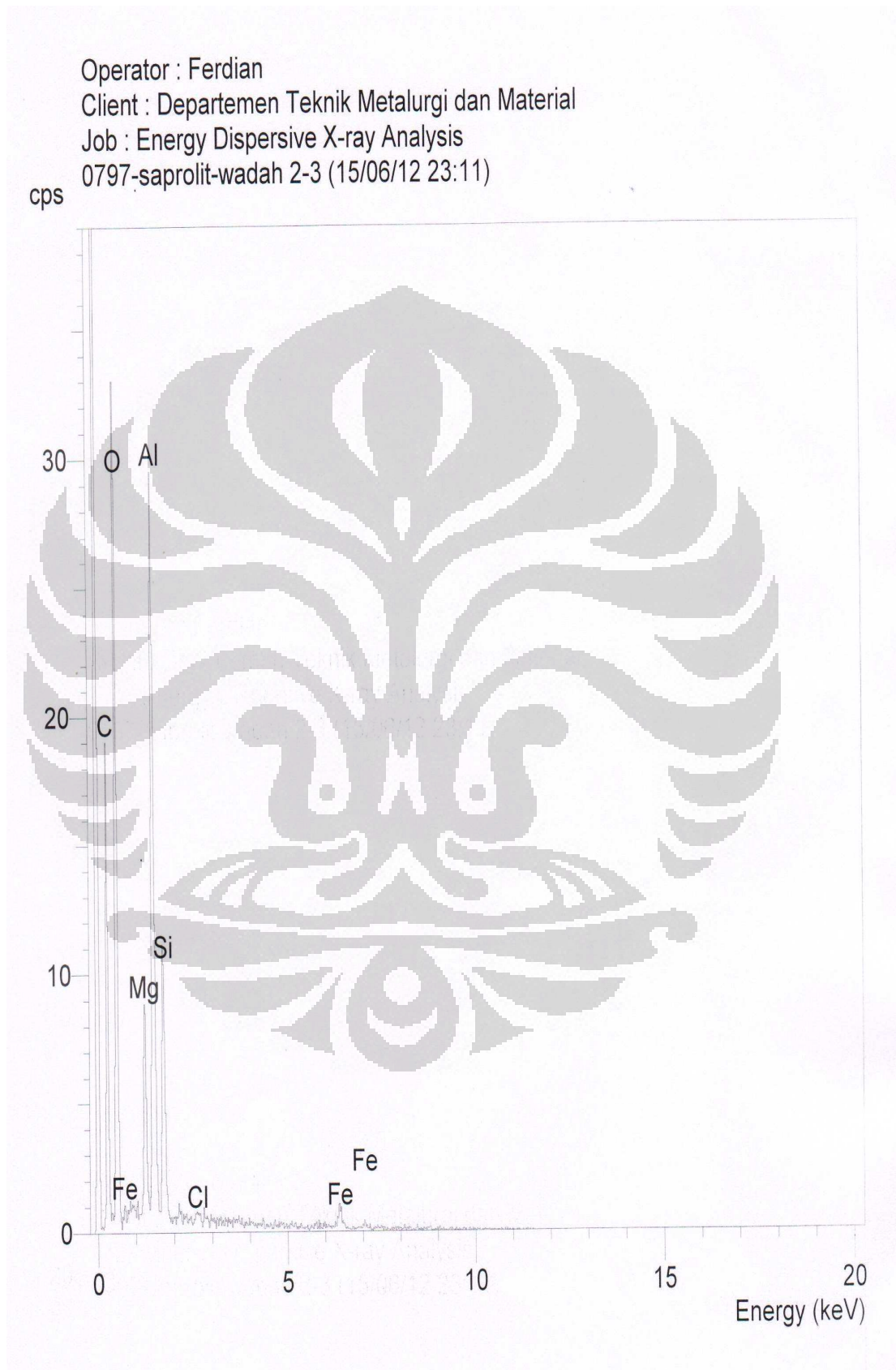
C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 20/05/11
 Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
 Al K AL2O3 20/05/11
 Si K Jadeite 18/05/11
 Cl K KCl 15/02/94
 Fe K FeS2 18/05/11

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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

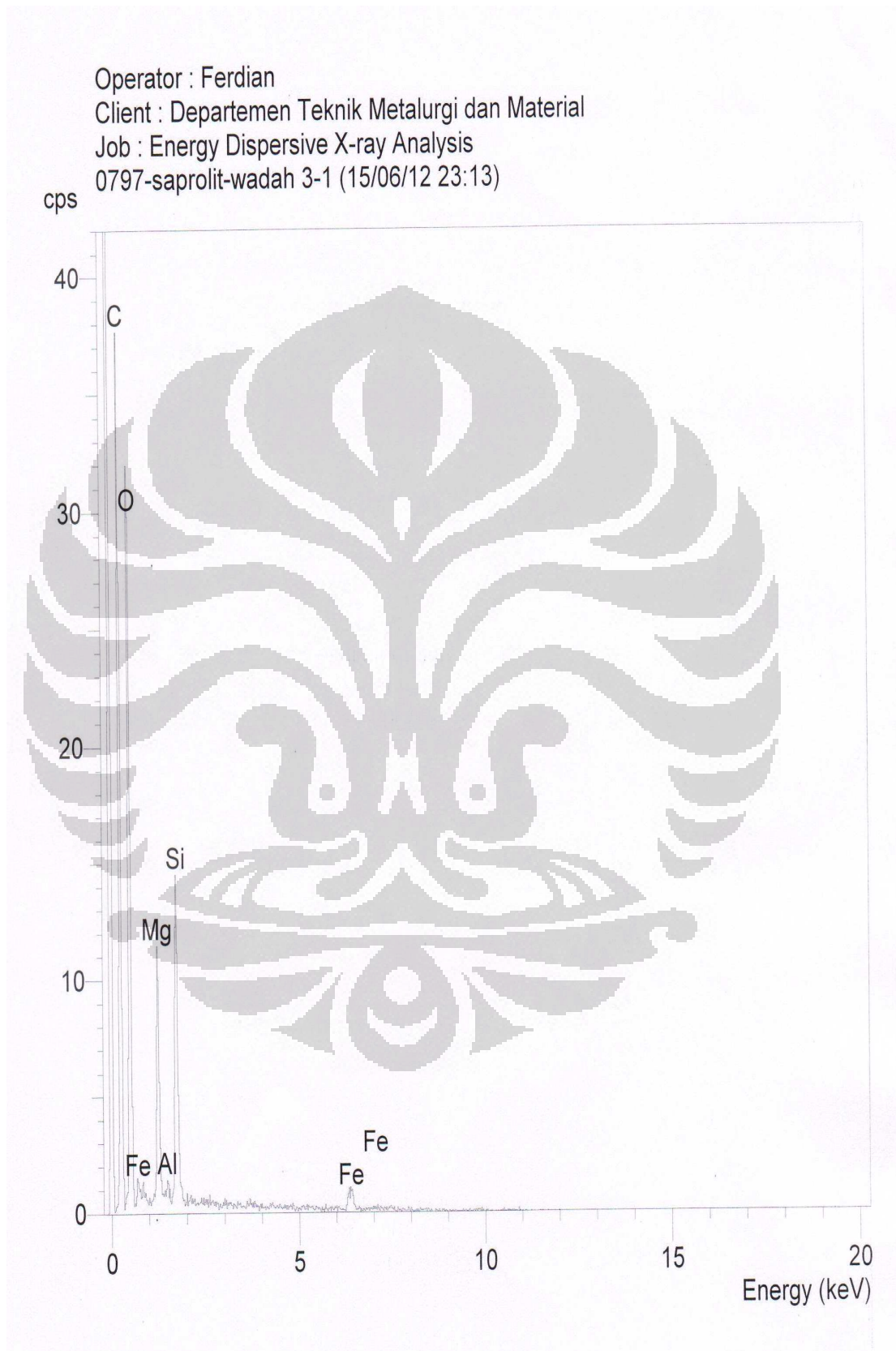
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Al K	AL2O3	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

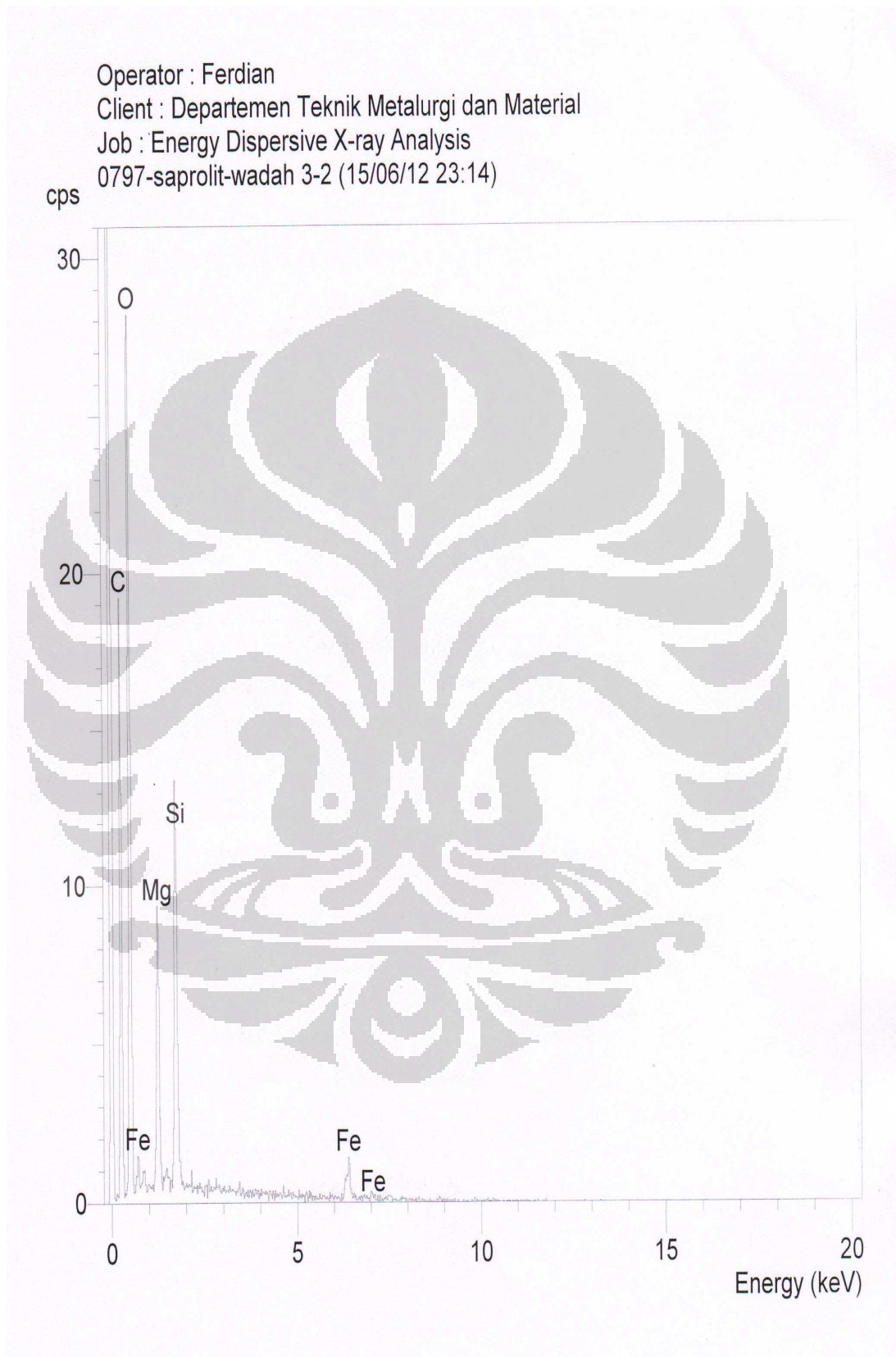
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

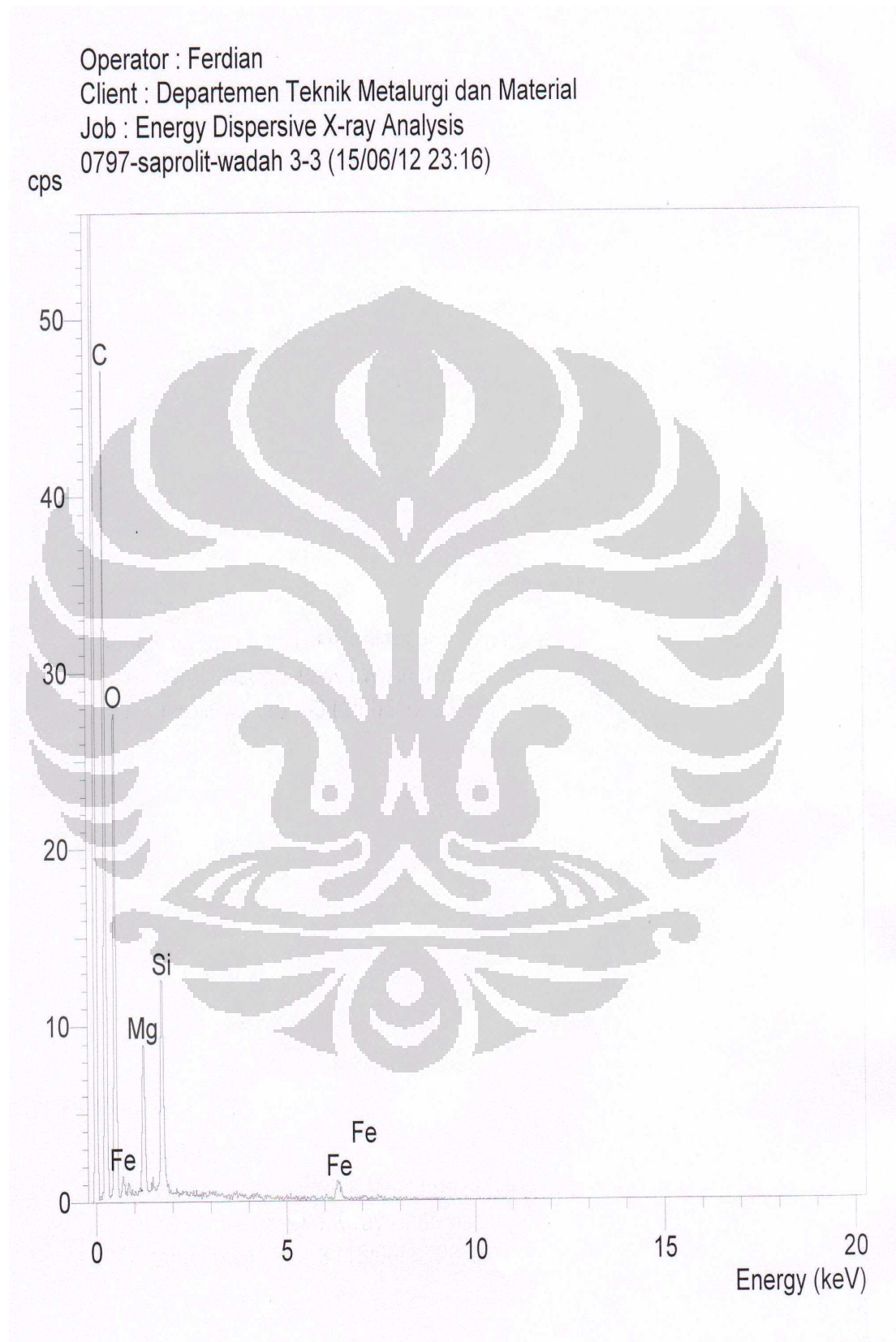
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

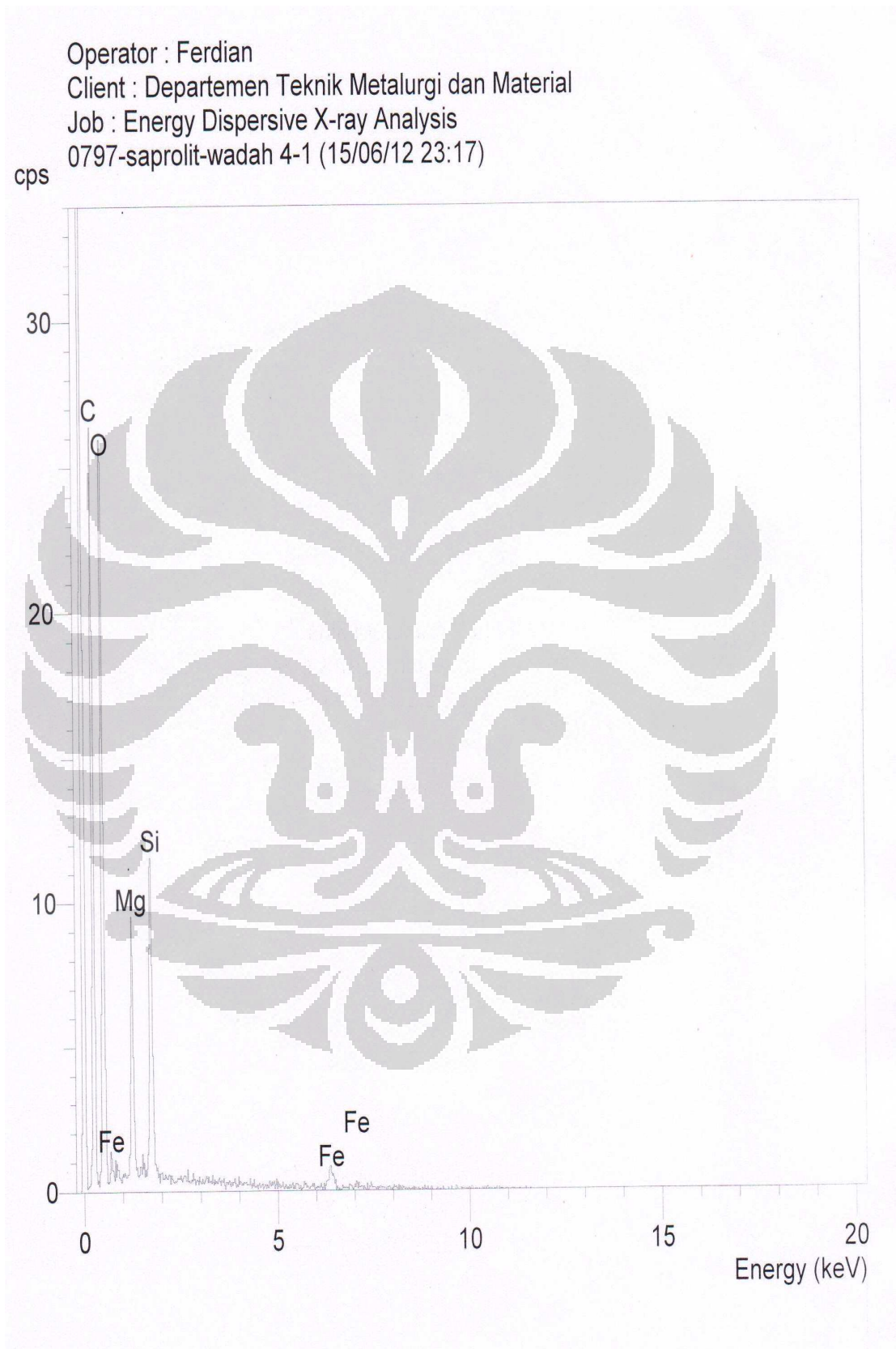
C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 20/05/11
 Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
 Si K Jadeite 18/05/11
 Fe K FeS2 18/05/11

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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

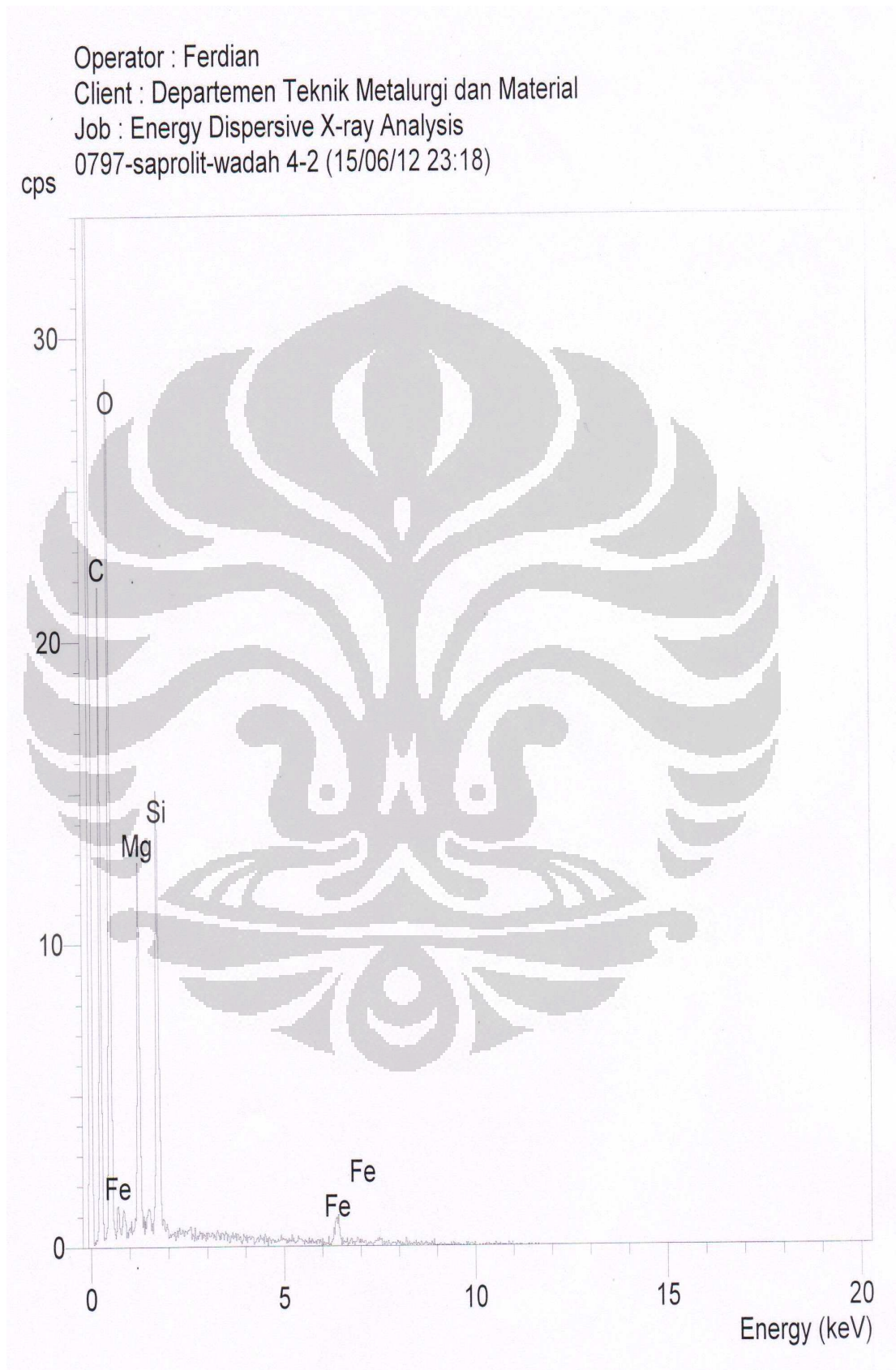
C K	Carbon Low	13/09/06
O K	AL2O3	20/05/11
Mg K	Magnesium Oxide	20/05/11
Si K	Jadeite	18/05/11
Fe K	FeS2	18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 2

(lanjutan)

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 :

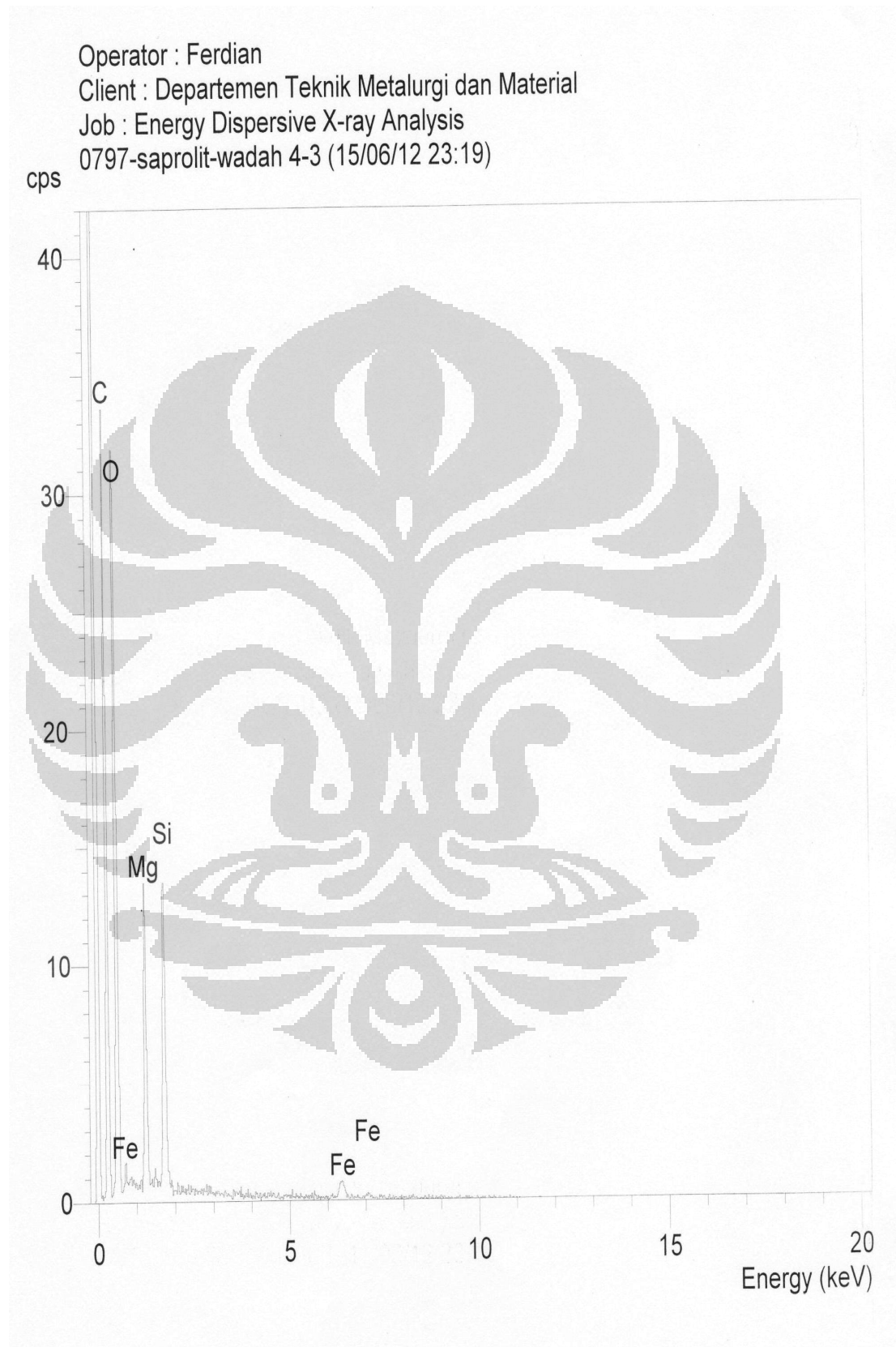
C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 20/05/11
 Mg K Magnesium Oxide 20/05/11
 Si K Jadeite 18/05/11
 Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
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

Lampiran 2

(lanjutan)



Lampiran 3 : Hasil AAS Saprolit Awal



**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

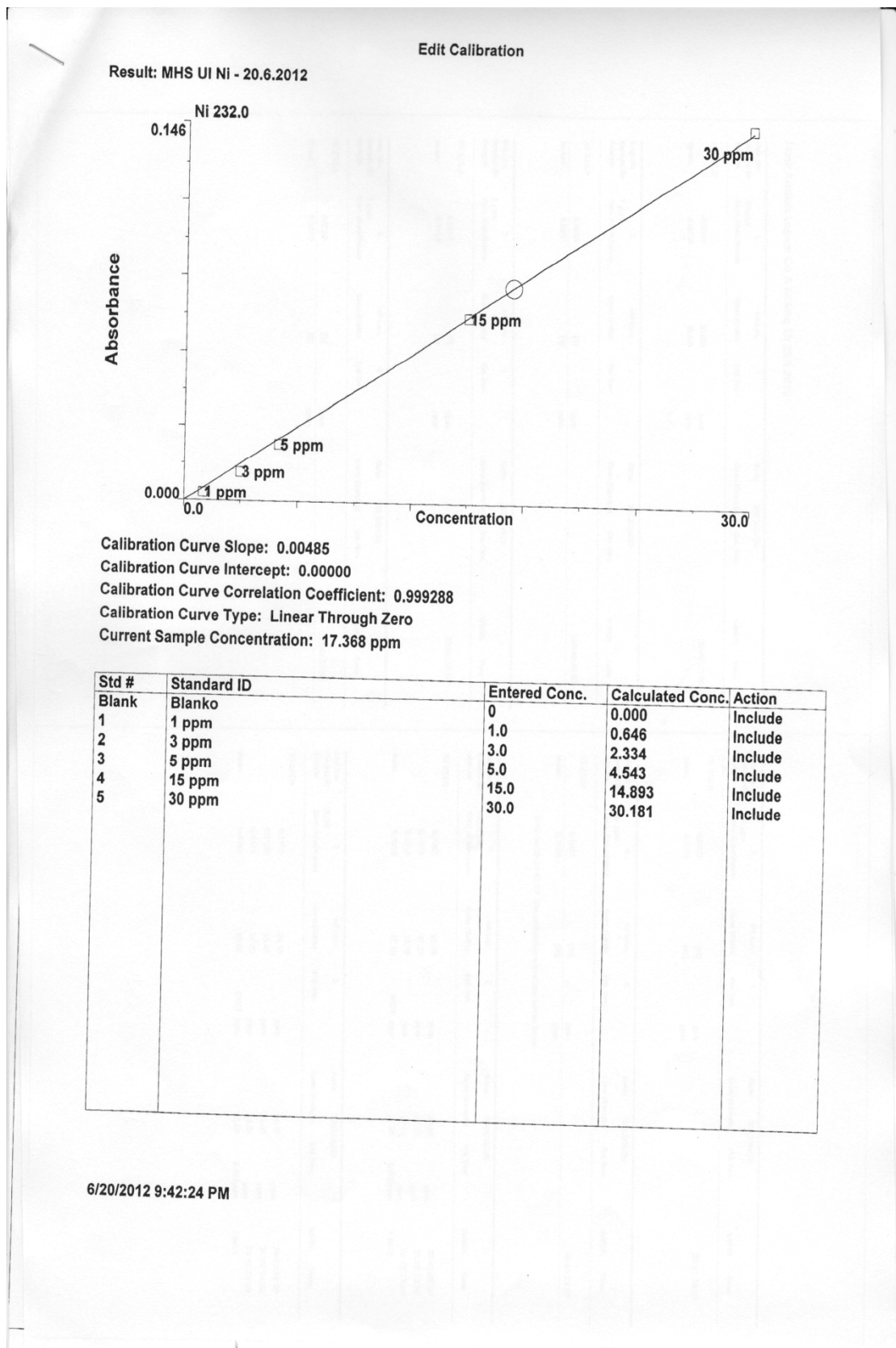
Jakarta, 20 Juni 2012
Kepala,



Dr. Fahma Wijayanti, M.Si
N.P. 196903172003122001

Lampiran 3

(lanjutan)




(lanjutan)

Lampiran 3

Seq. No.	Sample ID	Analys	AS Loc	Conc (Call)	Std Dev	Date	Conc (Sample)	Std Dev	%RSD	Time
10	HS2010.4 M	HS2010.4 M	3			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0556	11.48	ppm			11.48	ppm	20:44:30.00	
		0.0554	11.42	ppm			11.42	ppm	20:44:34.00	
		0.0567	11.69	ppm			11.69	ppm	20:44:39.00	
		0.0559	11.53	ppm			11.53	ppm	1:21:94	
		Mean:		0.141 ppm				0.141 ppm		
		Mean:								
11	Sepditi 1.00c	Sepditi 1.00c	5			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0083	1.711	ppm			1.711	ppm	20:46:01.00	
		0.0071	1.459	ppm			1.459	ppm	20:46:08.00	
		0.0055	1.327	ppm			1.327	ppm	20:46:12.00	
		0.0070	1.436	ppm			1.436	ppm	20:55:48	
		Mean:		0.2879 ppm				0.2879 ppm		
		Mean:								
12	Elimuti 1.00c	Elimuti 1.00c	6			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0057	1.178	ppm			1.178	ppm	20:46:40.00	
		0.0067	1.382	ppm			1.382	ppm	20:46:45.00	
		0.0059	1.218	ppm			1.218	ppm	20:46:49.00	
		0.0061	1.259	ppm			1.259	ppm	5:56:09	
		Mean:		0.1082 ppm				0.1082 ppm		
		Mean:								
13	Sepditi 1.00c	Sepditi 1.00c	5			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0021	19.01	ppm			19.01	ppm	20:53:24.00	
		0.0017	18.93	ppm			18.93	ppm	20:53:29.00	
		0.0056	18.69	ppm			18.69	ppm	20:53:34.00	
		0.0015	18.87	ppm			18.87	ppm	0.9191	
		Mean:		0.173 ppm				0.173 ppm		
		Mean:								
14	Elimuti 1.00c	Elimuti 1.00c	6			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0047	17.48	ppm			17.48	ppm	20:54:05.00	
		0.0037	17.28	ppm			17.28	ppm	20:54:09.00	
		0.0041	17.35	ppm			17.35	ppm	20:54:14.00	
		0.0042	17.37	ppm			17.37	ppm	0.6004	
		Mean:		0.104 ppm				0.104 ppm		
		Mean:								
15	Blanko	Blanko	1			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.3952	0.00	ppm			0.00	ppm	21:47:40.00	
		0.3952	0.00	ppm			0.00	ppm		
		Mean:		0.0000 ppm				0.0000 ppm		
		Mean:								
16	Blanko	Blanko	1			2012/06/20				
		Corr. Absorbance								
		0.0004	0.00	ppm			0.00	ppm	21:47:51.00	
		0.0004	0.00	ppm			0.00	ppm		
		Mean:		0.0004 ppm				0.0004 ppm		
		Mean:								

Lampiran 4 : Hasil AAS Saprolit Tanpa Reduksi Setelah Pelindihan



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

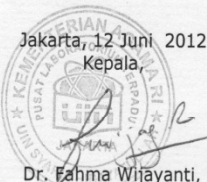
Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat 15412 Indonesia Telp. (62-21) 7401592 Fax. (62-21) 7495967
Website : www.uinjkt.ac.id Email : pltt@uinjkt.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN
No. Un.01/LT/OT.01.6/0022/2012

Nomor Order : 0022 Pelanggan : Mahasiswa UI
Tanggal diterima : 8 Juni 2012 Kontak Person : Andre Yosi
Sampel Matrik : Cair Alamat : Depok

Lab ID	Sampel ID	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
0022	NH ₄ HCO ₃ 1 M	Ni	mg/L	0,08	FAAS

Jakarta, 12 Juni 2012
Kepala,



Dr. Fahma Wijayanti, M.Si

Lampiran 5 : Hasil AAS Saprolit Terduksi Setelah Pelindihan



**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 : pht@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.

(lanjutan)

Lampiran 5

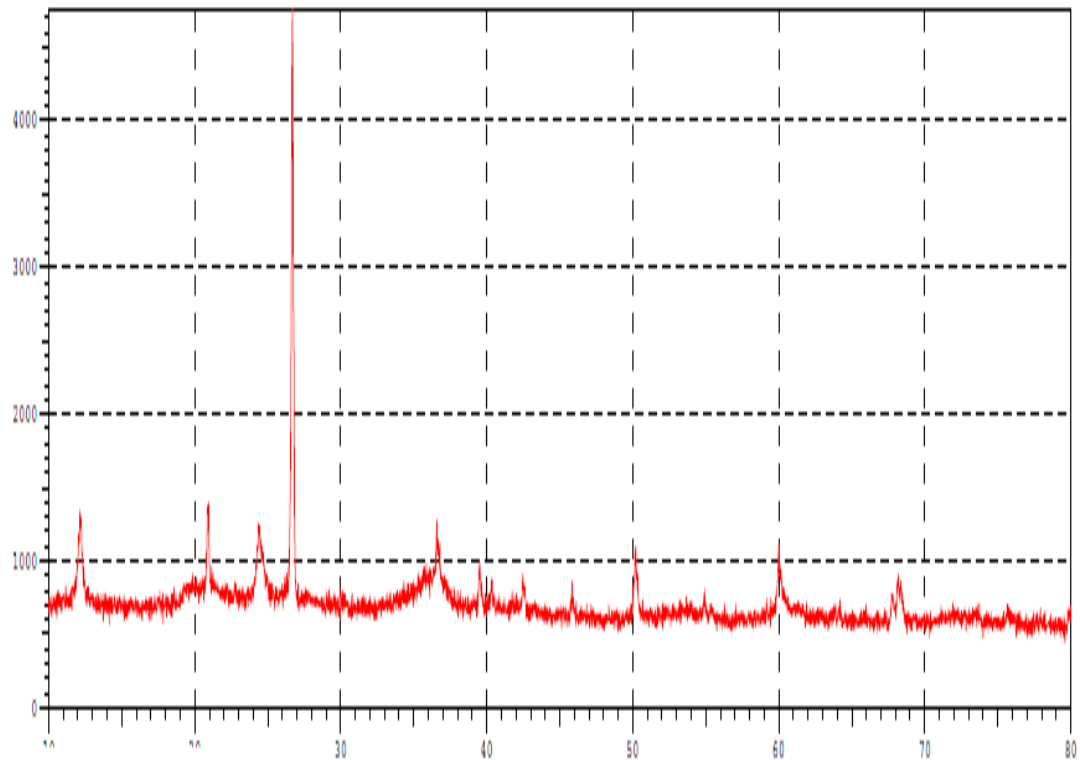
Hasil Analisis Unsur Ni MHS UI										
Seq. No.	Sample ID	Conc. Absorbance	Conc (Call)	Std. Dev.	Date	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time	
1	Blanko				2012/06/11					
NI 232.0	1.1429	[0.00]	[0.00]					23.37.12.00		
Mean:	1.1429	[0.00]	[0.00]							
Seq. No.	2	Blanko	AS Loc:	1	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	Blanko	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	-0.0037	[0.00]	[0.00]					23.37.23.00		
Mean:	-0.0037	[0.00]	[0.00]							
Seq. No.	3	1 ppm	AS Loc:	2	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	1 ppm	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.0061	[1]	[1]					23.37.42.00		
Mean:	0.0061	[1]	[1]							
Seq. No.	4	3 ppm	AS Loc:	3	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	3 ppm	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.0079	[3]	[3]					23.38.09.00		
Mean:	0.0079	[3]	[3]							
Seq. No.	5	5 ppm	AS Loc:	4	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	5 ppm	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.1029	[5]	[5]					23.38.30.00		
Mean:	0.1029	[5]	[5]							
Seq. No.	6	15 ppm	AS Loc:	5	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	15 ppm	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.4328	[15]	[15]					23.38.56.00		
Mean:	0.4328	[15]	[15]							
Seq. No.	7	30 ppm	AS Loc:	6	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	30 ppm	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.6842	[30]	[30]					23.39.22.00		
Mean:	0.6842	[30]	[30]							
2012/06/11 23:39:26 The calibration curve may not be linear.										
Seq. No.	8	NH ₄ CO ₃ 1M	AS Loc:	1	Date:	2012/06/11	Conc (Sample)	Std. Dev.	%RSD	Time
Sample ID:	NH ₄ CO ₃ 1M	Conc (Call)	Std. Dev.							
NI 232.0	0.0079	0.289	0.289					23.40.33.00		
Mean:	0.0079	0.289	0.289							

Lampiran 5

(lanjutan)

Seq. No.	9	AS Lact:	2	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	NH4HCO3 2M	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.00986	0.334	ppm	0.334	ppm	23.41:03.00	
Mean:	0.00986	0.334		0.334	ppm		
Seq. No.	10	AS Lact:	3	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	NH4HCO3 3M	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.0196	0.664	ppm	0.664	ppm	23.41:29.00	
Mean:	0.0196	0.664		0.664	ppm		
Seq. No.	11	AS Lact:	4	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	NH4HCO3 4M	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.0164	0.558	ppm	0.556	ppm	23.41:34.00	
Mean:	0.0164	0.558		0.556	ppm		
Seq. No.	12	AS Lact:	5	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	H2SO4 1M A	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.2097	10.18	ppm	10.18	ppm	23.42:22.00	
Mean:	0.2097	10.18		10.18	ppm		
Seq. No.	13	AS Lact:	6	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	H2SO4 1M B	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.6829	22.19	ppm	22.19	ppm	23.42:43.00	
Mean:	0.6829	22.19		22.19	ppm		
Seq. No.	14	AS Lact:	6	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	H2SO4 1M C (10x)	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.1205	4.084	ppm	4.084	ppm	23.44:32.00	
Mean:	0.1205	4.084		4.084	ppm		
Seq. No.	15	AS Lact:	7	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	H2SO4 1M C (10x)	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.0881	2.893	ppm	2.893	ppm	23.46:00.00	
Mean:	0.0881	2.893		2.893	ppm		
Seq. No.	16	AS Lact:	8	Date:	2012/06/11	%RSD:	Time
Sample ID:	H2SO4 1M D (10x)	Conc (Call)	Std. Dev.	Conc (Sample)	Std. Dev.		
Analyte	Conc. Absorbance						
Ni 232.0	0.0630	2.142	ppm	2.142	ppm	23.47:25.00	
Mean:	0.0630	2.142		2.142	ppm		

Lampiran 6 : Grafik Hasil XRD Saprolit Sebelum Reduksi Pemanggangan



Lampiran 7 : Grafik Hasil XRD Saprolit Setelah Reduksi Pemanggangan

