



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGGUNAAN KOLEKTOR ASAM STEARAT DAN
FROTHER ASAM KRESILAT PADA PROSES FLOTASI BIJIH
NIKEL LIMONIT**

SKRIPSI

Ahmad Zakiyuddin

0405040066

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGGUNAAN KOLEKTOR ASAM STEARAT DAN
FROTHER ASAM KRESILAT PADA PROSES FLOTASI BIJIH
NIKEL LIMONIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Tarjana Teknik

Ahmad Zakiyuddin

0405040066

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL

KEKHUSUSAN LOGAM

DEPOK

DESEMBER 2009

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PENGUNAAN KOLEKTOR ASAM STEARAT DAN FROTHER ASAM KRESILAT PADA PROSES FLOTASI BIJIH NIKEL LIMONIT

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Logam Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya

Depok, 30 Desember 2009

Ahmad Zakiyuddin

NPM 0405040066.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ahmad Zakiyuddin
NPM : 0405040066
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Penggunaan Kolektor Asam Stearat dan Frother
Asam Kresilat Pada Proses Flotasi Bijih Nikel
Limonit

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Sri Harjanto ()

Penguji 1 : Ir. Andi Rustandi, MT ()

Penguji 2 : Deni Ferdian, ST, MSc. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Sri Harjanto, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga saya, terutama ayah dan ibu saya yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada saya.
3. Ilham Firmansyah, Khalid Mawardi, Irwan, Mutiarto Banggalino, Reza "buncit" MU, Aulia Irsyadi, Arya "jemet" dan Agung Prihantono serta teman – teman metalurgi dan material 2005 lainnya.

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

Depok, 30 Desember 2009

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Ahmad Zakiyuddin
NPM : 0405040066
Program Studi : Logam
Departemen : Teknik Metalurgi Material
Fakultas : Teknik Universitas Indonesia
Jenis karya : Skripsi

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

**PENGGUNAAN KOLEKTOR ASAM STEARAT DAN
FROTHER ASAM KRESILAT PADA PROSES FLOTASI BIJIH
NIKEL LIMONIT**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Desember 2009

Yang menyatakan

Ahmad Zakiyuddin

ABSTRAK

Ahmad Zakiyuddin

NPM 0405040066

Departemen Metalurgi dan Material

PENGGUNAAN KOLEKTOR ASAM STEARAT DAN FROTHER ASAM KRESILAT PADA PROSES FLOTASI BIJIH NIKEL LIMONIT

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki deposit laterit yang cukup tinggi, khususnya pulau Sulawesi, sehingga Indonesia memiliki bahan baku yang cukup untuk memproduksi *ferronickel*. Di dalam lapisan laterit, limonit memiliki kadar Ni yang cukup rendah yaitu sekitar 0,8-1,5%. Kadar yang tidak ekonomis untuk dilakukan proses reduksi.

Tujuan dari skripsi ini adalah mengetahui pengaruh penambahan kadar *collector* asam stearat serta *frother* asam kresilat terhadap perolehan unsur nikel yang terbentuk (nilai % *recovery* Ni) dari bijih limonit setelah dilakukan proses flotasi, serta mengetahui kombinasi yang tepat antara *collector* dan *frother* sehingga dihasilkan nilai % *recovery* yang optimum.

Pada penelitian ini, *collector* yang digunakan adalah asam stearat dengan konsentrasi sebesar 500g/ton, 1000g/ton, 1500g/ton, 2000g/ton, dan 2500g/ton. Sementara *frother* yang digunakan adalah asam kresilat dengan konsentrasi sebesar 100g/ton, 175g/ton, dan 250g/ton. Dengan volume larutan yang digunakan adalah sebanyak 300ml larutan, dan dengan kecepatan agitator sebesar 1750rpm selama 6 menit. Uji komposisi kimia sebelum dan setelah penelitian dilakukan sebagai parameter untuk memastikan pengaruh dari proses flotasi yang dilakukan. Proses pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan XRD serta XRF.

Hasil perhitungan % *recovery* Nikel menunjukkan kecenderungan turun seiring penambahan *collector* kemudian seiring dengan meningkatnya jumlah *collector* pada sampel buih baik pada Ni maupun Fe (optimum pada penambahan *collector* sebesar 2500g/ton dan *frother* sebesar 100g/ton).

Kata kunci: Flotasi, nikel limonit, nikel kadar rendah

ABSTRACT

Ahmad Zakiyuddin

NPM 0405040066

Metallurgy and Material Engineering

THE USE OF STEARIC ACID COLLECTOR AND CRESYLIC ACID FROTHER ON THE FLOTATION PROCEE OF NICKEL LIMONITE ORE

Indonesia is one of the country that has high deposit of laterit ore, especially Sulawesi Island, thus Indonesia has enough raw material to produce ferronickel. In the lateritic layer, limonite has low grade content of Ni and its about 0,8-1,5%. It is less economic to use reduction process.

The aim of this research is to know the effect of stearic acid and cresylic acid content addition to the recovery of Ni from Limonite after flotation process. It also to know the best combination between collector and frother to get optimum recovery of Ni or Fe.

On this research, the collector that used is stearic acid with its concentration about 500g/ton, 1000g/ton, 1500g/ton, 2000g/ton, and 2500g/ton. The frother that used in this research is cresylic acid with its concentration is 100g/ton, 175g/ton, and 250g/ton. Using pulp density about 300cc with agitator speed is 1750rpm as long as 6 minutes. Chemical test of raw material and sample after flotation process is using XRD and XRF.

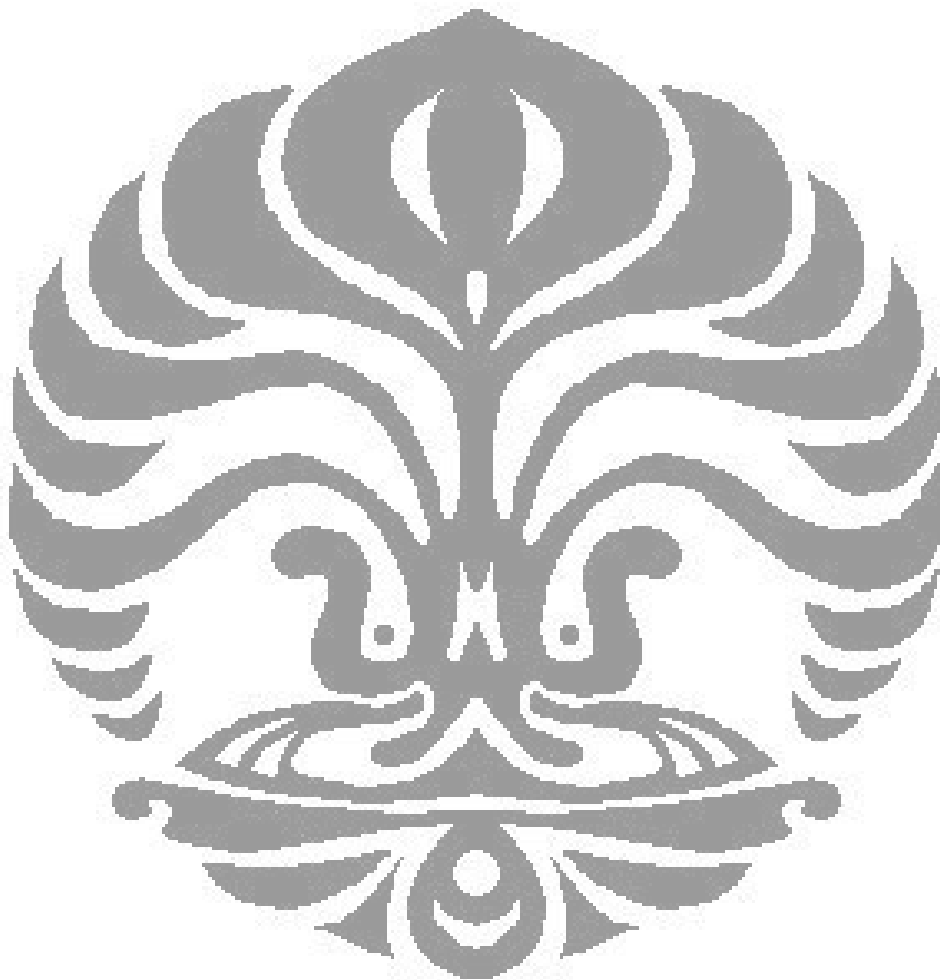
The result of recovery calculation shows that the % recovery tend to decrease at the first addition of collector, but it increase together with addition of collector on the froth sample both on Ni and Fe (optimum when collector 2500g/ton and frother 100g/ton).

Keyword: Flotation, limonitic nickel ore, Low grade nickel

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR ISI | 1 |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 3 |
| 1.1 LATAR BELAKANG..... | 3 |
| 1.2 TUJUAN PENELITIAN..... | 4 |
| 1.3 RUANG LINGKUP KAJIAN..... | 4 |
| 1.4 BATASAN..... | 5 |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 NIKEL DAN BIJIH LIMONITE..... | 7 |
| 2.2 FLOTASI..... | 9 |
| 2.3 KOLEKTOR..... | 12 |
| 2.4 FROTHER..... | 14 |
| 2.5 MODIFIER..... | 15 |
| 2.6 RECOVERY..... | 16 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 19 |
| 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN..... | 19 |
| 3.2 PROSEDUR PENELITIAN..... | 20 |
| 3.2.1 Peralatan..... | 20 |
| 3.2.2 Bahan..... | 20 |
| 3.2.3 Tahapan Peneltian..... | 20 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 26 |
| 4.1 SENYAWA PADA FLOTASI..... | 26 |
| 4.2 SEPARASI..... | 28 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.3 PENGARUH KONDISI FLOTASI..... | 33 |
| BAB V KESIMPULAN | 35 |
| DAFTAR TABEL | 36 |
| Tabel Distribusi Logam Ni | 38 |
| Tabel Distribusi Logam Fe..... | 43 |
| DAFTAR LAMPIRAN | 48 |
| DAFTAR ACUAN..... | 81 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan perkembangan dunia yang semakin pesat, kebutuhan akan material mutakhir semakin banyak. Nikel merupakan salah satu material yang punya peranan penting dalam rangka perkembangan teknologi dan nikel juga merupakan paduan utama dari material- material super yang beroperasi pada kondisi ekstrim pada industry. Seperti, pada turbin roket yang beroperasi pada temperature tinggi dan kecepatan tinggi, paduan utama yang digunakan dan tidak dapat digantikan adalah nikel. Selain itu, pada material tahan panas dan tahan aus juga memerlukan nikel sebagai paduan utamanya.

Sejak pertama kali ditemukan, nikel diekstraksi dengan menggunakan proses pyrometallurgi karena kadar nikel dalam bijih yang cukup besar serta mineral ikutannya yang juga masih sedikit. Namun, lama kelamaan jumlah deposit bijih nikel dengan kadar tinggi mulai sulit diperoleh karena cadangan di bumi sudah mulai berkurang. Deposit nikel di alam ada dua jenis (yang bernilai ekonomis untuk diolah) yaitu konsentrasi residual nikel silika hasil pelapukan batuan beku ultrabasa yang sering disebut endapan nikel Laterit dan deposit nikel sulfida yang terbentuk akibat injeksi magma.

Limonite merupakan salah satu mineral penyusun laterit. Kandungan nikel pada bijih limonite berkisar antara 0,8-1,5% Ni^[1]. Bijih limonite ini juga mengandung beberapa logam lain ikutan yaitu cobalt dan Fe. Bijih limonite dapat ditemukan dalam jumlah besar di beberapa tempat di dunia termasuk di Indonesia, dan merupakan cadangan bijih nikel yang cukup besar. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki deposit laterit yang cukup tinggi, khususnya pulau Sulawesi, sehingga Indonesia memiliki bahan baku yang cukup untuk memproduksi *ferronickel* yang selanjutnya dapat diteruskan menjadi bahan baku untuk menghasilkan baja tahan karat.

Proses pemurnian bijih nikel yang umum dipakai adalah dengan menggunakan metode pyrometallurgi. Namun, karena kadar nikel dalam bijih yang relatif kecil (hanya berkisar antara 0,8-1,5%)^[1]. Maka, dibutuhkan energi dalam jumlah yang besar untuk mengolah bijih nikel tersebut yang menjadikan proses ini tidak mempunyai nilai ekonomis. Oleh karena itu, kadar nikel perlu ditingkatkan agar pada saat proses pemurnian menggunakan pyrometallurgi berjalan lebih efisien. Hal tersebut merupakan alasan dipilihnya proses flotasi untuk meningkatkan kadar dari limonite sehingga proses pyrometalurgi yang akan dilakukan selanjutnya menjadi lebih efektif dengan kadar yang lebih tinggi.

Selain itu, dengan disahkannya Undang-undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, maka semua hasil tambang tidak dapat langsung dieksor ke luar negeri dan harus mengalami proses pengolahan di dalam negeri untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Flotasi merupakan salah satu proses pengolahan mineral yang cukup sederhana dan murah untuk diaplikasikan dalam proses peningkatan nilai ekonomis dari barang tambang yang akan dijual ke luar negeri.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengetahui perbandingan antara *collector* dengan *frother* yang efektif pada flotasi bijih limonite dengan pulp density 300gram/liter.
- Mengetahui pengaruh penambahan maupun konsentrasi *collector* serta *frother* terhadap nilai *recovery* nikel yang didapatkan pada flotasi bijih limonite.

1.3 RUANG LINGKUP KAJIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan collector dengan frother terhadap peningkatan kadar nikel pada konsentrat yang dihasilkan. Oleh karena itu, dicari jumlah collector serta frother dengan perbandingan yang tepat sehingga diperoleh senyawa nikel yang optimum, setelah dilakukan

pengujian *X-Ray Diffraction (XRD)*. Untuk mengetahui nilai *recovery* kadar nikel setelah proses flotasi, dilakukan pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*.

- Material
 - Biji Limonite
 - Collector berupa Stearic Acid dengan variasi penambahan 500g/ton, 1000g/ton, 1500g/ton, 2000g/ton, dan 2500g/ton.
 - Frother berupa Cresilyc Acid dengan variasi penambahan 100g/ton, 175g/ton, dan 250g/ton.
- Parameter Penelitian
 - Penambahan collector sebanyak 500g/ton, 1000g/ton, 1500g/ton, 2000g/ton, dan 2500g/ton kedalam limonite yang telah ditambahkan dengan frother masing-masing sebanyak 100g/ton, 175g/ton, dan 250g/ton.
 - Karakterisasi sampel limonite dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *X-Ray Fluoresence (XRF)*.

1.4 BATASAN

Batasan-batasan pada penelitian ini antara lain:

- Variabel yang dijaga tetap konstan adalah:
 - Ukuran biji yang digunakan adalah undersize 200mesh
 - Pulp density 300g/l
 - *Collector* yang digunakan adalah *Stearic Acid*
 - *Frother* yang digunakan adalah *Cresilyc Acid*
 - Kecepatan putaran agitator 1750rpm selama 6 menit
- Variabel yang berubah adalah:
 - Dosis *collector* yang dipakai adalah 500g/ton, 1000g/ton, 1500g/ton, 2000g/ton, dan 2500g/ton
 - Dosis *frother* yang dipakai adalah 100g/ton, 175g/ton, dan 250g/ton

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan disusun sedemikian rupa sehingga konsep dalam penulisan skripsi menjadi berurutan sehingga akan didapat kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

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 analisa 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 NIKEL DAN BIJIH LIMONITE

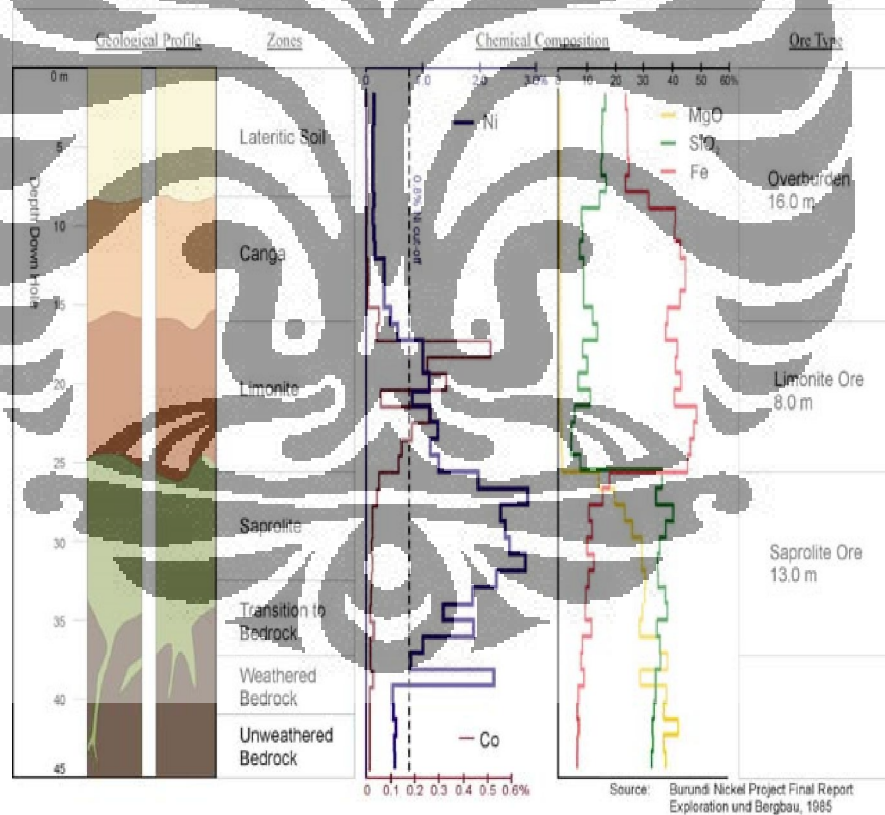
Nikel adalah logam putih keperak-perakan, bila dipadukan dengan logam lain, akan meningkatkan kekuatan, ketangguhan dan ketahanan korosi paduannya. Merupakan logam transisi yang keras dan juga ulet, umumnya terdapat dalam bentuk kombinasi dengan belerang dan besi pada *pentlandite* (Ni,Fe)₉S₈, dengan 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 pada uang logam, untuk pelapis baja, untuk zat-zat kimia, dan sebagai *alloying element* pada beberapa logam paduan. Nikel bersifat magnetik, dan sering dijumpai bersama kobalt.

Nikel merupakan logam terbanyak ke-24 yang ada dikulit bumi dengan konsentrasi sekitar 0,008%^[1]. Meskipun keberadaan nikel lebih banyak dibandingkan dengan tembaga, seng, maupun timbal namun hanya sedikit dari bijihnya yang bernilai ekonomis untuk diolah. Nikel pertama kali diisolasi oleh seorang mineralogist berkebangsaan swedia Axel Cronstedt pada tahun 1751^[1]. Kemudian pada tahun 1804 Jeremias Richter mampu mendapatkan sampel yang lebih murni, serta mampu menggambarkan properties dari logam Nikel tersebut.

Nikel banyak digunakan pada berbagai produk industry, termasuk stainless steel, magnet, koin, dan paduan-paduan khusus. Nikel juga digunakan sebagai pelapis dan sebagai pewarna hijau pada kaca. Penggunaan nikel meliputi; paduan baja (60%), paduan Ni-Cu dan Ni-Ag (14%), superalloys (9%), plating (6%), besi tuang nikel (3%), paduan tahan panas dan listrik (3%), kuningan dan perunggu (2%), lain-lain(3%).

Ada dua jenis bijih nikel yang bernilai ekonomis untuk diolah, yaitu bijih sulfida dan bijih oksida atau yang mengandung silikat. Kadar bijih nikel yang bernilai ekonomis untuk diolah mempunyai kadar laterit (0,2%-0,3%Ni), limonite (0,8-1,5% Ni) yang juga mengandung besi oksida, dan garnierite (20%-40% Ni) yang tinggi akan kadar MgO.

Bijih nikel *laterite* terbagi dalam 3 jenis mineral, skema dari profil laterite dapat dilihat pada Gambar 2.1. Mineral pertama dalam deposit bijih *laterite* adalah *nikelferous-limonite* $(\text{Fe,Ni})\text{O}(\text{OH})\cdot n\text{H}_2\text{O}$ yang mengandung 0.8 - 1.5 % nikel yang terasosiasi dengan mineral *goethite* (besi oksihidroksil FeOOH). *Limonite* terletak pada daerah dekat dengan permukaan. Kedua adalah *garnierite* $(\text{Ni,Mg})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ dapat ditemukan pada bagian paling bawah atau tepat di atas lapisan batuan dasar (*bed rock*), *garnierite* memiliki rumus kimia $(\text{Ni,Mg})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$. Sedangkan yang ketiga adalah daerah antara limonite dan garnierite disebut daerah transisi atau *saprolite*, mineral ini terdiri dari beberapa magnesium silikat. Pada profil lapisan deposit tersebut dengan semakin meningkatnya kedalaman maka kandungan besi dan kobalt akan semakin berkurang sedangkan kandungan magnesia, silika dan nikel akan semakin meningkat.



Gambar 2.1 Lapisan Penyusun Laterite^[2]

| Idealized laterite | Approximate analysis, % | | | | | Extractive procedure |
|------------------------|-------------------------|--------------|----------|--------------------------------|----------|-----------------------------------|
| | Ni | Co | Fe | Cr ₂ O ₃ | MgO | |
| Hematitic cap. | <0.8 | <0.1 | >50 | >1 | <0.5 | Overburden to stockpile |
| Nickeliferous limonite | 0.8 to 1.5 | 0.1 to 0.2 | 40 to 50 | 2 to 5 | 0.5 to 5 | Hydrometallurgy |
| Altered peridotite | 1.5 to 1.8 | 0.02 to 0.1 | 25 to 40 | 1 to 2 | 5 to 15 | Hydrometallurgy or pyrometallurgy |
| Unaltered peridotite | 1.8 to 3 | | 10 to 25 | | 15 to 35 | Pyrometallurgy |
| | 0.25 to 0.02 | 0.01 to 0.02 | 5 | 0.2 to 1 | 35 to 45 | Left in situ |

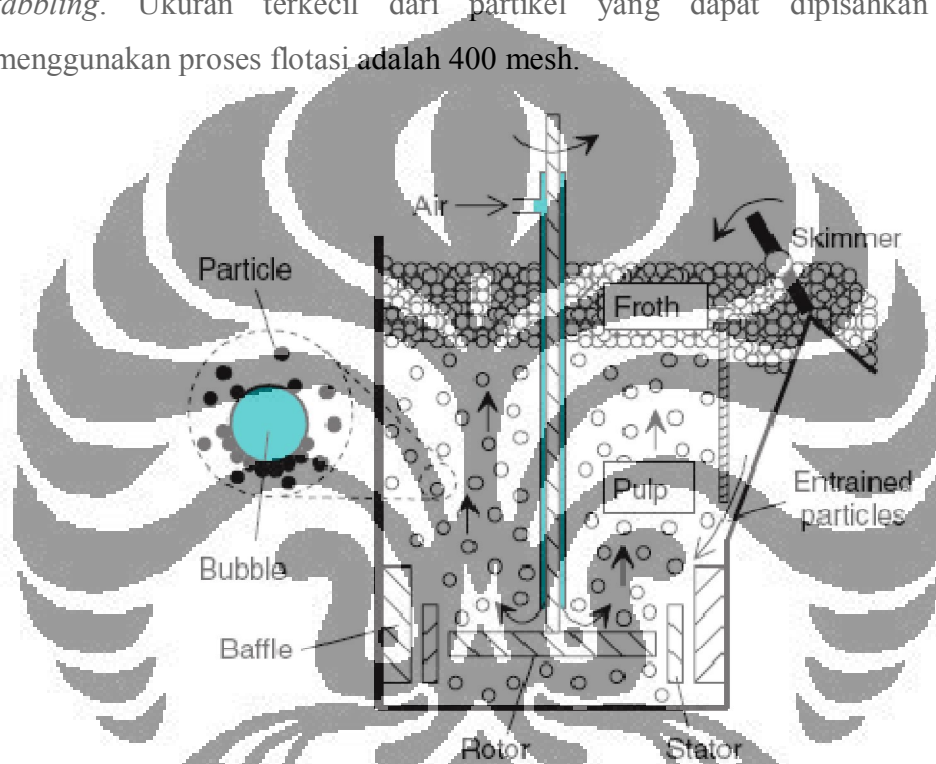
Gambar 2.2 Lapisan Penyusun Laterite dan Prosedur Ekstraksi^[1]

Perbedaan antara mineral limonitic dan mineral silicate mempengaruhi metode yang digunakan untuk recovery nikel-nya (Gambar 2.2). Silicate yang secara kimia dan mineralnya heterogen dan membutuhkan metode proses yang cukup fleksibel, umumnya diproses dengan metode pirometalurgi. Sedangkan limonit yang secara mineral dan komposisinya bersifat homogen, maka proses hidrometalurgi sangat cocok untuk limonit. Meskipun demikian, proses hidrometalurgi yang diaplikasikan pada bijih limonit umumnya hanya untuk menaikkan kadar dari nikel untuk selanjutnya akan digunakan proses pirometalurgi untuk mereduksi logam nikel.

2.2 FLOTASI

Flotasi merupakan salah satu proses pemisahan mineral dari mineral pengganggu dengan memanfaatkan perbedaan hidrophobisitas antara mineral berharga dengan mineral pengganggu. Perbedaan sifat hidrophobisitas antara mineral berharga dengan mineral pengganggu akan meningkat seiring dengan penambahan surfactant. Pemisahan mineral secara selektif membuat proses ekstraksi mineral logam yang kompleks menjadi lebih mudah. Proses flotasi biasanya banyak digunakan pada proses separasi bijih sulfide, karbonat, dan oksida untuk proses pemurnian lebih lanjut.

Partikel yang bersifat *hydrophilic* akan tinggal pada larutan. Perbedaan massa jenis antara gelembung udara dan air akan menyebabkan partikel yang bersifat *hydrophobic* akan terangkat ke permukaan, sehingga dapat dilakukan pemisahan. Flotasi gelembung biasanya digunakan untuk memisahkan partikel dengan massa jenis dan ukuran yang hampir sama. Proses flotasi ini juga berguna untuk pemisahan partikel yang ukurannya dibawah 150 mesh, yaitu ukuran yang terlalu kecil untuk pemisahan dengan metode gravitasi menggunakan *jigging* atau *tabbling*. Ukuran terkecil dari partikel yang dapat dipisahkan dengan menggunakan proses flotasi adalah 400 mesh.



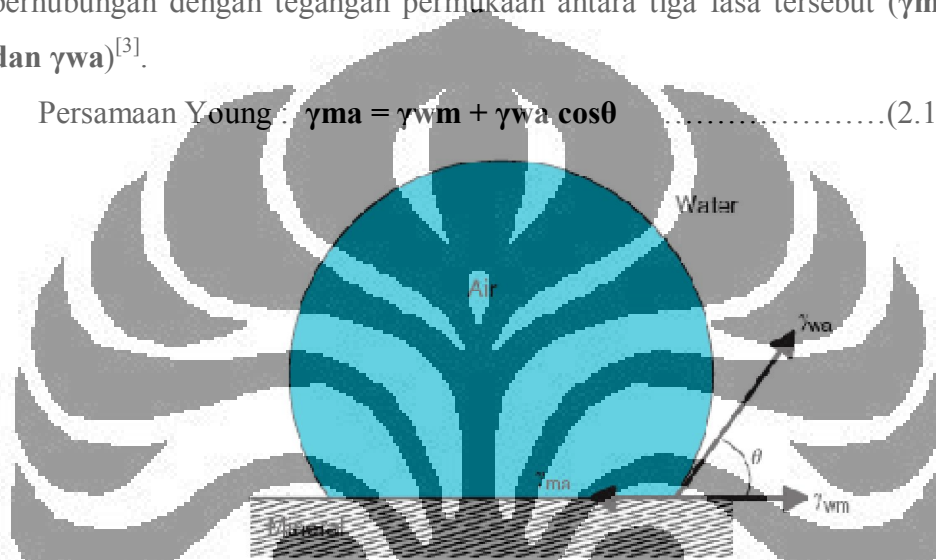
Gambar 2.3 Proses Flotasi^[3]

Partikel yang permukaannya kasar (luas permukaannya kecil) dan ukurannya lebih kecil dari gelembung gas (*diffuser*), akan menempel pada gelembung gas (*diffuser*) tersebut, sedangkan partikel yang ukurannya cukup besar akan diikat pada pori-pori permukaan bahan pengikat (*bonding agent*), selanjutnya bahan pengikat didorong oleh gelembung gas, maka partikel-partikel tersebut akan mengapung. Sedangkan partikel yang permukaannya halus akan tetap terlarut dalam air dan tidak akan mengapung. Maka partikel-partikel dalam suatu campuran fasa cair dapat dipisahkan dengan cara flotasi. Dengan demikian dasar pemikiran dari proses flotasi adalah kecenderungan beberapa partikel itu sendiri atau partikel yang terikat pada bahan pengikat (*bonding agent*) untuk beradhesi

selektif dengan gas *diffuser*, sedangkan partikel lain akan beradhesi dengan larutannya.

Flotasi melibatkan tiga fasa yaitu padat, cair dan gas. Serta interaksi antara ketiga fasa tersebut yaitu padat-cair, padat-gas, cair-gas, dan padat-cair-gas. Partikel *hydrophobic* atau *hydrophilic* ditentukan oleh *wettability* fasa padat pada interaksi antara padat-cair-gas. Parameter yang membedakan *wettability* adalah sudut kontak pada interaksi antara tiga fasa tersebut. Sudut kontak (θ) berhubungan dengan tegangan permukaan antara tiga fasa tersebut (γ_{ma} , γ_{wm} , dan γ_{wa})^[3].

$$\text{Persamaan Young: } \gamma_{ma} = \gamma_{wm} + \gamma_{wa} \cos\theta \dots\dots\dots(2.1)$$

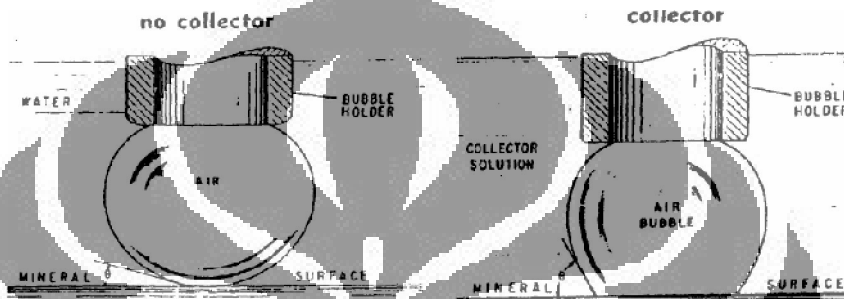


Gambar 2.4 Sudut kontak antara mineral, air, dan udara^[3]

Pada Gambar 2.12, jika sudut kontak (θ) mencapai 0° , kontak antara mineral dan udara digantikan dengan kontak mineral dan air yang menyebabkan flotasi tidak terjadi. Sedangkan jika sudut kontak mencapai 90° , maka terjadi penempelan sempurna antara mineral dengan udara yang menyebabkan mineral mengapung dan terjadi flotasi. Jadi, floatability (daya apung) mineral akan meningkat jika sudut kontaknya semakin besar. Mineral dengan sudut kontak besar disebut *aerophilic* (suka udara), mempunyai daya tarik lebih besar terhadap udara dibandingkan terhadap air^[5]. Kebanyakan mineral adalah *nonpolar* dan biasanya menjadi lebih *hydrophilic* dalam air. Sehingga dibutuhkan zat-zat kimia untuk ditambahkan pada larutan.

2.3 KOLEKTOR

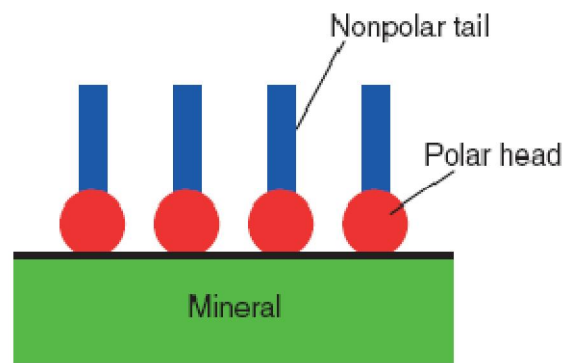
Untuk meningkatkan sifat *hydrophobic* suatu mineral, digunakan zat kimia yang dikenal sebagai *collector*. Zat ini merupakan senyawa organik *heteropolar* yang mengandung sifat *polar* dan *nonpolar*. *Collector* ini harus dapat menempel pada mineral, yaitu melalui gugus *polar*, biasanya adalah senyawa ionic tergantung dari mineralnya. Sedangkan untuk mendapatkan sifat *hydrophobic* dibutuhkan gugus *nonpolar*, biasanya adalah senyawa hidrokarbon rantai panjang atau *cyclic*. Efek dari penggunaan *collector* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Efek penggunaan collector.

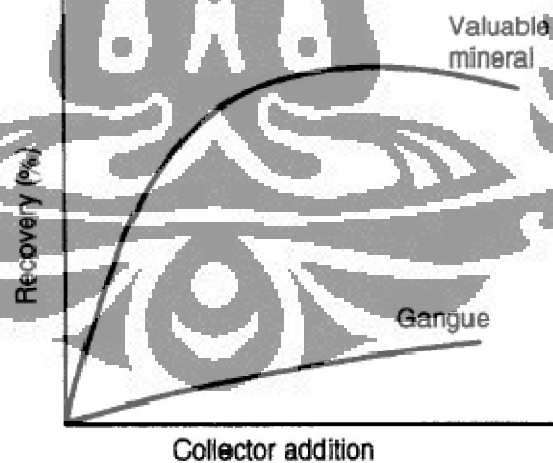
Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa permukaan mineral yang belum ditambahkan *collector* tidak dapat menempel dengan permukaan dari gelembung udara dikarenakan permukaan mineral yang masih bersifat *hydrophilic*, sedangkan pada mineral yang telah ditambahkan dengan *collector* sifat permukaannya akan berubah menjadi bersifat *hydrophobic*.

Mekanisme *collector* dalam merubah sifat permukaan mineral menjadi bersifat *hydrophobic* dapat dilihat pada Gambar 2.6. Bagian ujung polar dari *collector* akan menempel pada mineral sedangkan bagian ekor non-polar akan mengelilingi mineral dan membuat mineral bersifat *hydrophobic*(Gambar 2.6).

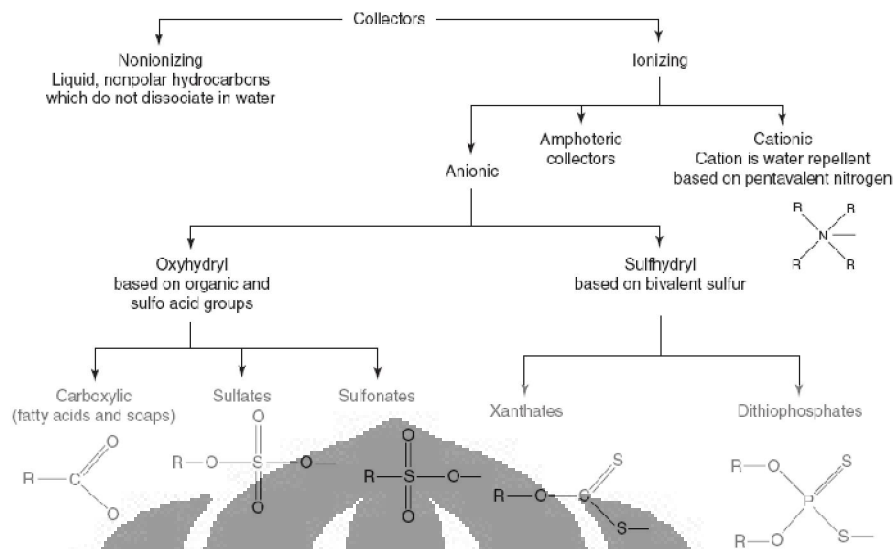


Gambar 2.6 Penyerapan collector pada mineral^[3]

Collector biasanya digunakan dalam jumlah kecil, sehingga cukup untuk membentuk lapisan tipis *hydrophobic*. Jika ditambahkan jumlahnya maka harga akan semakin mahal dan *collector* akan lebih cenderung berikatan dengan mineral lainnya. Konsentrasi *collector* dalam jumlah yang banyak dapat juga mempengaruhi *recovery* dari mineral berharga (Gambar 2.7). Karena terjadi pembentukan beberapa lapisan pada permukaan mineral yang akan mengurangi sifat *hydrophobic*. Dan *collector* akan berikatan dengan mineral lainnya yang tidak berharga.



Gambar 2.7 Pengaruh penambahan collector terhadap recovery^[4]



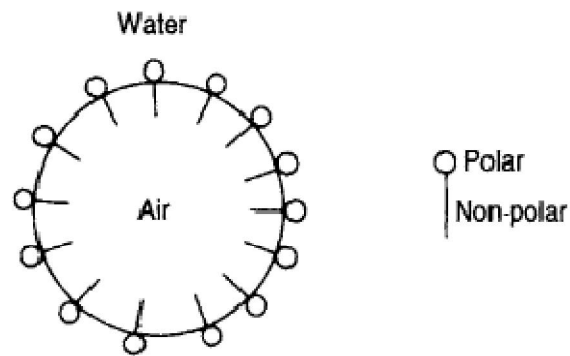
Gambar 2.8 Klasifikasi collector^[3]

Collector dapat berupa senyawa ion yang dapat larut menjadi ion-ion dalam larutan, atau dapat juga bukan senyawa ion yang tidak larut dalam air dan memisahkan mineral yang benci air dengan melapisinya dengan lapisan tipis (Gambar 2.8).

Collector dari senyawa ion merupakan yang paling banyak diaplikasikan dalam proses flotasi. Senyawa ini merupakan senyawa kompleks dengan struktur asimetris dan bersifat heteropolar. *Collector* dari senyawa ion diklasifikasikan dari jenis ionnya, apakah *anion* ataukah *kation* yang akan memberikan sifat *hydrophobic* dari mineral.

2.4 FROTHER

Frother adalah reagen flotasi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan pada gelembung sehingga gelembung menjadi lebih stabil dan tidak mudah pecah^[5]. Frother juga merupakan zat *heteropolar* dengan bagian polar cenderung *hydrophilic* (suka air), dan bagian non-polar cenderung bersifat *hydrophobic* (benci air)(Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Mekanisme Frother ^[4]

Frother di klasifikasikan berdasarkan kondisi pemakaiannya, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.10.

| <i>Acidic</i> | <i>Neutral</i> | <i>Basic</i> |
|---------------------------|---|---------------|
| Phenols Alkyl sulfates | Aliphatic alcohols Cyclic alcohols Alkoxy paraffins Polypropylene glycol ethers Polyglycol ethers Polyglycol glycerol ethers | Pyridine base |

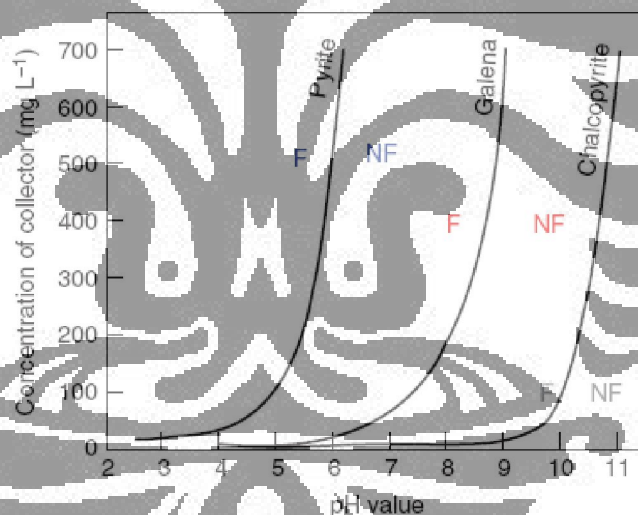
Tabel 2.10 Klasifikasi Frother ^[6]

Frother tipe alcohol (-OH) adalah yang paling umum digunakan karena cenderung hanya bersifat sebagai frother. Untuk frother yang memiliki sifat sebagai collector akan sangat menyulitkan proses flotasi karena akan mengganggu kinerja collector yang telah dipakai.

2.5 MODIFIER

Modifier adalah zat yang ditambahkan dalam proses flotasi yang berguna untuk membantu kerja *collector*, baik menambah maupun mengurangi efek collector terhadap permukaan mineral. Penambahan modifier juga menyebabkan collector lebih selektif terhadap beberapa mineral. Modifier yang dipakai umumnya adalah pH modifier. Fungsi dari pH modifier adalah untuk mengatur kondisi pH pada saat flotasi berlangsung. Umumnya yang digunakan adalah kapur dan soda abu yang berguna untuk menaikkan pH menjadi pada kondisi basa. Hal

ini disebabkan karena sebagian besar *collector* bekerja baik pada kondisi basa. Akan tetapi, pada beberapa kasus justru penambahan pH modifier ini akan menurunkan kerja dari *frother*, seperti yang terjadi jika menggunakan Cresol ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$). Jika pH dinaikkan, cresol akan berubah menjadi senyawa ion^[6]. Ion H^+ akan terlepas dari ikatan dan akan digantikan dengan ion Na^+ dari soda abu maupun soda api yang digunakan untuk menaikkan pH. Sehingga tidak lagi berfungsi sebagai *frother*. Gambar dibawah ini menunjukkan bagaimana pH kritis dari *pyrite*, *galena*, dan *chalcopyrite* sangat tergantung dari konsentrasi *collector* yang digunakan, dalam hal ini *collector* yang digunakan adalah *sodium diethyl dithiophosphate* (Gambar 2.11)^[4]. Hal yang dapat dilihat dari grafik dibawah ini adalah penggunaan *collector sodium diethyl dithiophosphate*, dan kondisi pH 8, *chalcopyrite* dapat dipisahkan dari *pyrite* dan *galena*. Dan dengan menurunkan pH menjadi 6, *galena* dapat dipisahkan dari *pyrite*.



Gambar 2.11 Hubungan pH dan *Collector* pada beberapa mineral^[4]

2.6 RECOVERY

Recovery adalah persentase keseluruhan mineral yang terkandung dalam konsentrat. Ada dua kategori nilai recovery, yaitu recovery teoritis serta recovery aktual.

Recovery aktual mengacu pada rasio antara berat logam yang diperoleh dalam konsentrat terhadap berat logam dalam feed. Sehingga, recovery aktual didapatkan sebagai berikut:

$$R = 100 \times \left(\frac{C \cdot c}{F \cdot f} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana: R = nilai Recovery logam (%)

C = berat actual konsentrat (gram)

c = kadar logam dalam konsentrat (%)

F = berat actual umpan (gram)

f = kadar logam dalam umpan (%)

Recovery teoritis merupakan nilai yang diperoleh dari perhitungan kadar logam dalam umpan dan produk. Perhitungan recovery teoritis ini berdasarkan pada prinsip Kesetimbangan Berat dan Kesetimbangan Kandungan.

Kesetimbangan berat : $F = C + T \dots \dots \dots (2.3)$

Kesetimbangan Kandungan : $F \cdot f = C \cdot c + T \cdot t \dots \dots (2.4)$

Dimana: F = berat umpan

f = kadar umpan

C = berat konsentrat

c = kadar konsentrat

T = berat tailing

t = kadar tailing

Dari persamaan 2.3 dan 2.4 didapatkan:

$$T = F - C \dots \dots \dots (2.5)$$

Persamaan 2.5 di substitusikan dengan persamaan 2.4, maka:

$$F \cdot f = C \cdot c + (F - C) \cdot t$$

$$F \cdot f = C \cdot c + F \cdot t - C \cdot t$$

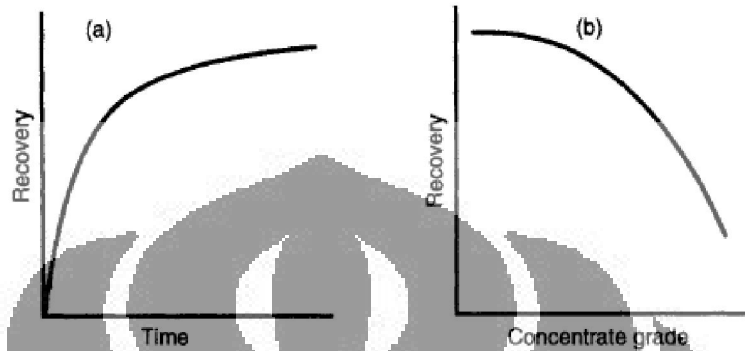
$$F \cdot f - F \cdot t = C \cdot c - C \cdot t$$

$$F \cdot (f - t) = C \cdot (c - t) \dots \dots \dots (2.6)$$

Substitusi persamaan 2.2 dengan persamaan 2.6, maka:

$$R = 100 \times \left(\frac{c \cdot (f-t)}{f \cdot (c-t)} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana R adalah nilai recovery teoritis.



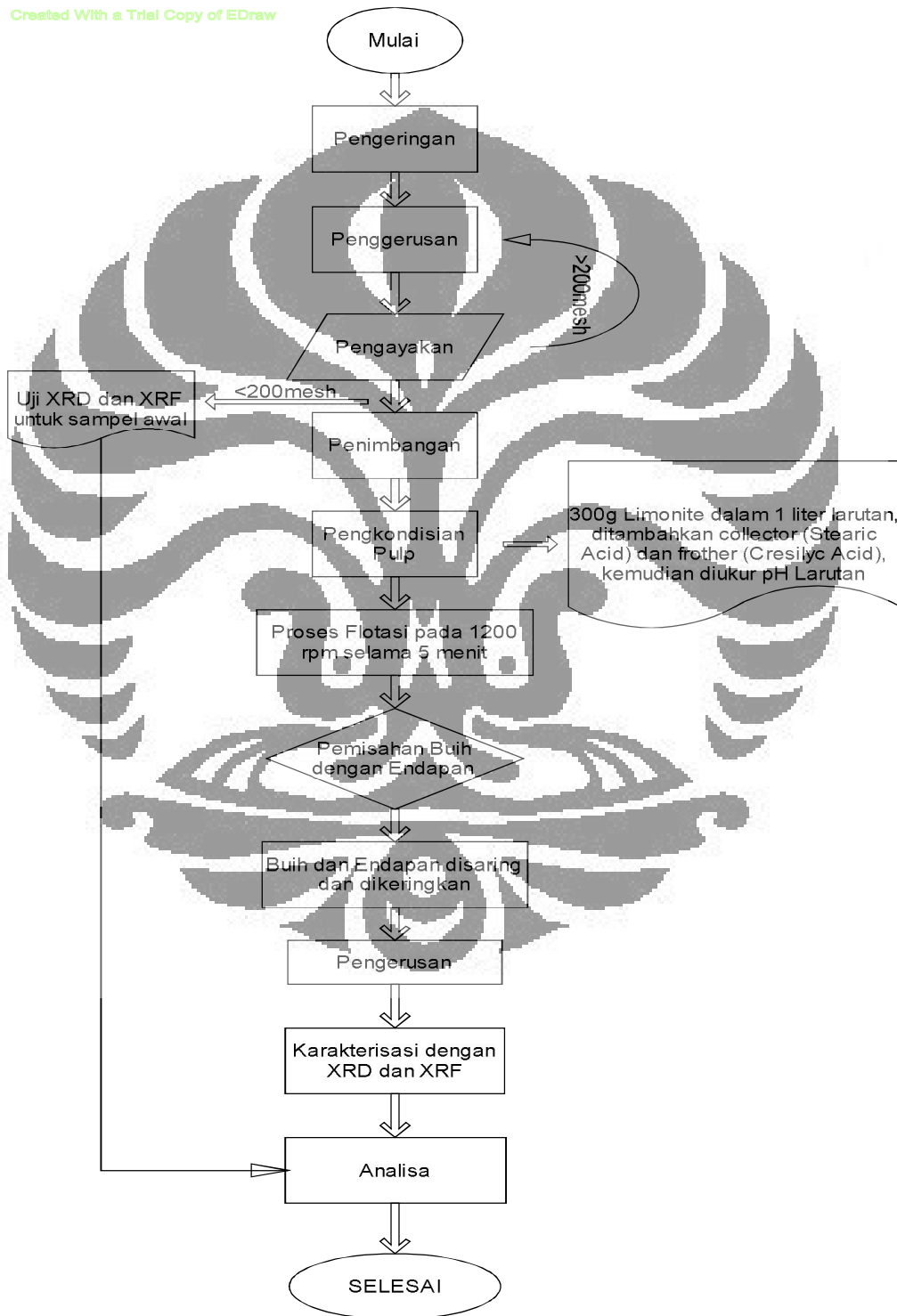
Gambar 2.12 (a) Grafik Recovery vs waktu. (b) Grafik recovery vs kadar konsentrat ^[4]

Grafik (a) pada Gambar 2.12 menunjukkan bahwa kebanyakan mineral berharga mengapung dalam waktu hanya beberapa menit, dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk sisanya untuk mengapung. Sementara pada grafik (b) terlihat hubungan yang berbanding terbalik antara nilai recovery dengan kadar dalam konsentrat. Jika suatu proses pemisahan bertujuan untuk mendapatkan konsentrat dengan kadar yang tinggi maka *recovery* akan menurun. Dan jika tujuannya untuk mendapatkan *recovery* yang tinggi maka kadar pengotor dalam konsentrat tinggi, sehingga kadar konsentrat menurun.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Created With a Trial Copy of EDraw



3.2 PROSEDUR PENELITIAN

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan saat melakukan pengujian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- Alat penggerus dan tumbukan
- Ball mill
- Mesin ayak dan pan mesh
- Timbangan digital
- Alat Flotasi DENVER
- pH meter
- Oven
- Plastic klip
- XRD dan XRF
- Perangkat lunak Powder-X^{ll}

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan saat melakukan pengujian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- Limonit
- *Stearic Acid (Collector)*
- Minyak Kelapa (Pelarut *Collector*)
- *Cresilyc Acid (Frother)*
- *Spray Cleaner (WD-40)*

3.2.3 Tahapan Penelitian

• Preparasi Sampel

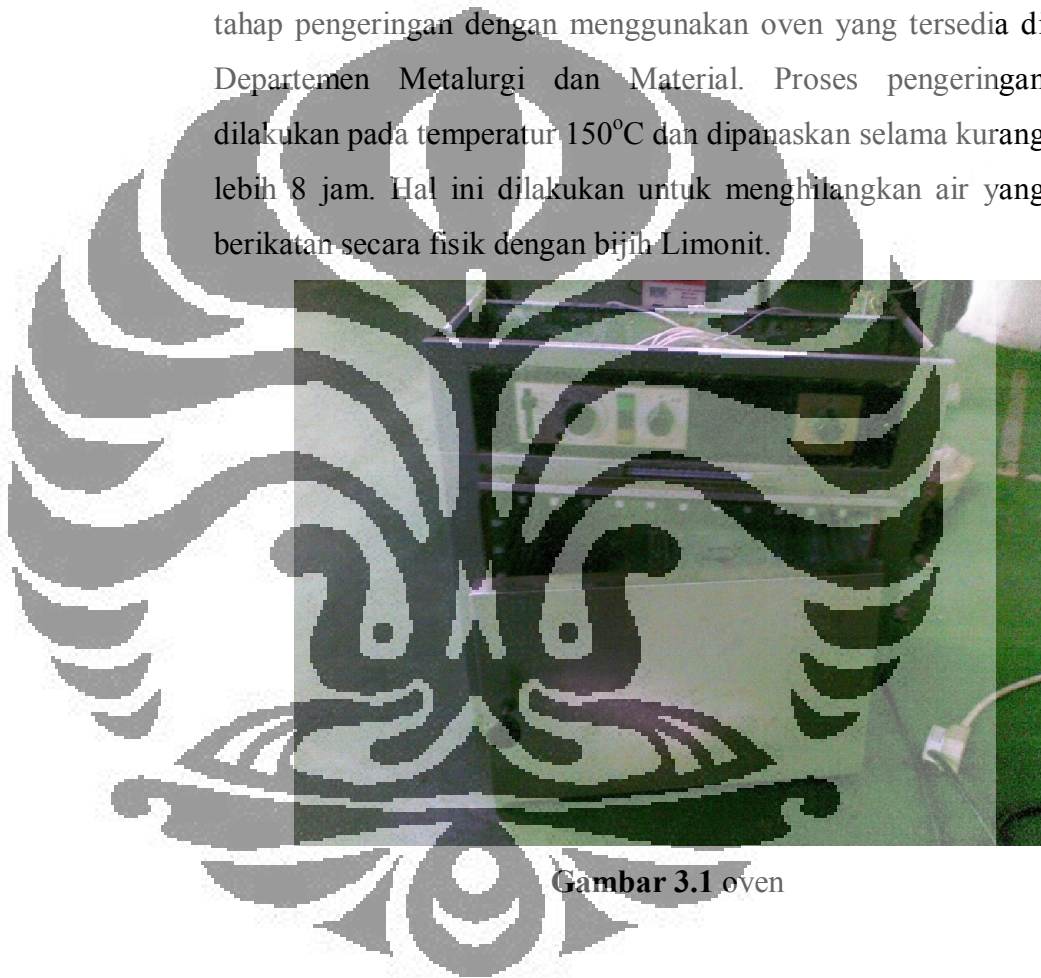
Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan sampel sebelum dilakukan proses Flotasi. Tahap preparasi terdiri atas beberapa bagian:

- Pengeringan
- Penggerusan
- Pengayakan

- Penimbangan
- Pencampuran dan Pengkondisian

Pengeringan

Bijih Limonit yang didatangkan dari Kendari masih memiliki kadar air yang cukup tinggi, oleh karena itu diperlukan tahap pengeringan dengan menggunakan oven yang tersedia di Departemen Metalurgi dan Material. Proses pengeringan dilakukan pada temperatur 150°C dan dipanaskan selama kurang lebih 8 jam. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan air yang berikatan secara fisik dengan bijih Limonit.

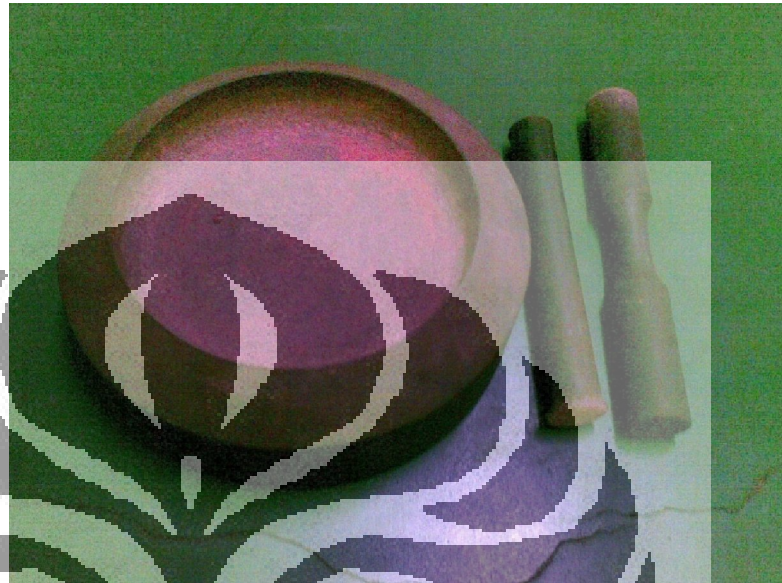


Gambar 3.1 oven

Penggerusan

Setelah sampel dikeringkan, bijih Limonit perlu dilakukan penggerusan, karena ukuran bijih Limonit yang masih belum seragam. Selain itu, penggerusan juga bertujuan untuk meliberasi logam yang diinginkan dari mineral pengotornya^[4]. Penggerusan dilakukan manual dengan menggunakan alat penggerus yang terbuat dari *tool steel*. Namun, dikarenakan

dengan hanya menggunakan alat penggerus manual, ukuran bijih yang diperoleh masih belum dapat melewati 200mesh. Oleh karena itu, maka bijih kembali digiling dengan menggunakan *Ball Mill* yang ada pada instansi LIPI.



Gambar 3.2 Alat Penggerus

Pengayakan

Bahan baku Limonit kemudian diseragamkan ukurannya dengan menggunakan mesin ayak. Sampel yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah sampel dengan ukuran *mesh* #200. Sampel yang berukuran lebih besar dari *mesh* #200 dilakukan proses penggerusan kembali, yang diikuti dengan proses pengayakan kembali.

Penimbangan

Limonit yang sudah selesai di ayak kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital yang tersedia di Departemen Metalurgi dan Material UI. Dalam penelitian ini, *pulp density* yang dipakai adalah 300g/l. Sehingga, berat satu sampel limonit yang digunakan adalah 300gram. Setelah sampel

ditimbang, sampel dimasukkan kedalam plastik sampel untuk kemudian disimpan.



Gambar 3.3 Timbangan Digital

Pencampuran dan Pengkondisian

Sebelum dilakukan proses flotasi, sampel perlu dikondisikan terlebih dahulu agar semua reagen digunakan tercampur dengan merata. Oleh karena *pulp density* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 300 g/l, maka terlebih dahulu dimasukkan 300g sampel Limonit dan ditambahkan air sehingga volume larutan yang dihasilkan adalah 1 liter. Setelah larutan tercampur merata, barulah collector serta frother dimasukkan kedalam larutan. Kemudian larutan didiamkan selama kurang lebih 5 menit, hal ini dilakukan agar collector serta frother telah tercampur merata dalam larutan. Setelah didiamkan selama 5 menit, pH larutan diukur dan dicatat.

- **Proses Flotasi**

Pada tahap flotasi, mesin di set pada kecepatan putar 1750 rpm. Pada tahap ini, pulp dimasukkan kedalam mesin flotasi kemudian diaduk dengan kecepatan 1750 rpm selama 6 menit. Pada tahap ini, akan dihasilkan buih dan endapan yang selanjutnya disaring dan dioven.



Gambar 3.4 Alat Flotasi Denver

- **Karakterisasi Sampel**

Setelah sampel hasil flotasi dikeringkan, lalu sampel dipisahkan antara buih dan endapan untuk kemudian ditimbang berat masing-masing. Kemudian masing-masing sampel dipisahkan antara buih dan endapan untuk dihaluskan dan dilakukan pengujian XRD dan XRF untuk mengetahui nilai recovery dari hasil proses flotasi yang telah dilakukan.



Gambar 3.5 Alat XRD

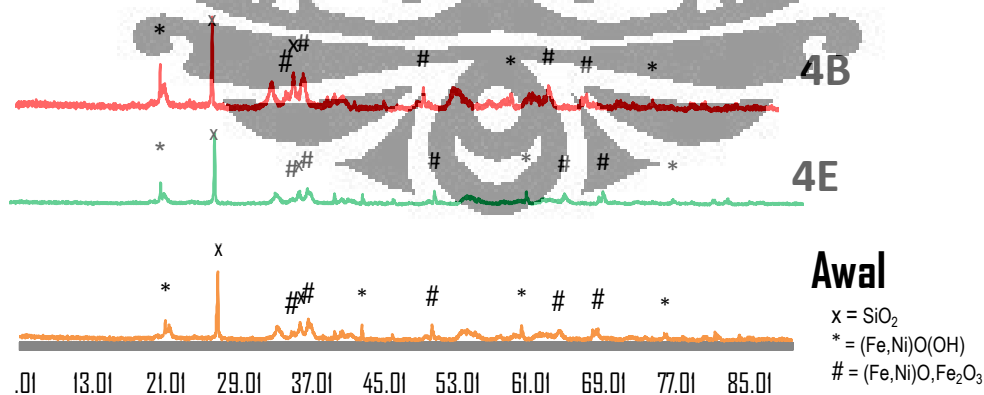


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 SENYAWA PADA FLOTASI

Untuk mengetahui senyawa yang terlibat dalam proses flotasi, dilakukan pengujian XRD pada sampel awal (*raw material*) serta pada sampel hasil dari proses flotasi. Dalam hal ini, sampel hasil dari proses flotasi yang diambil adalah dari hasil proses flotasi dengan penambahan *collector* sebanyak 2000g/ton serta *frother* sebanyak 250 gram/ton. Sampel hasil flotasi yang diambil meliputi buih dan endapannya. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah ada reaksi yang merubah komposisi senyawa yang terkandung pada limonit, yaitu dengan menguji kandungan senyawa pada awal sebelum dilakukan flotasi serta pada sampel hasil proses flotasi.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian XRD adalah berupa intensitas yang berbanding dengan sudut saat pemaparan radiasi. Intensitas ini kemudian dibandingkan dengan *database* yang berisi data intensitas dari berbagai senyawa yang dikelola oleh *International Centre for Diffraction Data*. *Peak* (puncak) senyawa yang cocok dengan data yang diperoleh dari hasil yang diperoleh pada saat pengujian diperkirakan ada dalam sampel.



Gambar 4.1 Grafik hasil XRD dari sampel awal limonit (*raw material*) sampel buih (4B), dan sampel endapan (4E)

Mineral pertama dalam deposit bijih *laterite* adalah *nikelferous-limonite* $(Fe,Ni)O(OH).nH_2O$ yang mengandung 0.8 - 1.5 % nikel yang terasosiasi dengan mineral *goethite* (besi oksid-hidroksil $FeOOH$). Dari data grafik hasil pengujian XRD (Gambar 4.1 awal) dapat dilihat bahwa senyawa penyusun limonit adalah *quartz* (SiO_2), *magnetite* [$(Fe,Ni)O.Fe_2O_3$], dan *goethite* [$(Fe,Ni)O(OH)$].

Untuk sampel buih, data yang diambil untuk dilakukan pengujian XRD adalah sampel dengan penambahan *collector* 2000g/ton dan *frother* 250g/ton karena merupakan sampel dengan persentase berat hasil pemisahan paling besar. Hal ini dilakukan karena keterlambatan diperolehnya data hasil XRF yang mampu menampilkan data *recovery* dari nikel yang kita cari, oleh karena itu dipilihlah data dengan persentase pemisahan antara buih dan endapan paling besar untuk dilihat kandungan senyawa yang mungkin ada.

Dari hasil pengujian XRD yang dilakukan pada sampel buih (Gambar 4.1 4B), diperoleh data kandungan senyawa yang ada. Jika dibandingkan dengan data awal sebelum dilakukan proses flotasi, maka dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan senyawa atau munculnya senyawa baru pada sampel buih hasil dari proses flotasi. Senyawa yang muncul pada sampel buih adalah *quartz* (SiO_2), *magnetite* [$(Fe,Ni)O.Fe_2O_3$], dan *goethite* [$(Fe,Ni)O(OH)$].

Untuk sampel endapan, data yang diambil juga merupakan produk dari flotasi pada kondisi penambahan *collector* 2000g/ton dan *frother* 250g/ton. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah ada perbedaan kandungan senyawa antara buih dan endapan pada kondisi flotasi yang sama.

Dari grafik hasil pengujian XRD untuk sampel endapan (Gambar 4.1 4E), diketahui bahwa kandungan senyawa yang terdapat dalam sampel endapan sama dengan kandungan senyawa yang terdapat dalam buih maupun sampel awal, yaitu *quartz* (SiO_2), *magnetite* [$(Fe,Ni)O.Fe_2O_3$], dan *goethite* [$(Fe,Ni)O(OH)$].

Berdasarkan data XRD yang diperoleh, dapat diketahui bahwa proses flotasi yang dilakukan tidak merubah atau membentuk senyawa baru dari sampel awal. Melainkan hanya melakukan pemisahan senyawa yang diinginkan, dalam hal ini adalah *goethite* dan *magnetite*, dari pengotornya (*quartz*).

4.2 SEPARASI

Untuk mengetahui persebaran unsur yang terdapat dalam bijih limonit, perlu dilakukan pengujian komposisi kimia dengan menggunakan XRF. Sampel yang diuji meliputi sampel awal, serta sampel buih dan endapan dari setiap percobaan dengan berbagai kondisi penambahan reagen. Data yang didapatkan dari pengujian XRF adalah unsur yang muncul setiap satuan berat. Tabel berikut adalah data distribusi logam Ni dan Fe (Tabel 4.2 dan Tabel 4.3) pada kondisi penambahan 2500g/ton *collector* dan 100g/ton *frother*.

Tabel 4.2 Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 100 g/ton frother.

| <i>Collector</i> (g/ton) | <i>Frother</i> (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
|--|---------------------------|--------------|--------------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| 2500 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 172,89 | 1,12% | 1,94 | 44,51% |
| | | Endapan | 127,11 | 0,97% | 1,23 | 28,34% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,18 | 27,14% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,3125 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,454545455 | | | |

Pada Tabel 4.2, terlihat kecenderungan bahwa persentase berat logam Ni lebih besar pada sampel buih, begitu pula pada berbagai kondisi flotasi yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa proses flotasi yang dilakukan merupakan proses flotasi langsung (*direct flotation*) dengan nilai distribusi maksimum mencapai 44,51% pada buih untuk logam Ni. Dari tabel juga dapat dilihat adanya penambahan berat pada sampel hasil flotasi, penambahan berat tersebut adalah merupakan berat air yang tidak terbuang secara sempurna pada saat proses pengeringan.

Proses flotasi yang sama juga terjadi pada logam Fe, dari semua kondisi proses flotasi yang dilakukan, kadar Fe meningkat pada sampel buih dengan distribusi logam Fe yang juga meningkat (Tabel 4.3). Sedangkan untuk unsur Si, mineral yang dianggap sebagai pengganggu dalam bijih limonit sehingga perlu untuk dipisahkan, kadar pada buih selalu menurun (lampiran). Hal ini menunjukkan bahwa proses flotasi ini efektif untuk memisahkan unsur Ni serta Fe pada bijih limonit dari unsur pengganggu seperti Si.

Tabel 4.3 Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 100 g/ton frother.

| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
|---------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 2500 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 172,89 | 53,04% | 91,70 | 58,19% |
| | | Endapan | 127,11 | 49,27% | 62,63 | 39,74% |
| | | logam hilang | 0 | | 3,27 | 2,07% |
| ratio of concentrantion buih | | | 1,155661823 | | | |
| ratio of concentrantion endapan | | | 7,424182749 | | | |

Dari data XRF yang diperoleh, dapat dicari nilai *recovery* dari setiap proses dan kondisi yang dialami. Nilai *recovery* ini diperlukan untuk menentukan tingkat keefektifan dari proses flotasi yang dilakukan. Nilai *recovery* yang digunakan adalah nilai *recovery* actual, dimana perhitungan hanya melibatkan konsentrat yang dihasilkan dan umpan yang diberikan tanpa melihat *tailing* yang dihasilkan, sesuai dengan persamaan 2.2;

$$R = \frac{C \cdot c}{F \cdot f} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana: C = berat actual konsentrat (gram)

c = kadar logam dalam konsentrat (%)

F = berat aktual umpan (gram)

f = kadar logam dalam umpan (%)

Selain menghitung nilai *recovery*, perlu juga dihitung nilai rasio konsentrasi untuk masing-masing buih maupun endapan. Nilai rasio konsentrasi tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$F/C = (c - t)/(f - t) \dots \dots \dots (4.1)$$

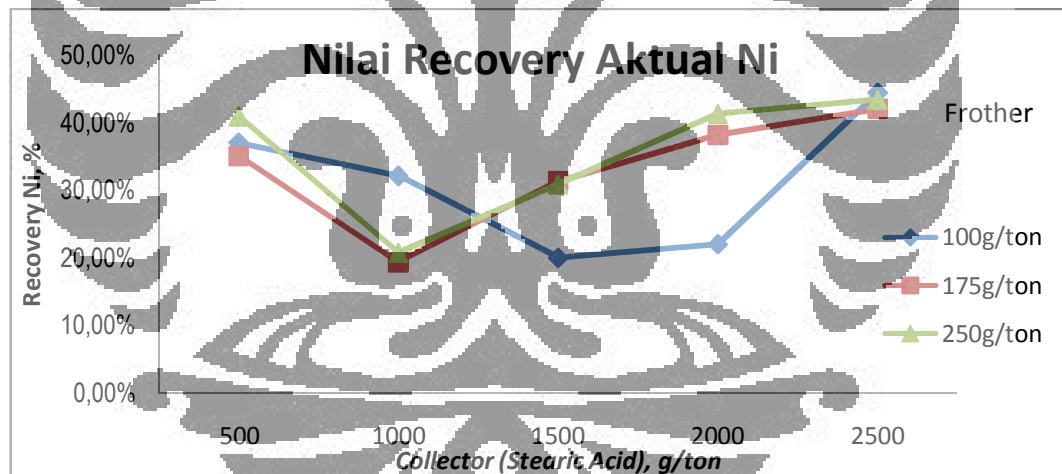
Dimana: F/C = rasio konsentrasi

c = kadar logam pada konsentrat

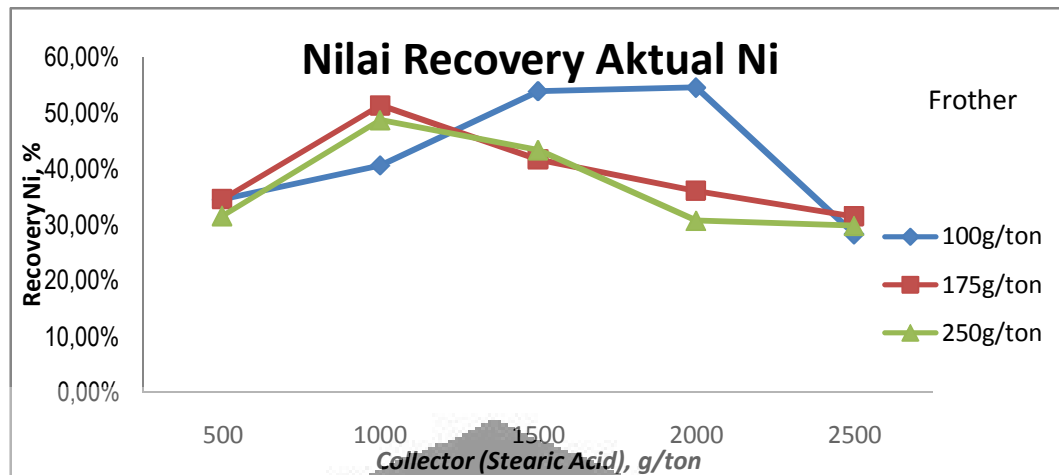
t = kadar logam pada tailing

f = kadar logam pada umpan

Dari persamaan *recovery* diatas, maka diperoleh nilai *recovery* aktual dari Ni dan Fe yang ditunjukkan oleh grafik berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik nilai *recovery* aktual dari Ni pada sampel buih



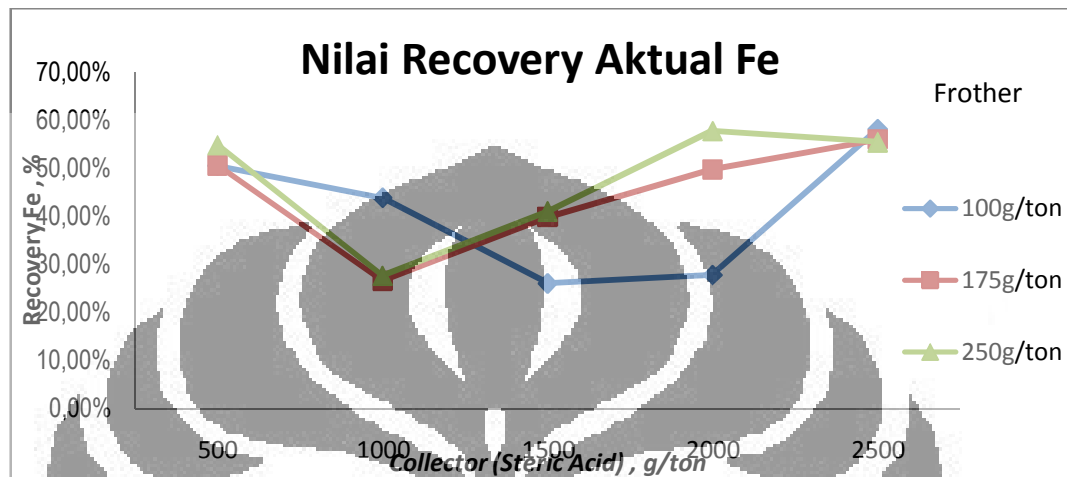
Gambar 4.5 Grafik nilai *recovery* aktual dari Ni pada sampel endapan

Dari grafik *recovery* Ni pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada semua kondisi penambahan *frother*, seiring dengan penambahan *collector*, nilai *recovery* aktual Ni cenderung akan mengalami penurunan sampai titik terendah dan kemudian nilai *recovery* akan kembali naik dengan penambahan *collector*. Nilai maksimum *recovery* Ni didapatkan pada saat penggunaan *frother* sebanyak 100g/ton dan dengan *collector* sebanyak 2500g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 44,40%. Dan nilai *recovery* terendah didapatkan pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1000g/ton dengan kombinasi *frother* sebanyak 175g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 19,30%.

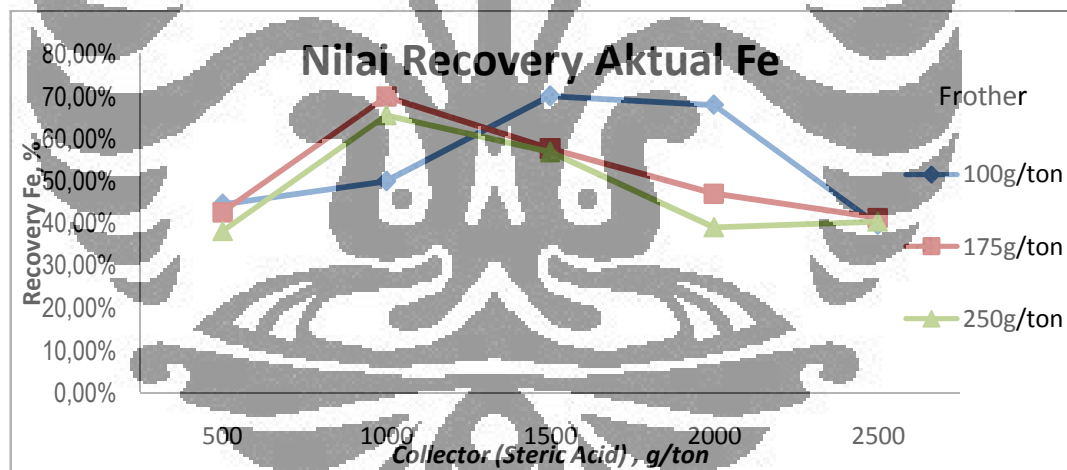
Pada penggunaan *frother* sebanyak 175g/ton dan 250g/ton memiliki kecenderungan yang sama yaitu memiliki nilai *recovery* yang tinggi pada penggunaan *collector* sebanyak 500g/ton, kemudian menurun pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1000g/ton, dan kembali meningkat seiring dengan penambahan *collector*.

Kecenderungan yang berbeda didapatkan pada saat penambahan *frother* sebanyak 100g/ton. Nilai *recovery* mengalami titik terendah pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1500g/ton, kemudian kembali meningkat seiring dengan penambahan *collector* dan mencapai nilai optimum dari keseluruhan percobaan yaitu pada saat penambahan *collector* sebanyak 2500g/ton dengan nilai

recovery sebesar 44,40%. Sedangkan yang terjadi pada endapan adalah kebalikan dari yang terjadi pada buih, yaitu pada saat nilai *recovery* di buih meningkat, maka nilai *recovery* pada endapan akan menurun (Gambar 4.5).



Gambar 4.6 Grafik nilai *recovery* aktual dari Fe pada sampel buih



Gambar 4.7 Grafik nilai *recovery* aktual dari Fe pada sampel endapan

Dari grafik *recovery* Fe pada Gambar 4.6 dapat dilihat adanya kesamaan dengan grafik nilai *recovery* Ni (Gambar 4.4) bahwa pada semua kondisi penambahan *frother*, seiring dengan penambahan *collector*, nilai *recovery* aktual Fe cenderung akan mengalami penurunan sampai titik terendah dan kemudian nilai *recovery* akan kembali naik dengan penambahan *collector*. Nilai maksimum

recovery Fe didapatkan pada saat penggunaan *frother* sebanyak 100g/ton dan dengan *collector* sebanyak 2500g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 58,19%. Dan nilai *recovery* terendah didapatkan pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1500g/ton dengan kombinasi *frother* sebanyak 100g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 26,13%.

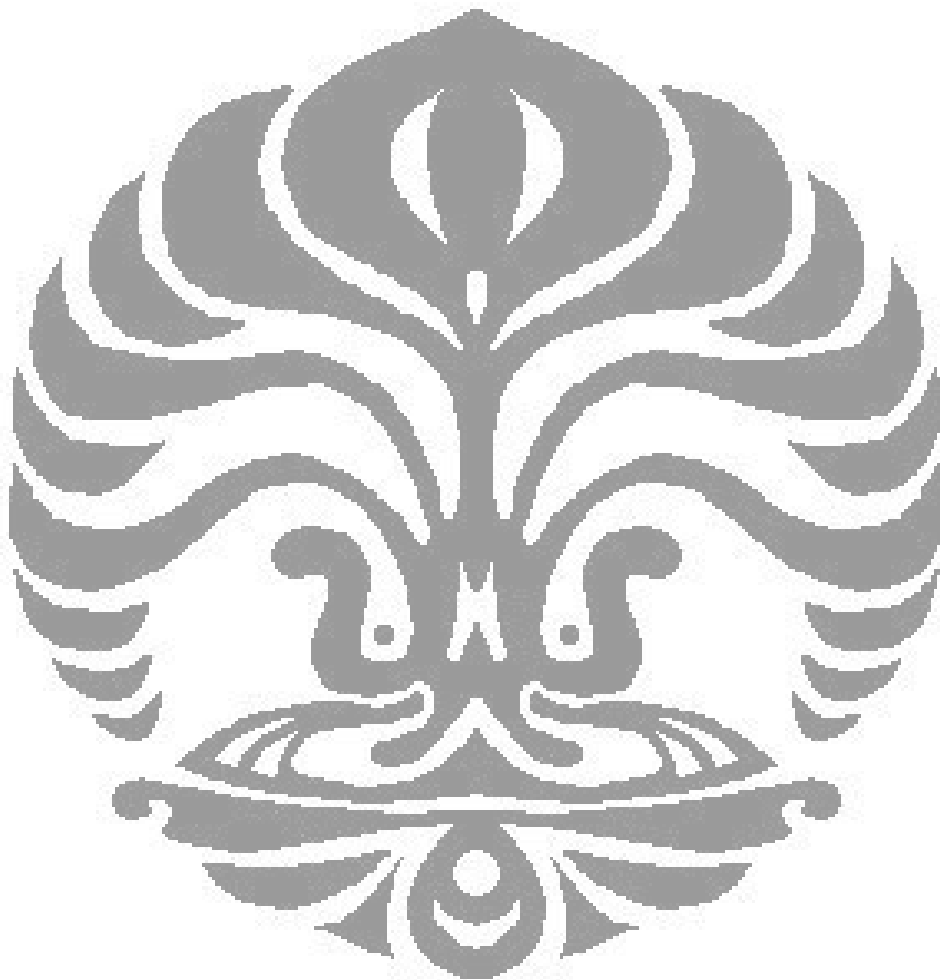
Pada penggunaan *frother* sebanyak 175g/ton dan 250g/ton pada kondisi penambahan *collector* yang sama, memiliki kecenderungan yang sama yaitu memiliki nilai *recovery* yang tinggi pada penggunaan *collector* sebanyak 500g/ton, kemudian menurun pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1000g/ton, dan kembali meningkat seiring dengan penambahan *collector*.

Kecenderungan yang berbeda didapatkan pada saat penggunaan *frother* sebanyak 100g/ton. Nilai *recovery* mengalami titik terendah pada saat penggunaan *collector* sebanyak 1500g/ton, kemudian kembali meningkat seiring dengan penambahan *collector* dan mencapai nilai optimum dari keseluruhan percobaan yaitu pada saat penambahan *collector* sebanyak 2500g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 58,19%. Sedangkan yang terjadi pada endapan berlawanan dengan yang terjadi pada buih, yaitu pada saat nilai *recovery* di buih meningkat, maka nilai *recovery* pada endapan akan menurun (Gambar 4.7).

4.3 PENGARUH KONDISI FLOTASI

Proses flotasi yang dilakukan, dijalankan dengan prosedur yang sudah ada. Tetapi pada percobaan yang dilakukan kali ini, pH larutan tidak diatur sampai pH tertentu. Pada proses flotasi yang umum dilakukan, pH larutan yang digunakan adalah pH tinggi (basa). Hal ini dimaksudkan karena pada beberapa *collector* akan bekerja maksimum pada kondisi basa. Karena, untuk anionic *collector*, pada kondisi pH 9 akan terdisosiasi sebanyak 50%. Dalam percobaan kali ini, pH larutan hanya diukur dan tidak diatur seperti yang seharusnya dikarenakan *frother* yang dipakai adalah berupa *cresylic acid*. *Frother* ini merupakan *frother* asam yang tidak dapat bekerja sebagai *frother* pada pH tinggi

(basa)^[6]. Setelah diukur, pH larutan berada pada angka antara 6,5-6,7. Hal ini yang membuat *collector* tidak bekerja optimal.



BAB V

KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengujian XRD pada sampel awal limonit, didapatkan kandungan senyawa awal yaitu; *quartz*(SiO_2), *goethite*[(Fe,Ni) $O(OH)$],serta *magnetite*[(Fe,Ni) $O.Fe_2O_3$].
2. Pada produk hasil flotasi, tidak ditemukan adanya perubahan senyawa yang ada pada sampel awal limonit yaitu; *quartz*(SiO_2), *goethite*[(Fe,Ni) $O(OH)$],serta *magnetite*[(Fe,Ni) $O.Fe_2O_3$].
3. Berdasarkan data yang diperoleh, yaitu bahwa kadar logam Ni pada buih selalu lebih besar daripada kadar logam Ni pada endapan, maka proses flotasi berlangsung secara langsung (*direct flotation*) terhadap logam Ni.
4. Berdasarkan data, juga dapat dilihat bahwa kadar Fe pada produk buih selalu lebih tinggi daripada kadar Fe pada produk endapan, maka flotasi berlangsung secara langsung (*direct flotation*) terhadap logam Fe.
5. *Recovery* Ni terendah diperoleh pada saat penambahan *collector* sebanyak 1000g/ton dan *frother* sebanyak 175g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 19,3%.
6. *Recovery* Ni tertinggi diperoleh pada saat penambahan *collector* sebanyak 2500g/ton dan *frother* sebanyak 100g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 44,4%.
7. *Recovery* Fe terendah diperoleh pada saat penambahan *collector* sebanyak 1500g/ton dan *frother* sebanyak 100g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 26,13%.
8. *Recovery* Ni tertinggi diperoleh pada saat penambahan *collector* sebanyak 2500g/ton dan *frother* sebanyak 100g/ton dengan nilai *recovery* sebesar 58,19%.

DAFTAR TABEL

| collector (g/ton) | frother (g/ton) | PH | sampel no | berat kertas saring(g) | rpm | waktu (menit) | buih(g) | endapan(g) | berat air | kadar air | buih kering (g) | endapan kering (g) |
|-------------------|-----------------|-----|-----------|------------------------|------|---------------|---------|------------|-----------|-----------|-----------------|--------------------|
| 500 | 100 | 6,5 | 15 | 5,99 | 1750 | 6 | 169,80 | 178,19 | 47,99 | 13,79% | 146,38 | 153,62 |
| 500 | 175 | 6,6 | 14 | 5,99 | 1750 | 6 | 168,96 | 163,12 | 32,08 | 9,66% | 152,64 | 147,36 |
| 500 | 250 | 6,6 | 13 | 5,98 | 1750 | 6 | 210,43 | 167,99 | 78,42 | 20,72% | 166,82 | 133,18 |
| 1000 | 100 | 6,6 | 12 | 5,8 | 1750 | 6 | 173,20 | 218,98 | 92,18 | 23,50% | 132,49 | 167,51 |
| 1000 | 175 | 6,6 | 11 | 5,8 | 1750 | 6 | 92,85 | 263,39 | 56,24 | 15,79% | 78,19 | 221,81 |
| 1000 | 250 | 6,7 | 10 | 4 | 1750 | 6 | 80,11 | 206,45 | | | 80,11 | 206,45 |
| 1500 | 100 | 6,6 | 9 | 4 | 1750 | 6 | 92,01 | 260,88 | 52,89 | 14,99% | 78,22 | 221,78 |
| 1500 | 175 | 6,5 | 8 | 4 | 1750 | 6 | 132,95 | 209,02 | 41,97 | 12,27% | 116,63 | 183,37 |
| 1500 | 250 | 6,6 | 7 | 4 | 1750 | 6 | 140,11 | 209,39 | 49,50 | 14,16% | 120,27 | 179,73 |
| 2000 | 100 | 6,6 | 6 | 4 | 1750 | 6 | 99,94 | 252,30 | 52,24 | 14,83% | 85,12 | 214,88 |
| 2000 | 175 | 6,6 | 5 | 4 | 1750 | 6 | 162,13 | 168,53 | 30,66 | 9,27% | 147,10 | 152,90 |
| 2000 | 250 | 6,6 | 4 | 4 | 1750 | 6 | 204,16 | 146,50 | 50,66 | 14,45% | 174,66 | 125,34 |
| 2500 | 100 | 6,6 | 3 | 4 | 1750 | 6 | 210,17 | 154,52 | 64,69 | 17,74% | 172,89 | 127,11 |
| 2500 | 175 | 6,6 | 2 | 4 | 1750 | 6 | 204,84 | 161,39 | 66,23 | 18,08% | 167,80 | 132,20 |
| 2500 | 250 | 6,6 | 1 | 4 | 1750 | 6 | 205,49 | 159,21 | 64,70 | 17,74% | 169,03 | 130,97 |

| sampel no | kadar Ni (%) | | | recovery buih | recovery endapan | kadar Fe (%) | | | recovery buih | recovery endapan |
|-----------|--------------|------|---------|---------------|------------------|--------------|-------|---------|---------------|------------------|
| | umpan | buih | endapan | | | umpan | buih | endapan | | |
| 15 | 1,45 | 1,10 | 0,98 | 37,03% | 34,41% | 52,53 | 54,50 | 45,78 | 50,63% | 44,62% |
| 14 | | 1,00 | 1,02 | 35,06% | 34,51% | | 52,29 | 45,63 | 50,65% | 42,67% |
| 13 | | 1,07 | 1,03 | 40,96% | 31,56% | | 51,88 | 45,21 | 54,92% | 38,21% |
| 12 | | 1,06 | 1,06 | 32,11% | 40,59% | | 52,29 | 47,03 | 43,96% | 49,99% |
| 11 | | 1,08 | 1,01 | 19,30% | 51,31% | | 53,67 | 49,71 | 26,63% | 69,97% |
| 10 | | 1,13 | 1,03 | 20,77% | 48,71% | | 54,48 | 50,03 | 27,69% | 65,55% |
| 9 | | 1,11 | 1,06 | 20,00% | 53,88% | | 52,65 | 49,79 | 26,13% | 70,07% |
| 8 | | 1,17 | 0,99 | 31,33% | 41,64% | | 53,93 | 49,59 | 39,92% | 57,69% |
| 7 | | 1,12 | 1,05 | 30,91% | 43,37% | | 53,87 | 49,87 | 41,11% | 56,87% |
| 6 | | 1,13 | 1,11 | 22,01% | 54,54% | | 51,63 | 49,87 | 27,89% | 68,00% |
| 5 | | 1,13 | 1,03 | 38,18% | 36,07% | | 53,40 | 48,51 | 49,85% | 47,06% |
| 4 | | 1,03 | 1,07 | 41,28% | 30,67% | | 52,22 | 49,13 | 57,87% | 39,07% |
| 3 | | 1,12 | 0,97 | 44,40% | 28,28% | | 53,04 | 49,27 | 58,19% | 39,74% |
| 2 | | 1,09 | 1,04 | 42,03% | 31,45% | | 52,64 | 49,28 | 56,04% | 41,34% |
| 1 | | 1,12 | 0,99 | 43,39% | 29,78% | | 51,79 | 48,61 | 55,55% | 40,40% |

Tabel Distribusi Logam Ni

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 500 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 146,38 | 1,10% | 1,61 | 37,02% |
| | | Endapan | 153,62 | 0,98% | 1,51 | 34,61% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,23 | 28,38% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,255319149 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,342857143 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 1000 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 132,49 | 1,06% | 1,40 | 32,28% |
| | | Endapan | 167,51 | 1,06% | 1,78 | 40,82% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,17 | 26,90% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 0 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 1500 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 78,22 | 1,11% | 0,87 | 19,96% |
| | | Endapan | 221,78 | 1,06% | 2,35 | 54,04% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,13 | 26,00% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,128205128 | | | |
| <i>ratio of concentrantion</i> | | | -0,147058824 | | | |

| | |
|----------------|--|
| <i>endapan</i> | |
|----------------|--|

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 2000 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 85,12 | 1,13% | 0,96 | 22,11% |
| | | Endapan | 214,88 | 1,11% | 2,39 | 54,83% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,00 | 23,06% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,058823529 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,0625 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 2500 | 100 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 172,89 | 1,12% | 1,94 | 44,51% |
| | | Endapan | 127,11 | 0,97% | 1,23 | 28,34% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,18 | 27,14% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,3125 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,454545455 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 500 | 175 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 152,64 | 1,00% | 1,53 | 35,09% |
| | | Endapan | 147,36 | 1,02% | 1,50 | 34,55% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,32 | 30,36% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | -0,046511628 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 0,044444444 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
|--|--|--|--|--|--|--|

| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
|--|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 1000 | 175 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 78,19 | 1,08% | 0,84 | 19,41% |
| | | Endapan | 221,81 | 1,01% | 2,24 | 51,50% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,27 | 29,09% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,159090909 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,189189189 | | | |

Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 175 g/ton frother

| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
|--|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 1500 | 175 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 116,63 | 1,17% | 1,36 | 31,37% |
| | | Endapan | 183,37 | 0,99% | 1,82 | 41,73% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,17 | 26,90% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,391304348 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,642857143 | | | |

Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 175 g/ton frother

| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 2000 | 175 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 147,1 | 1,13% | 1,66 | 38,21% |
| | | Endapan | 152,9 | 1,03% | 1,57 | 36,20% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,11 | 25,58% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,238095238 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -0,3125 | | | |

Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 175 g/ton frother

| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
|-------------------|-----------------|-------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| 2500 | 175 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |

| | | | | | |
|--|--------------|--------------|-------|------|--------|
| | Buih | 167,8 | 1,09% | 1,83 | 42,05% |
| | Endapan | 132,2 | 1,04% | 1,37 | 31,61% |
| | Logam Hilang | 0 | | 1,15 | 26,35% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,12195122 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -0,138888889 | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 500 | 250 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 166,82 | 1,07% | 1,78 | 41,03% |
| | | Endapan | 133,18 | 1,03% | 1,37 | 31,53% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,19 | 27,43% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,095238095 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -0,105263158 | | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 1000 | 250 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 80,11 | 1,13% | 0,91 | 20,81% |
| | | Endapan | 206,45 | 1,03% | 2,13 | 48,88% |
| | | Logam Hilang | 13,44 | | 1,32 | 30,31% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,238095238 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -0,3125 | | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|------------------------|---------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 1500 | 250 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 120,27 | 1,12% | 1,35 | 30,97% |
| | | Endapan | 179,73 | 1,05% | 1,89 | 43,38% |

| | | | | |
|--|--------------|--------------|------|--------|
| | Logam Hilang | 0 | 1,12 | 25,65% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,175 | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -0,212121212 | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 2000 | 250 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 174,66 | 1,03% | 1,80 | 41,36% |
| | | Endapan | 125,34 | 1,07% | 1,34 | 30,83% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,21 | 27,81% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | -0,105263158 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | 0,095238095 | | | | |

| Distribusi logam Ni pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|---|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| <i>Collector (g/ton)</i> | <i>Frother (g/ton)</i> | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Ni (%) |
| 2500 | 250 | Umpan | 300 | 1,45% | 4,35 | 100% |
| | | Buih | 169,03 | 1,12% | 1,89 | 43,52% |
| | | Endapan | 130,97 | 0,99% | 1,30 | 29,81% |
| | | Logam Hilang | 0 | | 1,16 | 26,67% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,282608696 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -0,393939394 | | | | |

Tabel Distribusi Logam Fe

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 500 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 146,38 | 54,50% | 79,78 | 50,62% |
| | | Endapan | 153,62 | 45,78% | 70,33 | 44,62% |
| | | logam hilang | 0 | | 7,49 | 4,75% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,291430941 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 4,431344649 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1000 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 132,49 | 52,29% | 69,28 | 43,96% |
| | | Endapan | 167,51 | 47,03% | 78,78 | 49,99% |
| | | logam hilang | 0 | | 9,54 | 6,05% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,955981244 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -21,71758877 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1500 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 78,22 | 52,65% | 41,18 | 26,13% |
| | | Endapan | 221,78 | 49,79% | 110,42 | 70,07% |
| | | logam hilang | 0 | | 5,99 | 3,80% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,042958209 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 24,27843803 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|-------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 2000 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |

| | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------|--------|--------|
| | Buih | 85,12 | 51,63% | 43,95 | 27,89% |
| | Endapan | 214,88 | 49,87% | 107,16 | 68,00% |
| | logam hilang | 0 | | 6,49 | 4,12% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,661107355 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -1,950786965 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 2500 | 100 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 172,89 | 53,04% | 91,70 | 58,19% |
| | | Endapan | 127,11 | 49,27% | 62,63 | 39,74% |
| | | logam hilang | 0 | | 3,27 | 2,07% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 1,155661823 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | 7,424182749 | | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 500 | 175 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 152,64 | 52,29% | 79,82 | 50,65% |
| | | Endapan | 147,36 | 45,63% | 67,24 | 42,67% |
| | | logam hilang | 0 | | 10,54 | 6,69% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 0,964909739 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | -27,49793559 | | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1000 | 175 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 78,19 | 53,67% | 41,96 | 26,63% |
| | | Endapan | 221,81 | 49,71% | 110,26 | 69,96% |
| | | logam hilang | 0 | | 5,37 | 3,41% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | 1,403160655 | | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | 3,480400773 | | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1500 | 175 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 116,63 | 53,93% | 62,90 | 39,91% |
| | | Endapan | 183,37 | 49,59% | 90,93 | 57,70% |
| | | logam hilang | 0 | | 3,76 | 2,39% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,47508667 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 3,104879096 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 2000 | 175 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 147,1 | 53,40% | 78,55 | 49,84% |
| | | Endapan | 152,9 | 48,51% | 74,17 | 47,06% |
| | | logam hilang | 0 | | 4,87 | 3,09% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,215752573 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 5,634938926 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2500 g/ton collector dan 175 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 2500 | 175 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 167,8 | 52,64% | 88,33 | 56,05% |
| | | Endapan | 132,2 | 49,28% | 65,15 | 41,34% |
| | | logam hilang | 0 | | 4,12 | 2,61% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,033146793 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 31,16883117 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|---|-----------------|---------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 500 | 250 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 166,82 | 51,88% | 86,55 | 54,92% |
| | | Endapan | 133,18 | 45,21% | 60,21 | 38,21% |

| | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------|--|-------|-------|
| | | logam hilang | 0 | | 10,84 | 6,88% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,910928409 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -10,22692426 | | | |

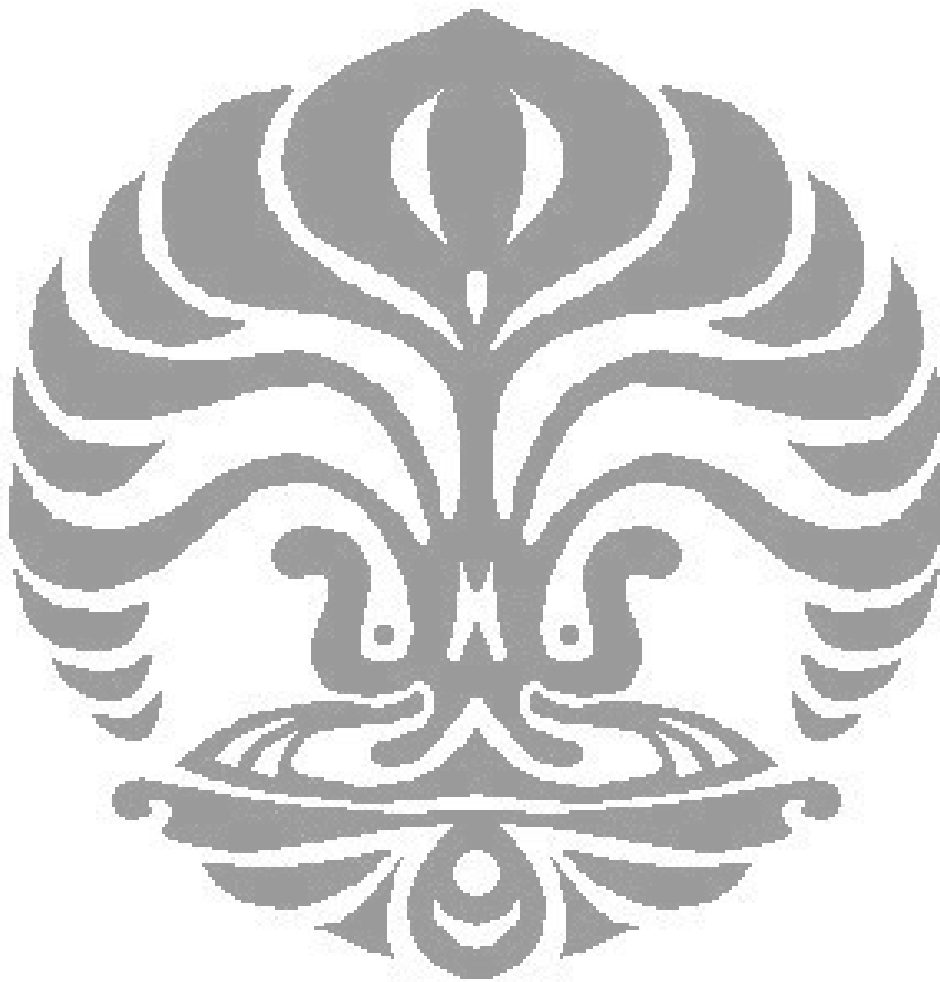
| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1000 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1000 | 250 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 80,11 | 54,48% | 43,64 | 27,69% |
| | | Endapan | 206,45 | 50,03% | 103,29 | 65,54% |
| | | logam hilang | 13,44 | | 10,67 | 6,77% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,778434977 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 2,284628812 | | | |

| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 1500 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 1500 | 250 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 120,27 | 53,87% | 64,79 | 41,11% |
| | | Endapan | 179,73 | 49,87% | 89,63 | 56,87% |
| | | logam hilang | 0 | | 3,18 | 2,02% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 1,502516715 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | 2,989983555 | | | |

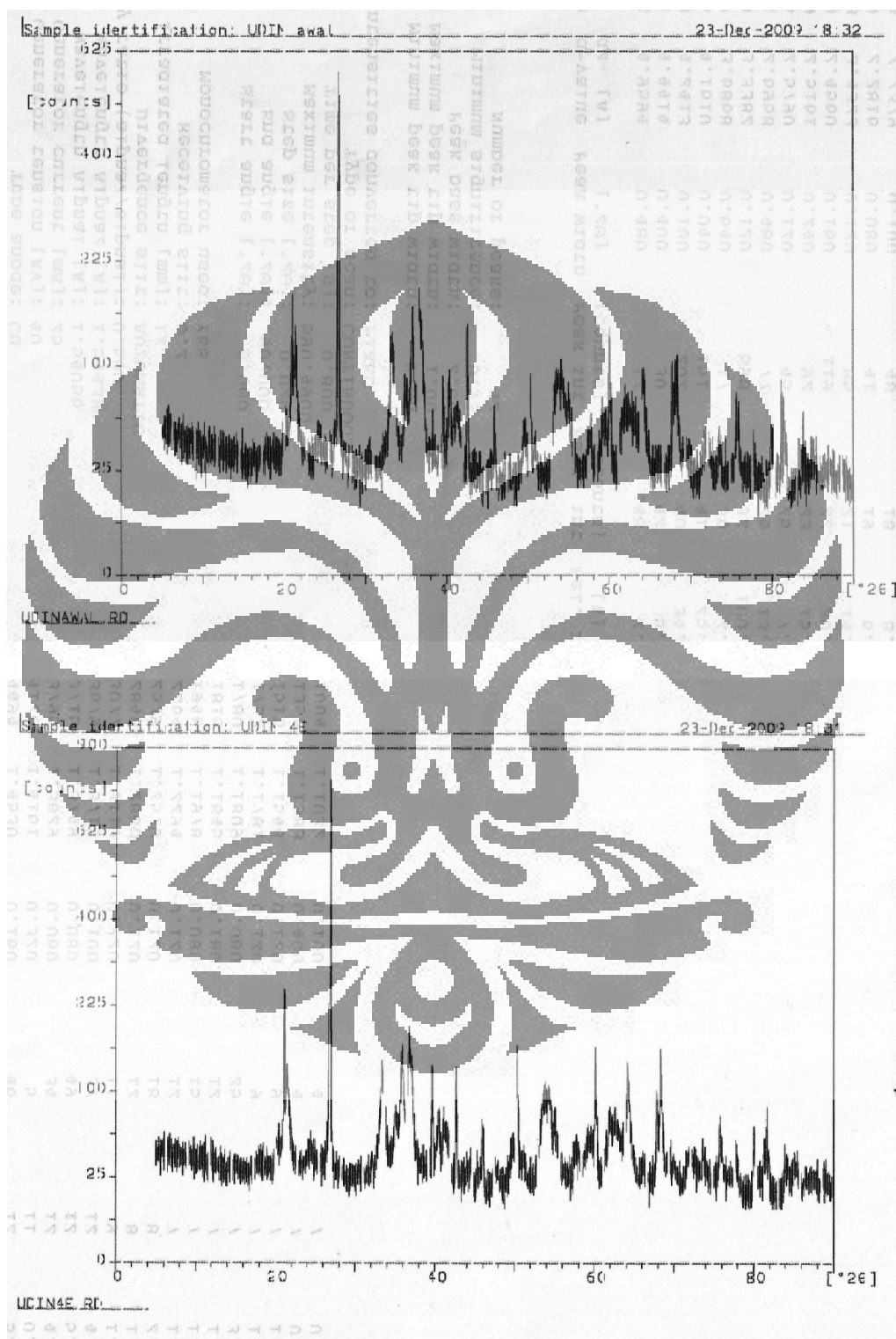
| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 2000 g/ton collector dan 250 g/ton frother | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|-------------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam Fe (%) |
| 2000 | 250 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 174,66 | 52,22% | 91,21 | 57,87% |
| | | Endapan | 125,34 | 49,13% | 61,58 | 39,07% |
| | | logam hilang | 0 | | 4,81 | 3,05% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,908235847 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -9,897501602 | | | |

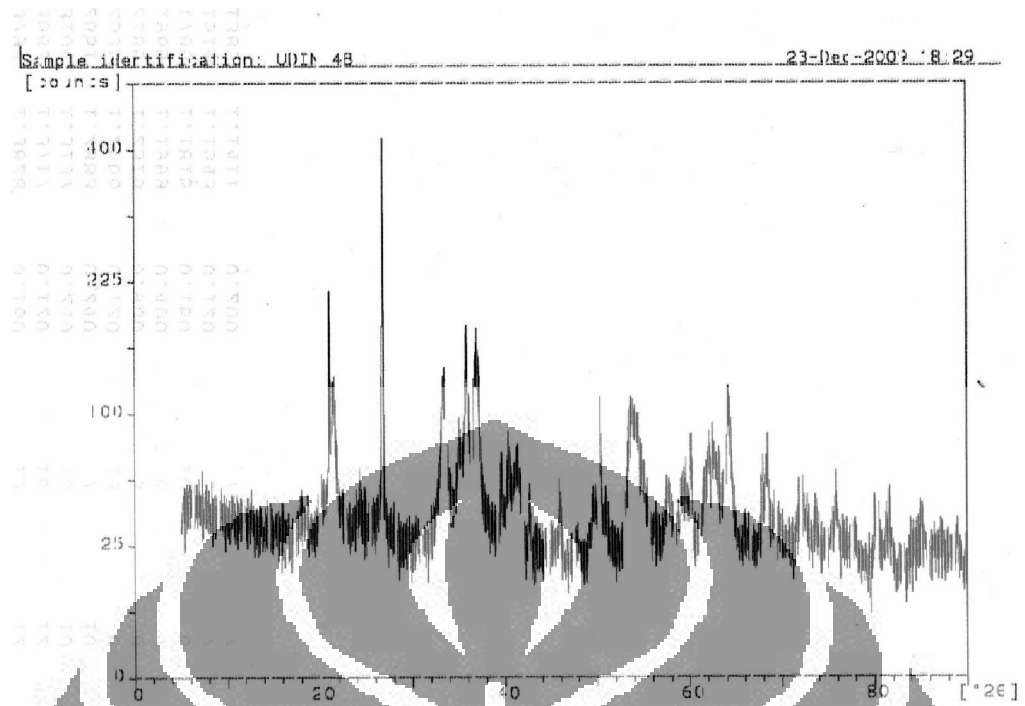
| Distribusi logam Fe pada kondisi penambahan 500 g/ton collector dan 100 g/ton frother | | | | | | |
|---|-----------------|-------|-----------|-----------|-----------------|------------------|
| Collector (g/ton) | Frother (g/ton) | Jenis | Berat (g) | Kadar (%) | Berat Logam (g) | Distribusi Logam |

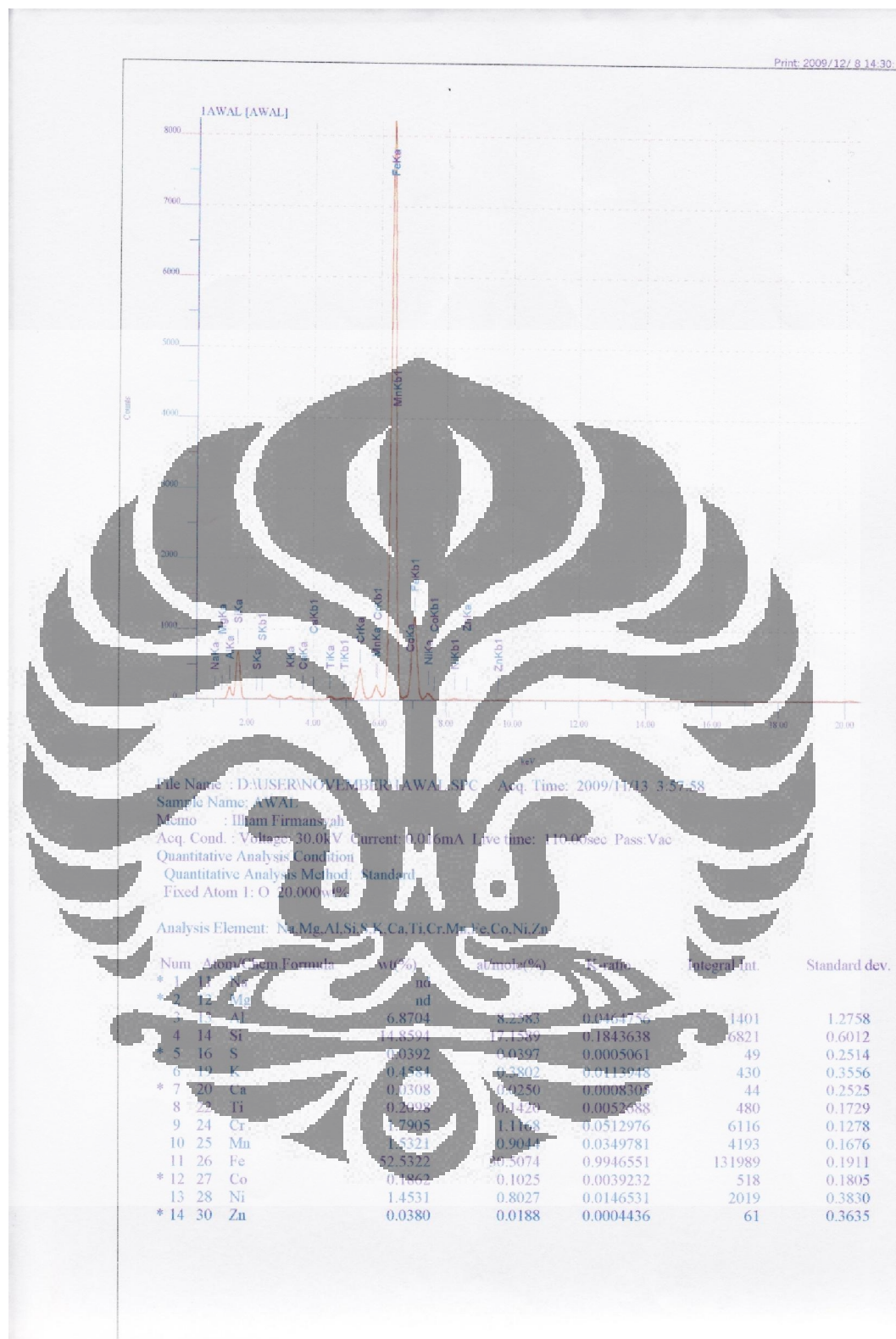
| | | | | | | Fe (%) |
|--|-----|--------------|--------------|--------|--------|--------|
| 2500 | 250 | Umpan | 300 | 52,53% | 157,60 | 100% |
| | | Buih | 169,03 | 51,79% | 87,54 | 55,55% |
| | | Endapan | 130,97 | 48,61% | 63,66 | 40,40% |
| | | logam hilang | 0 | | 6,39 | 4,06% |
| <i>ratio of concentrantion buih</i> | | | 0,810769466 | | | |
| <i>ratio of concentrantion endapan</i> | | | -4,284559418 | | | |



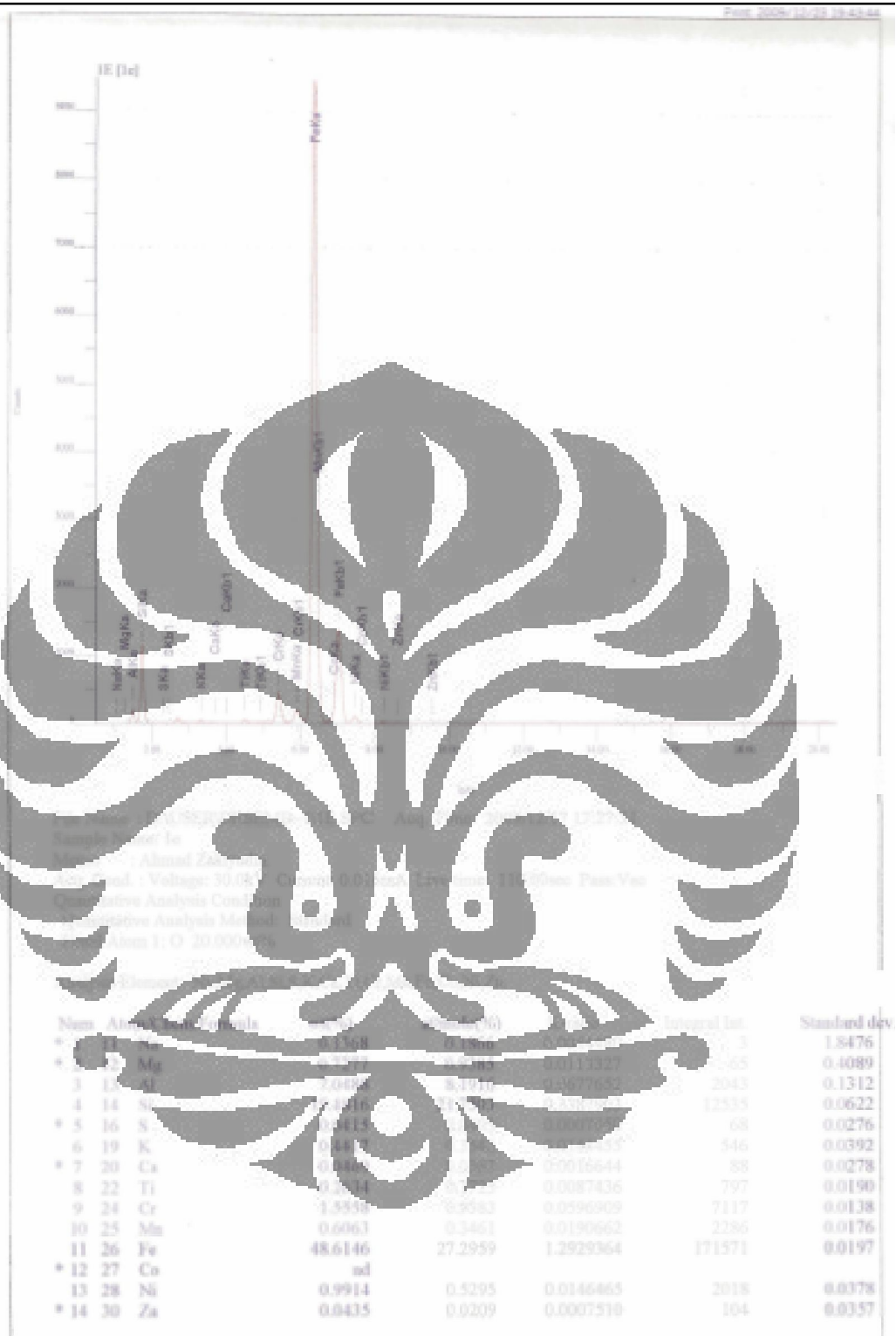
DAFTAR LAMPIRAN

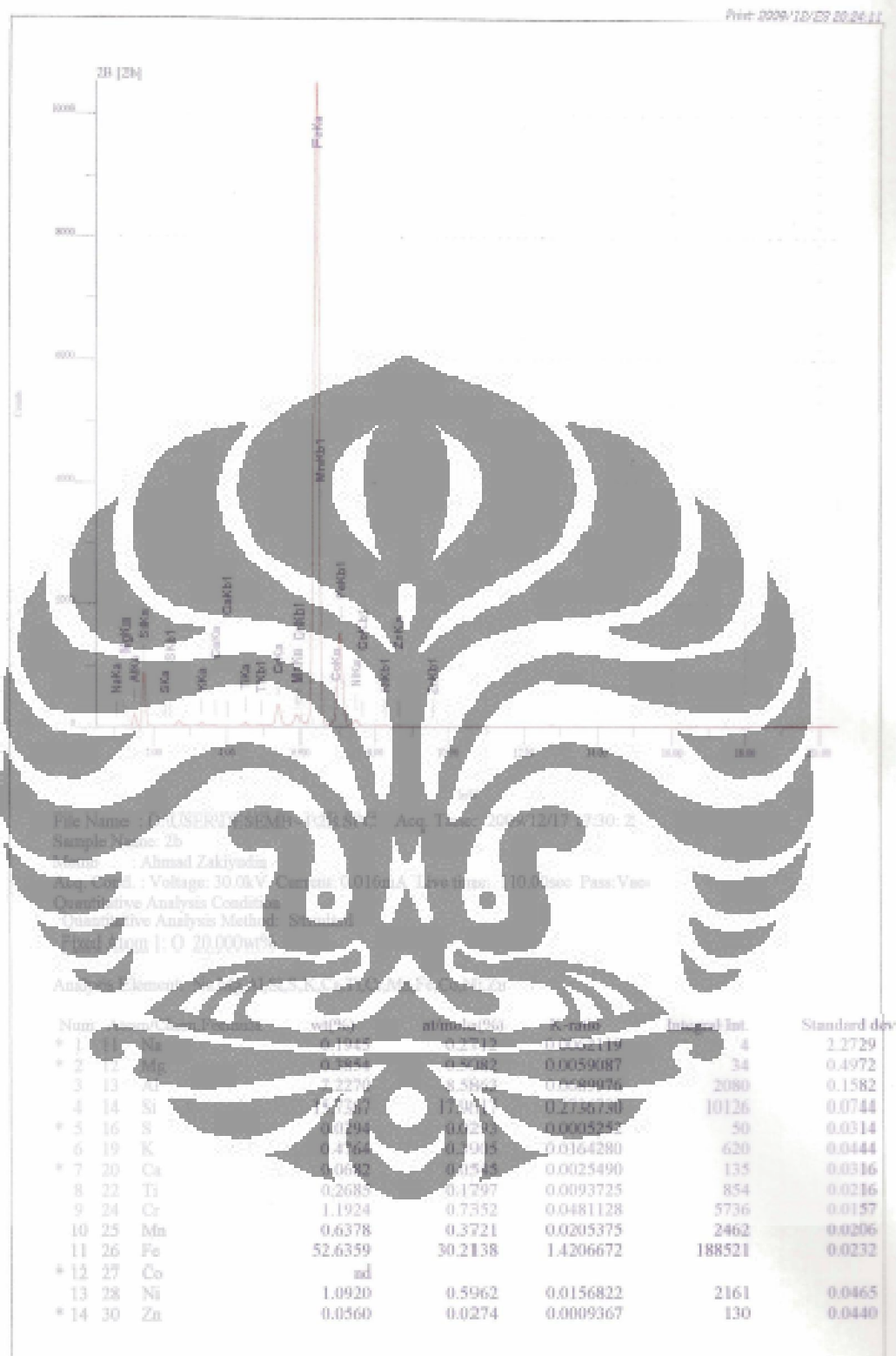


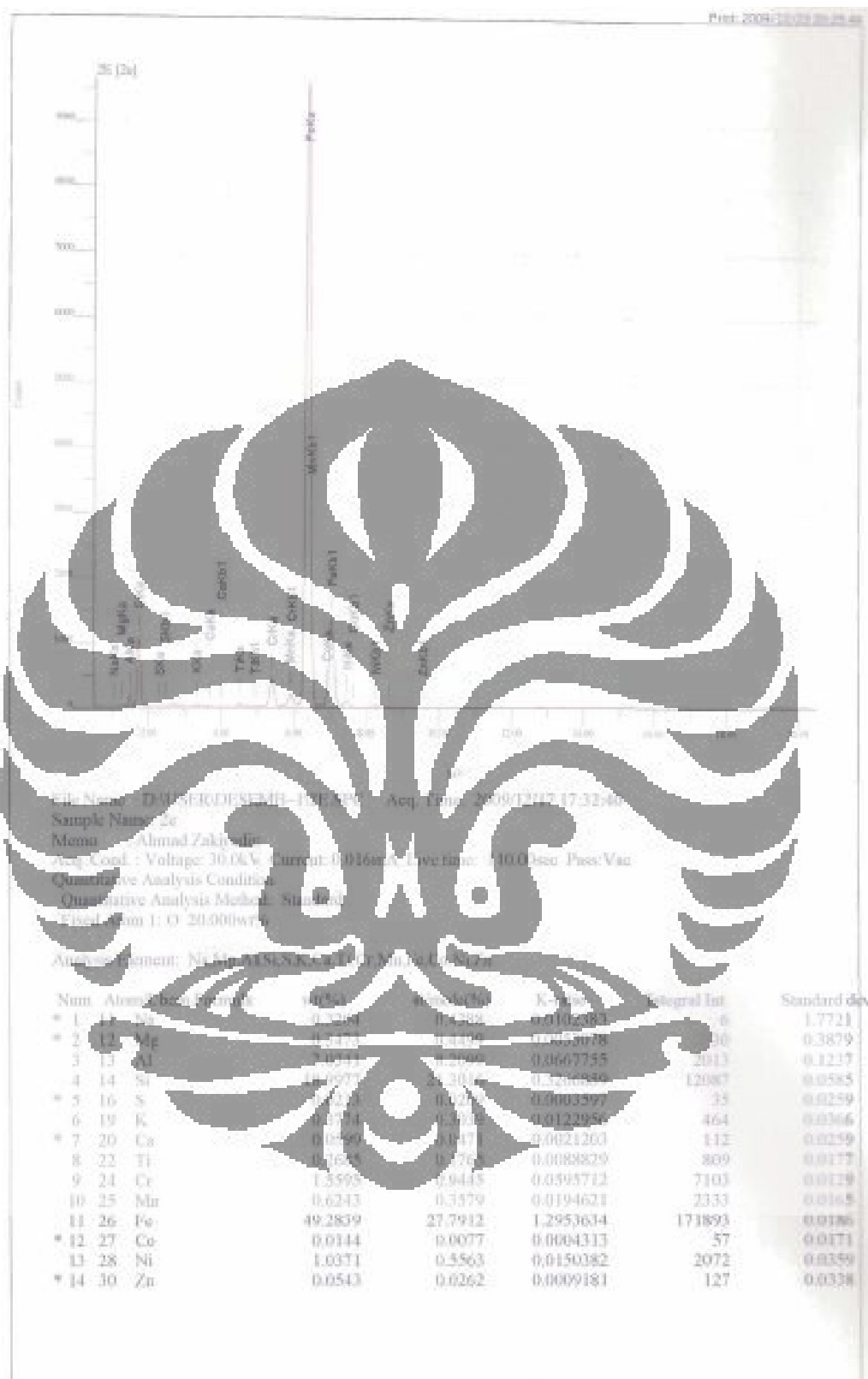






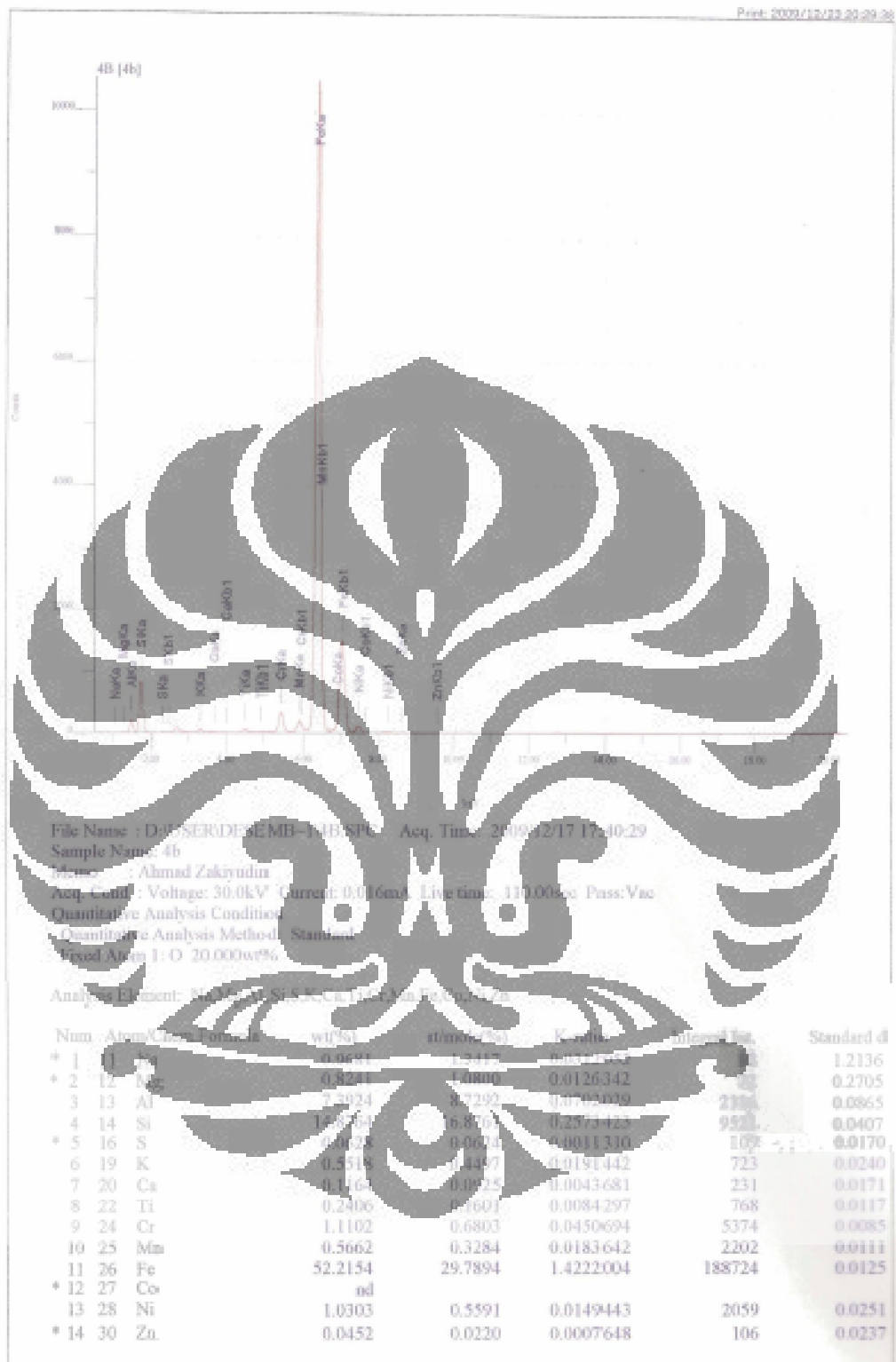


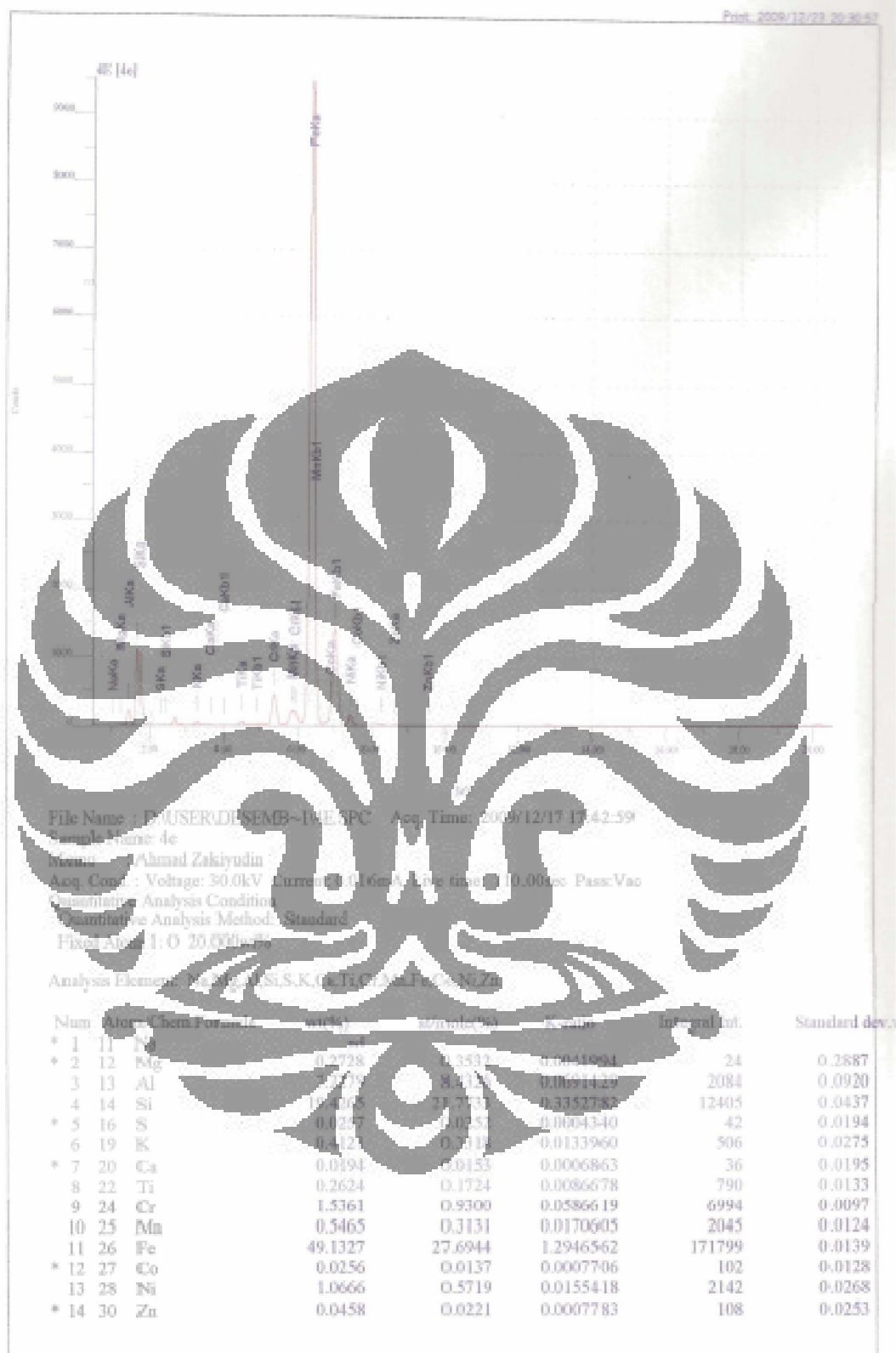


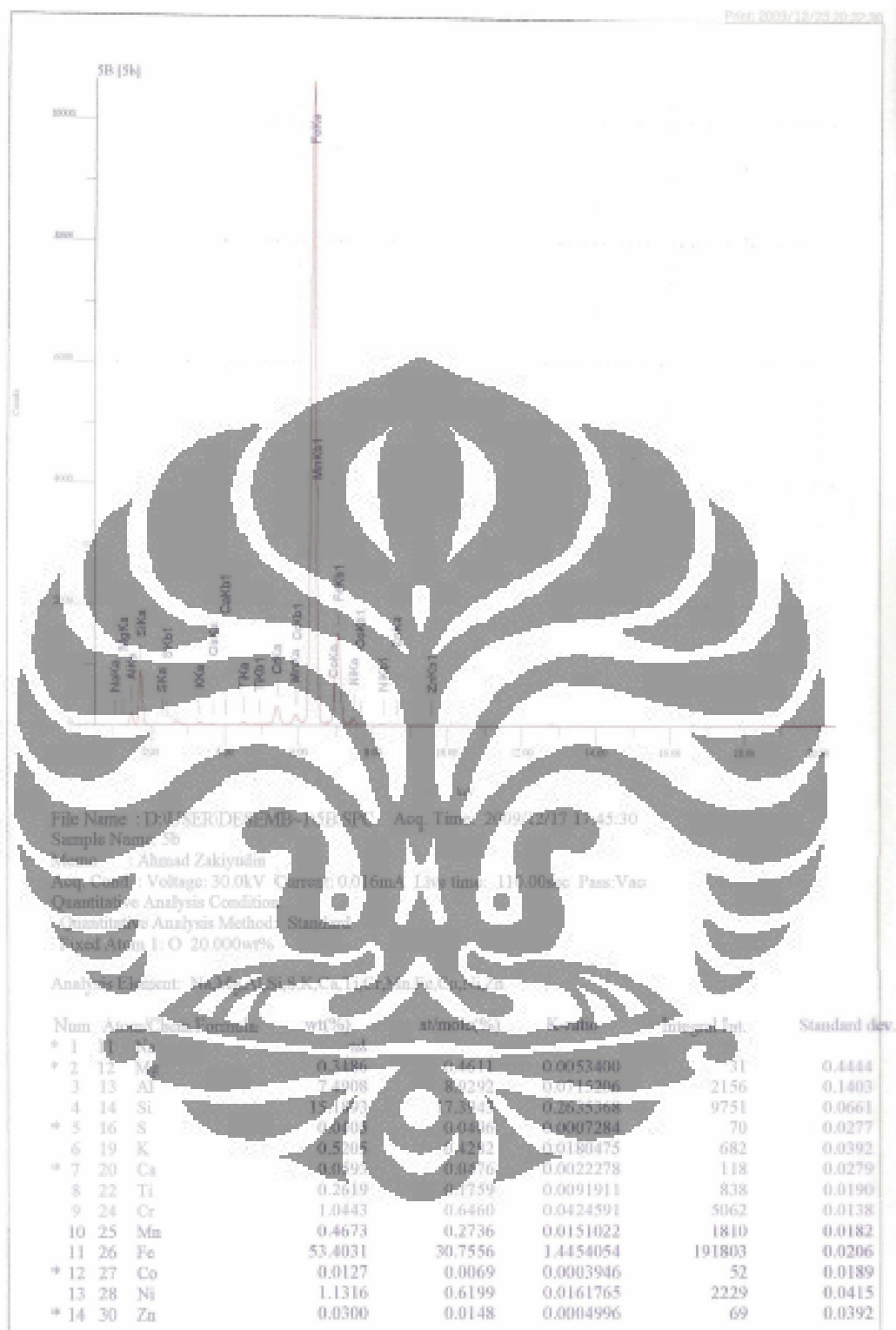


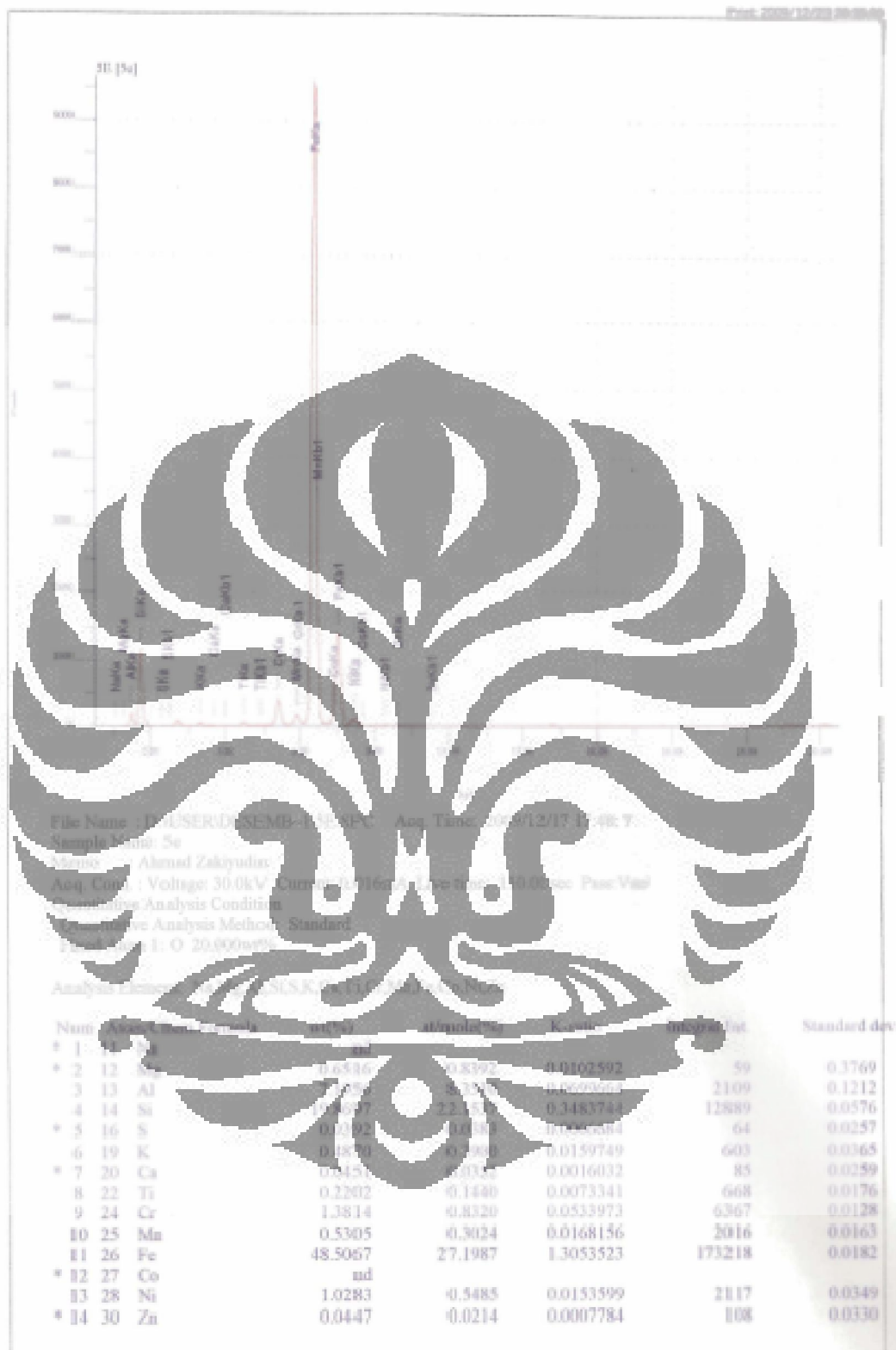


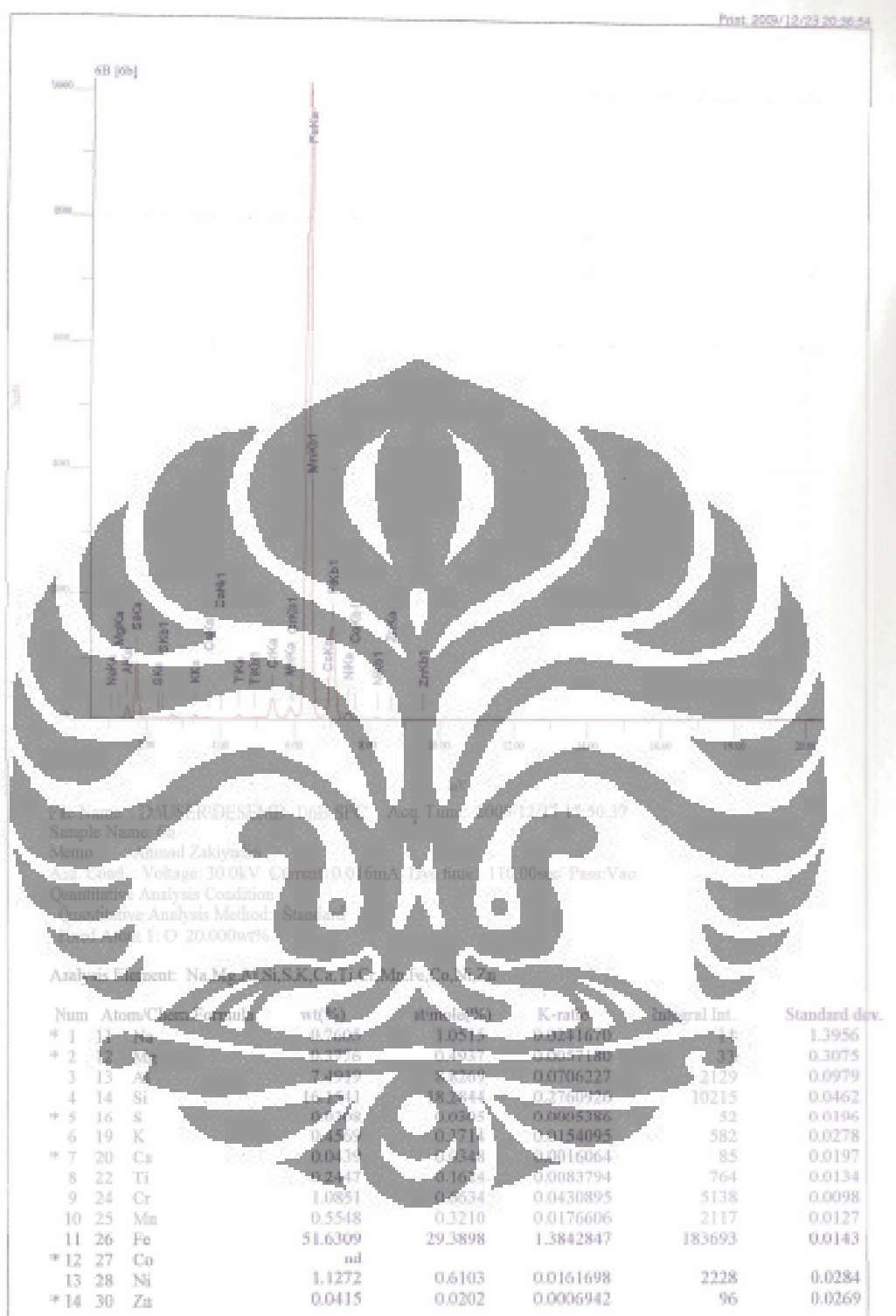


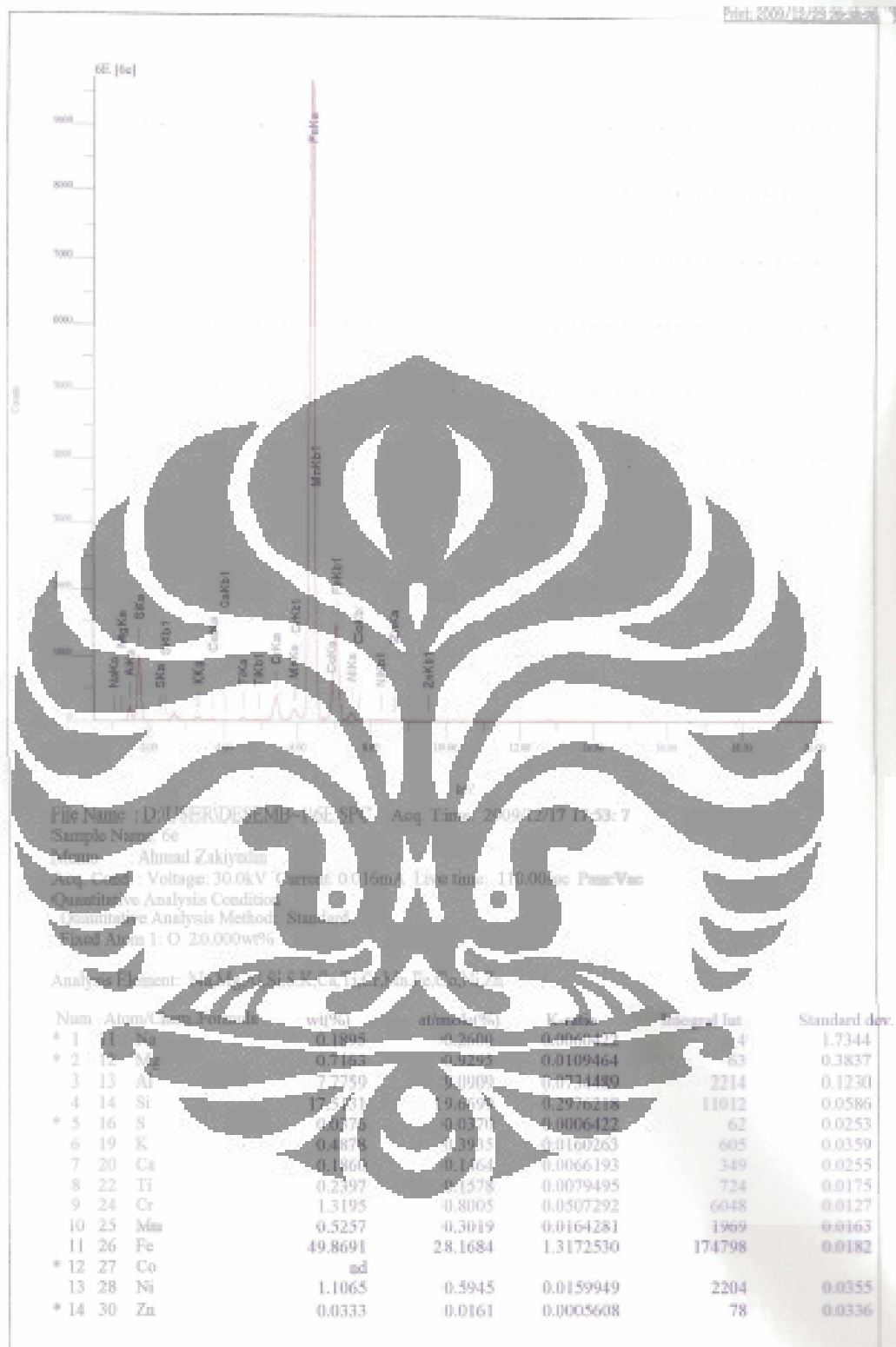


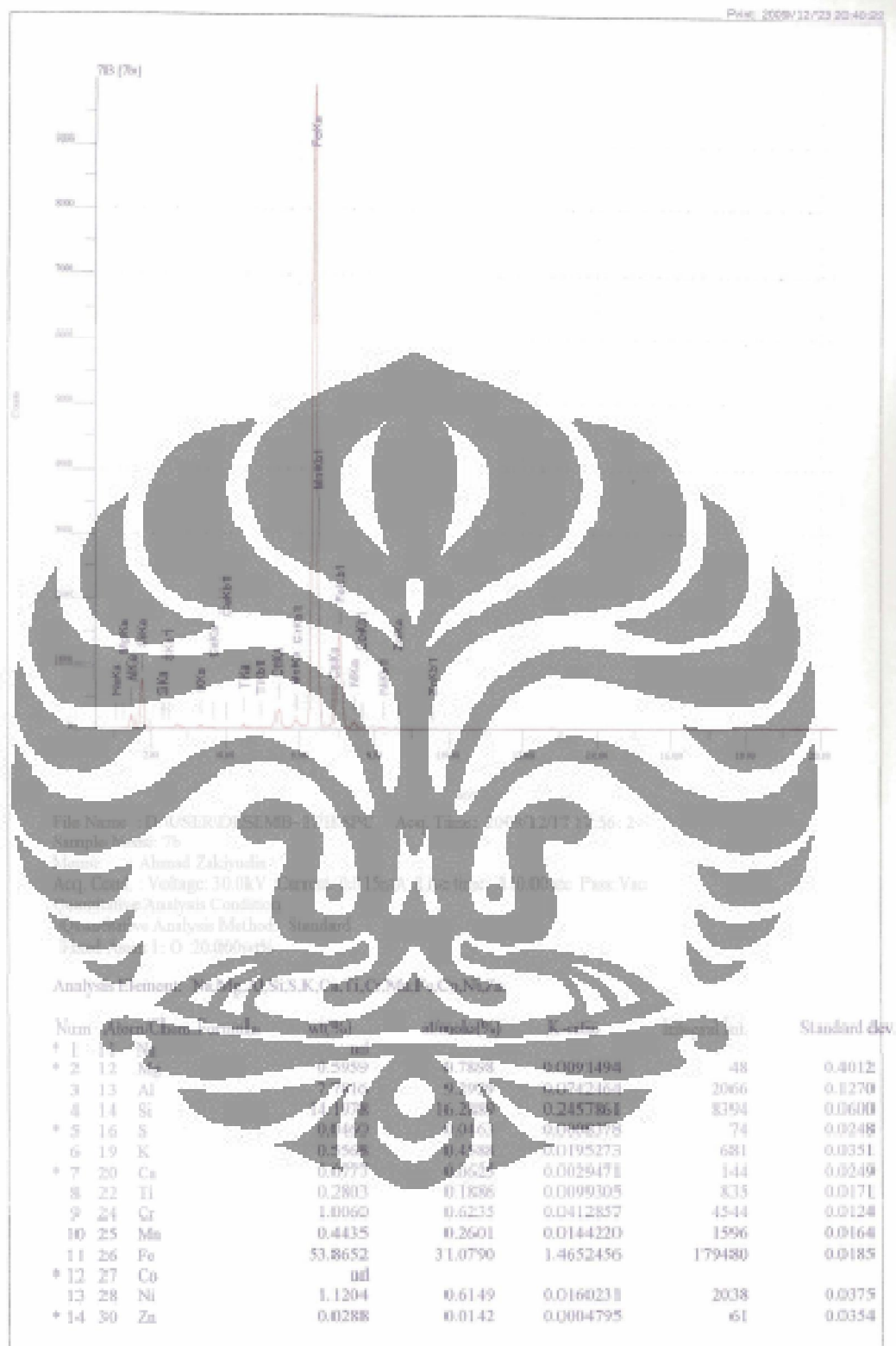


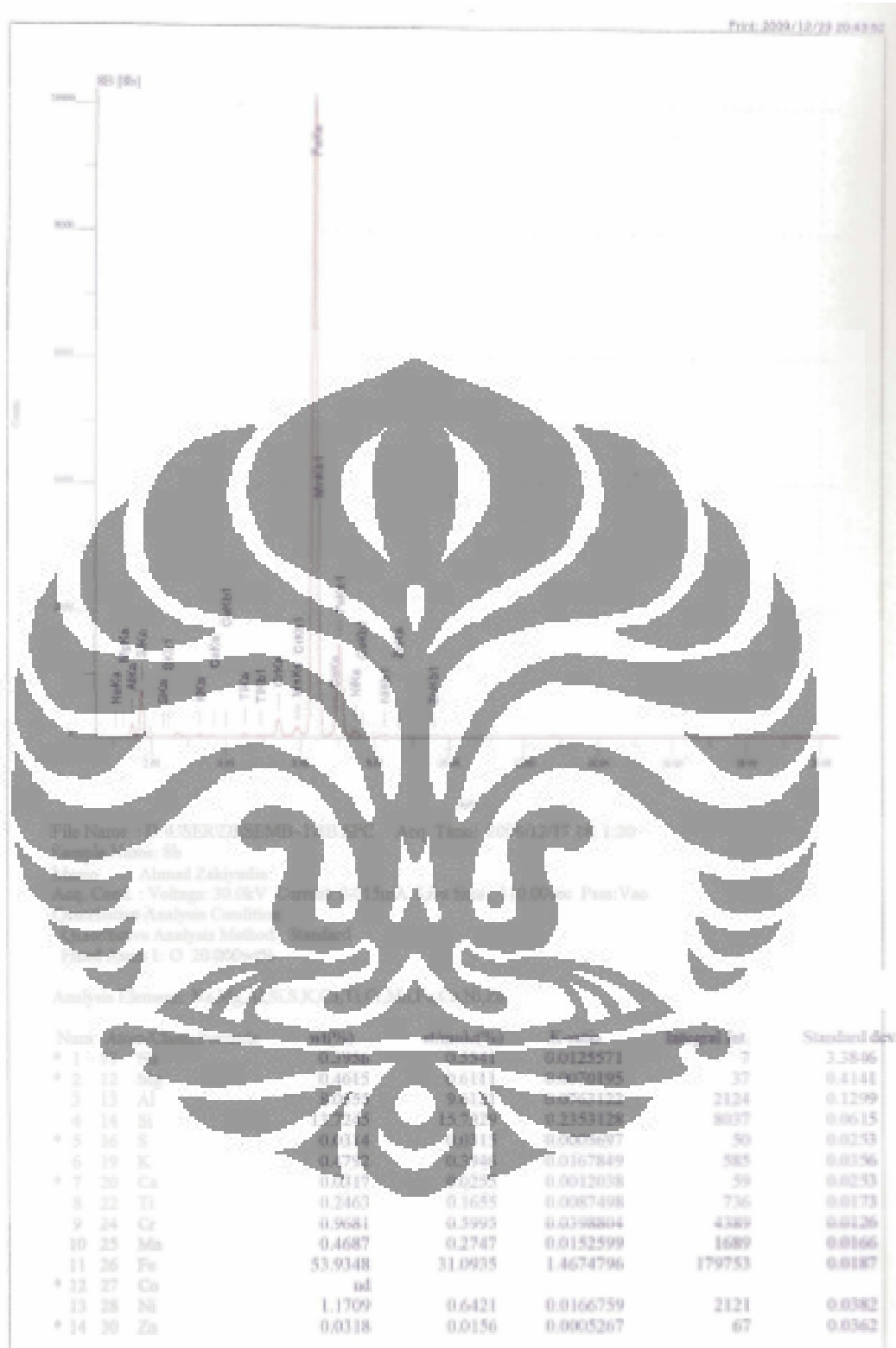


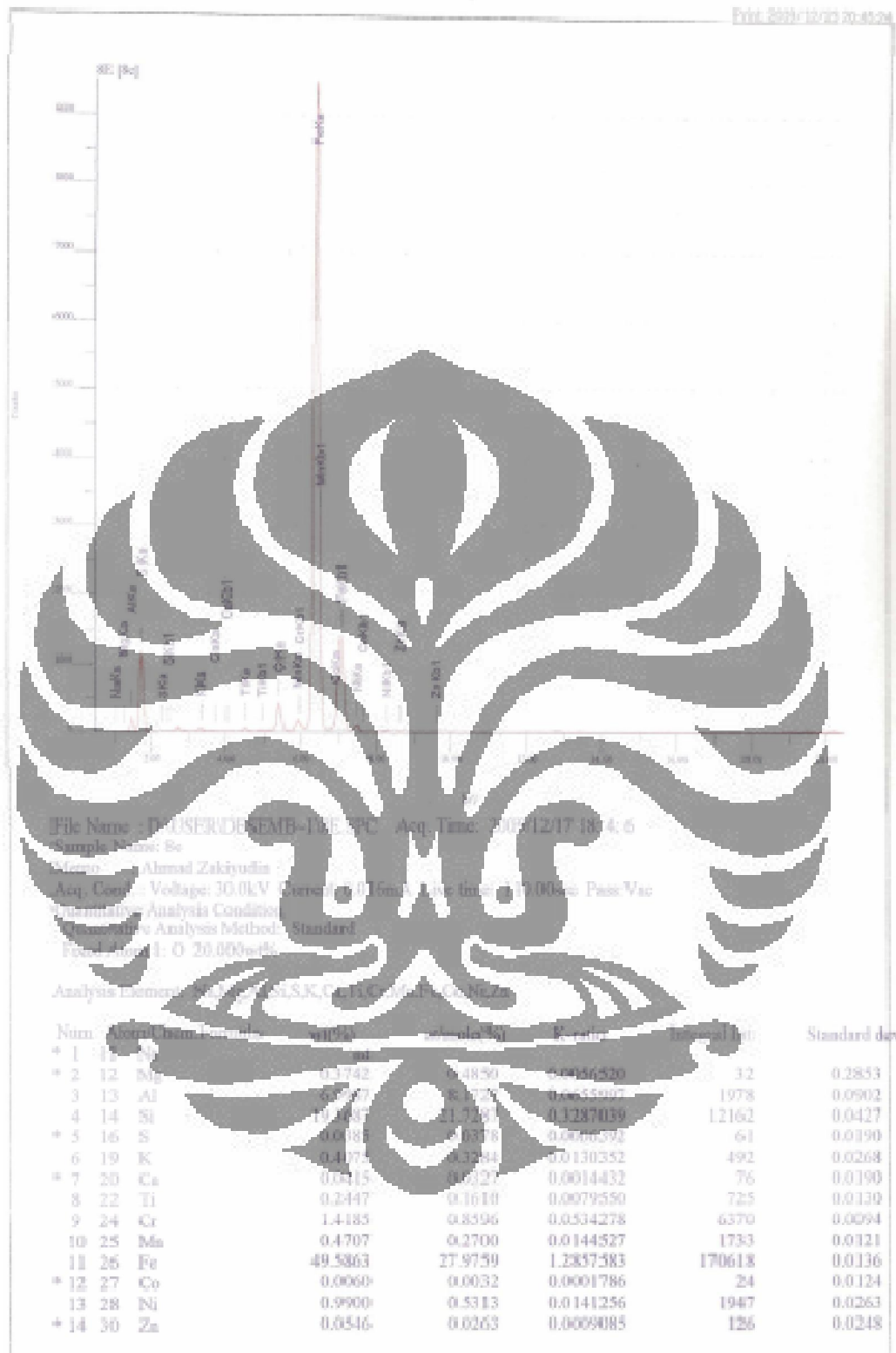


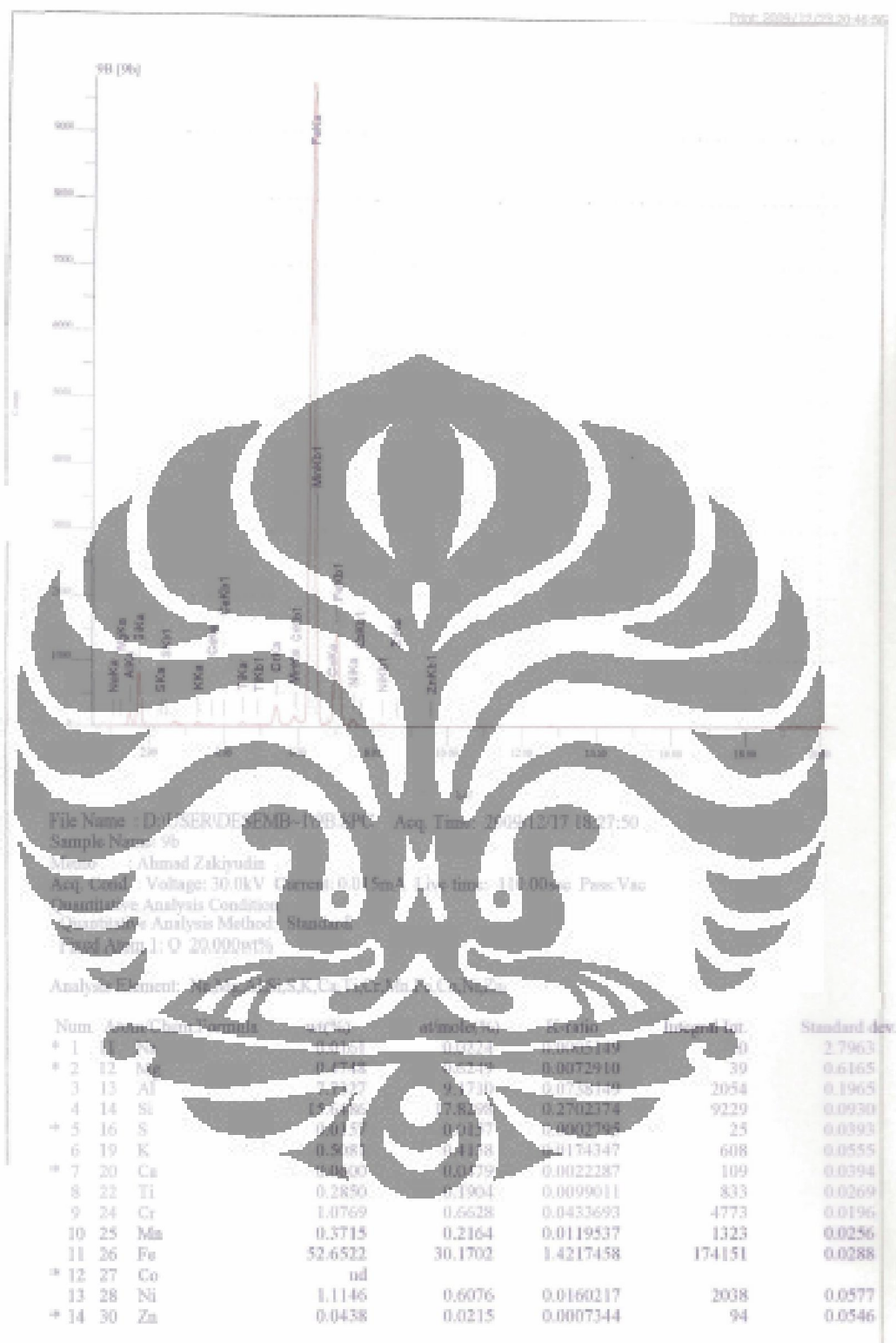


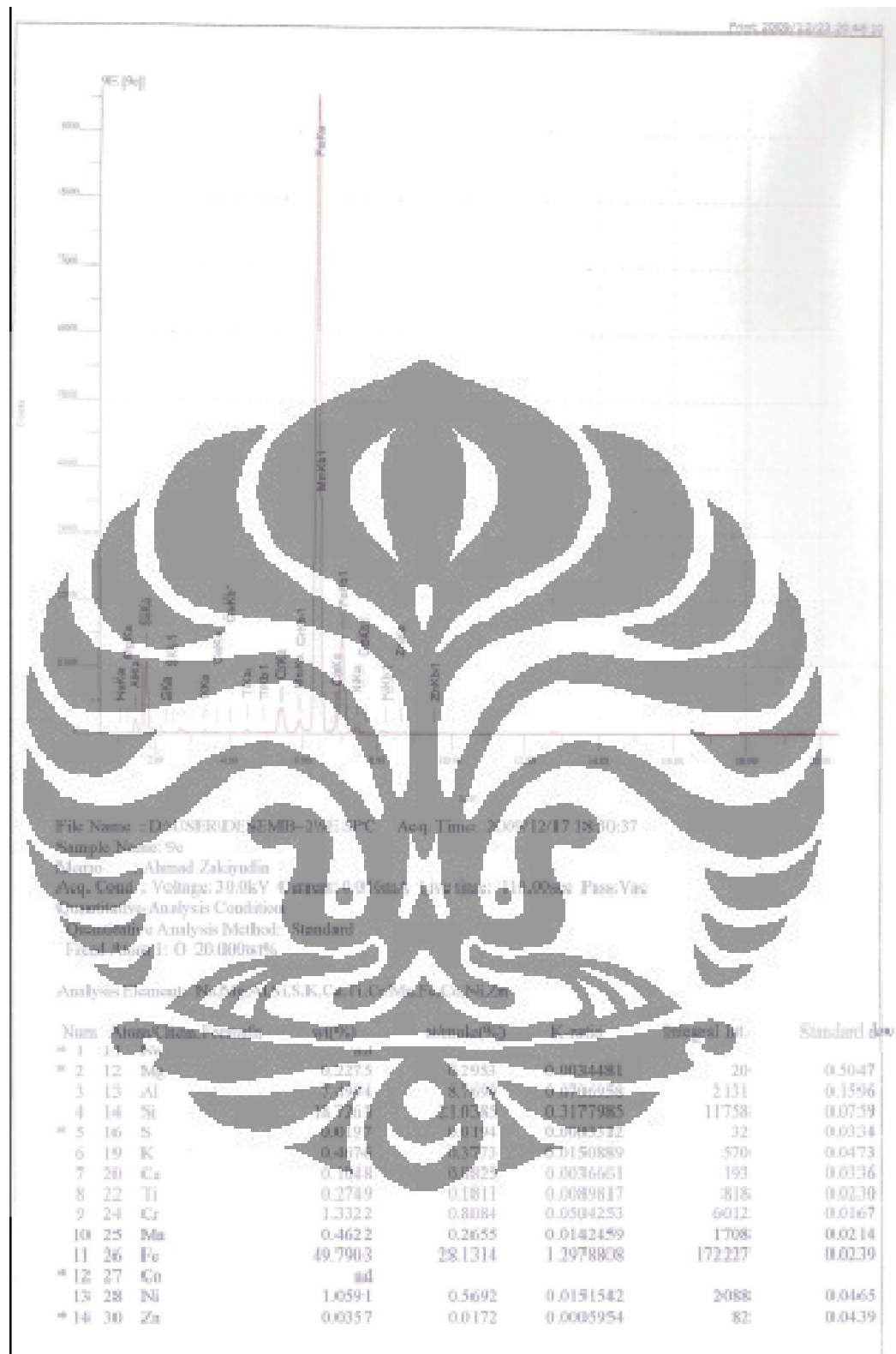




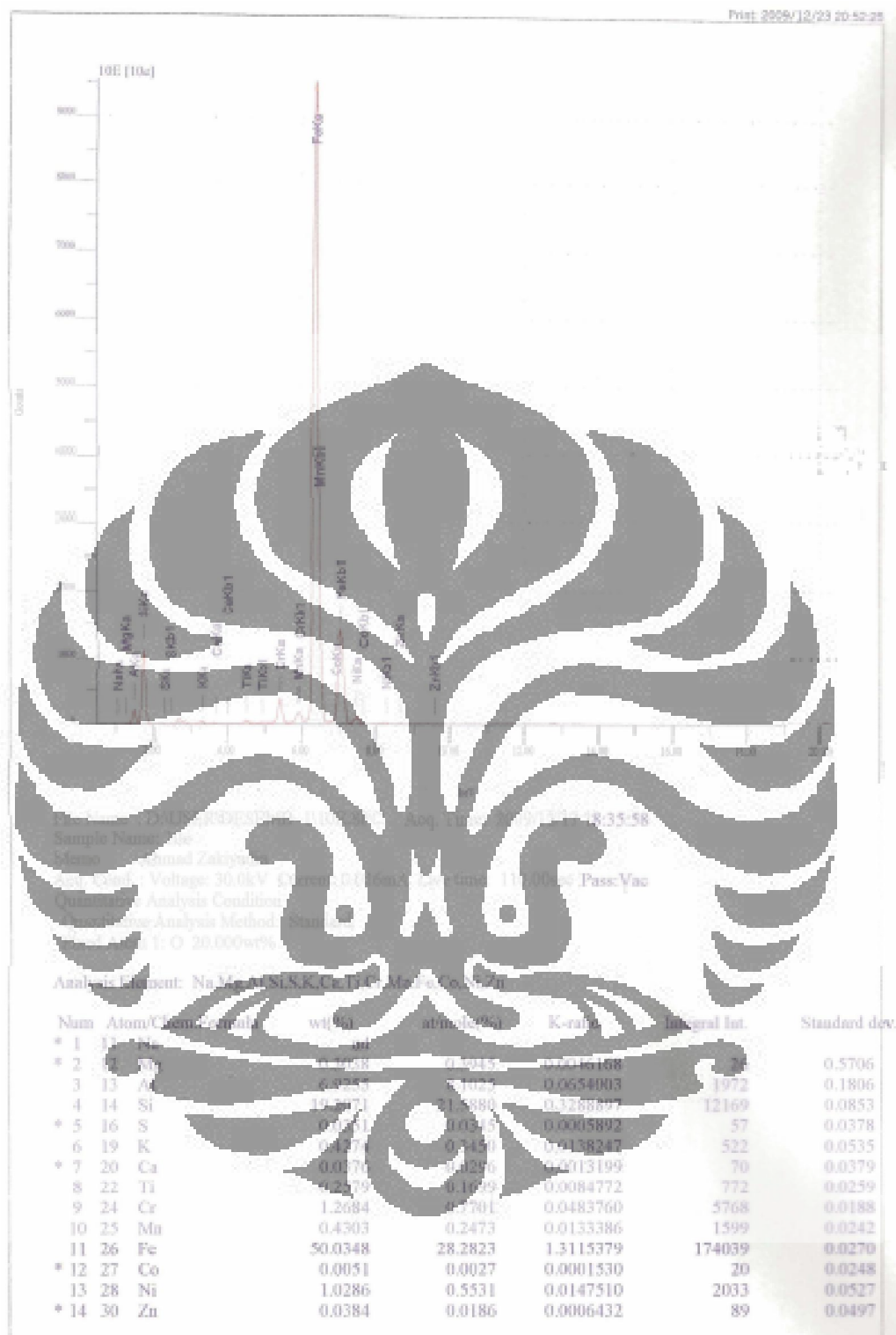


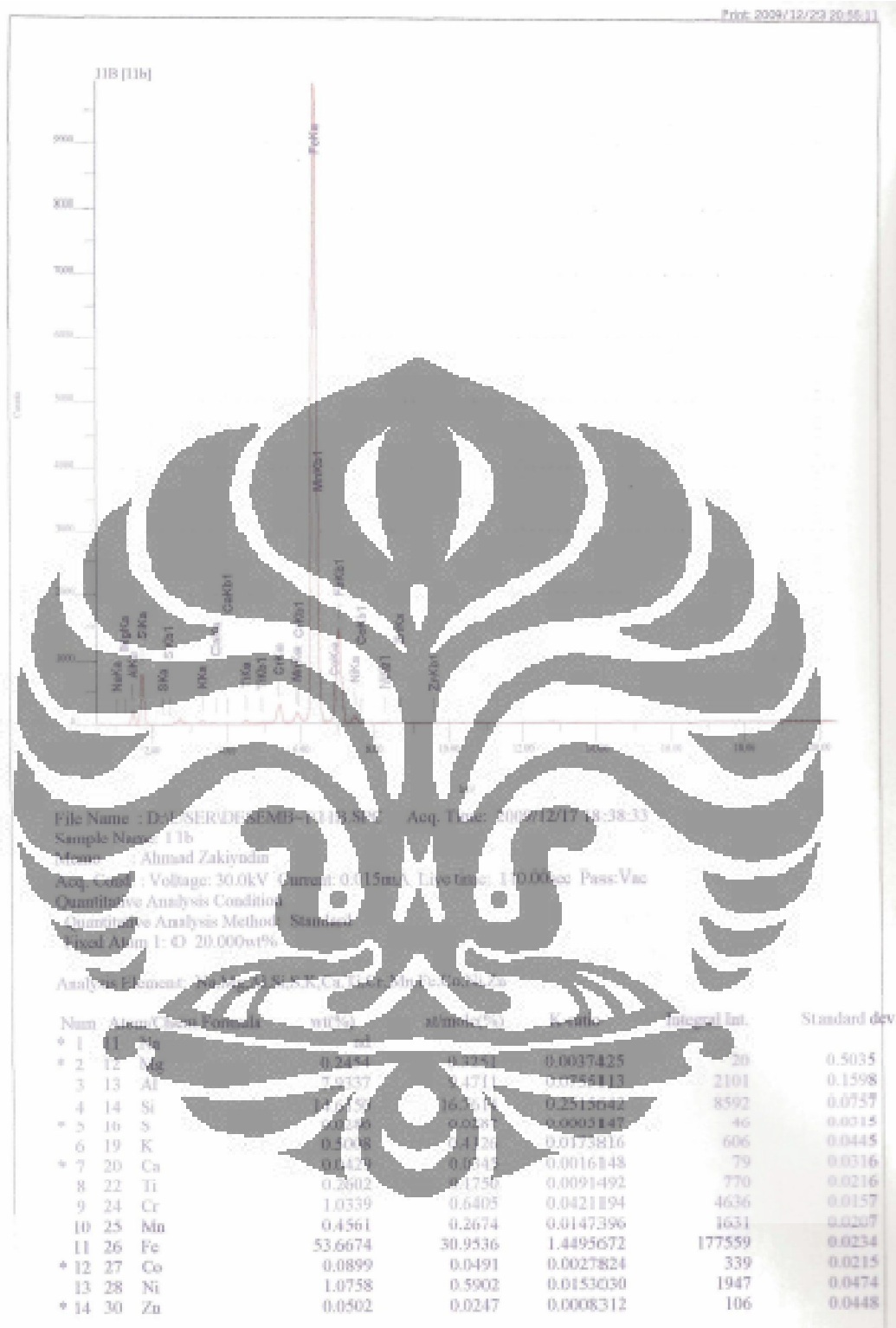


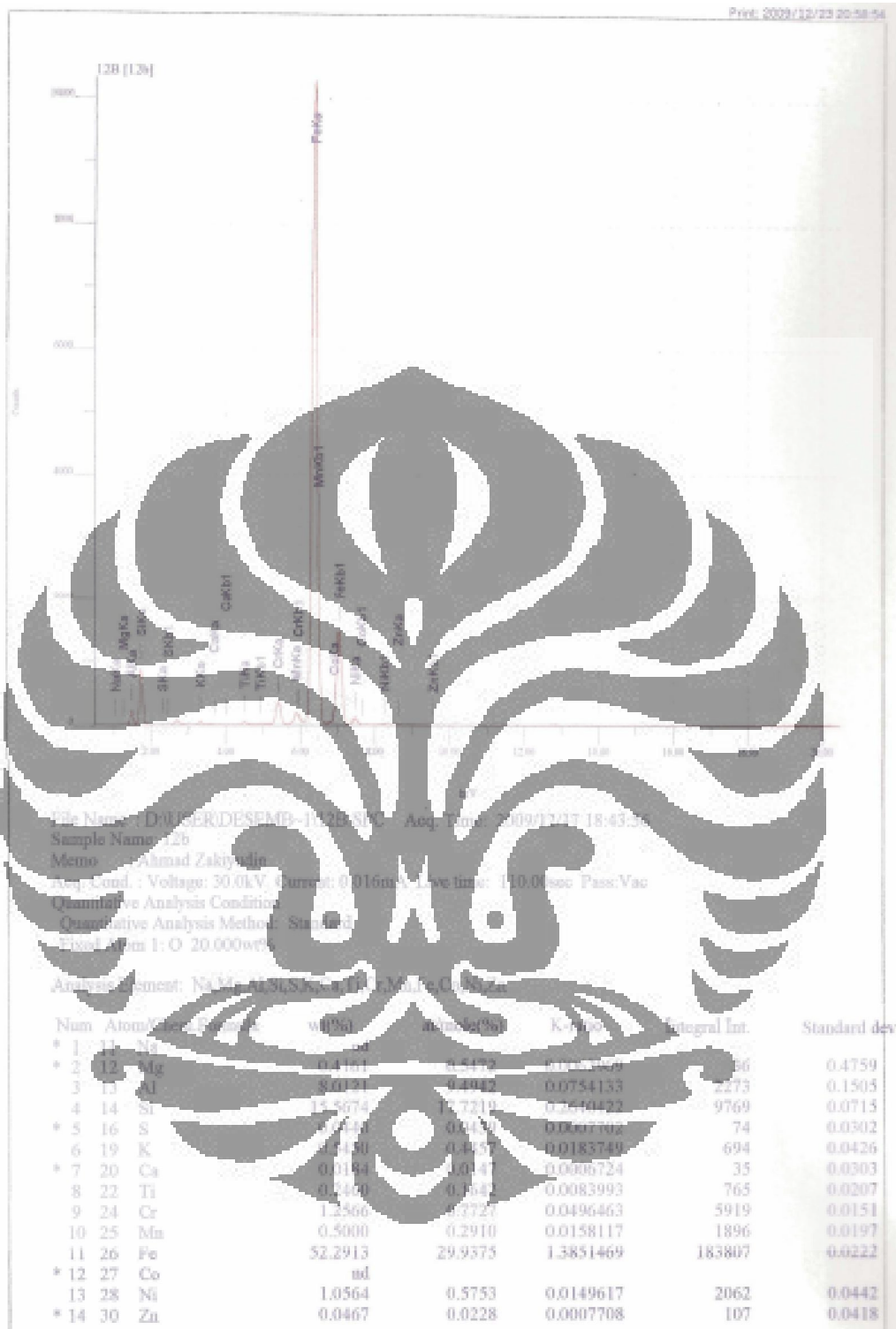




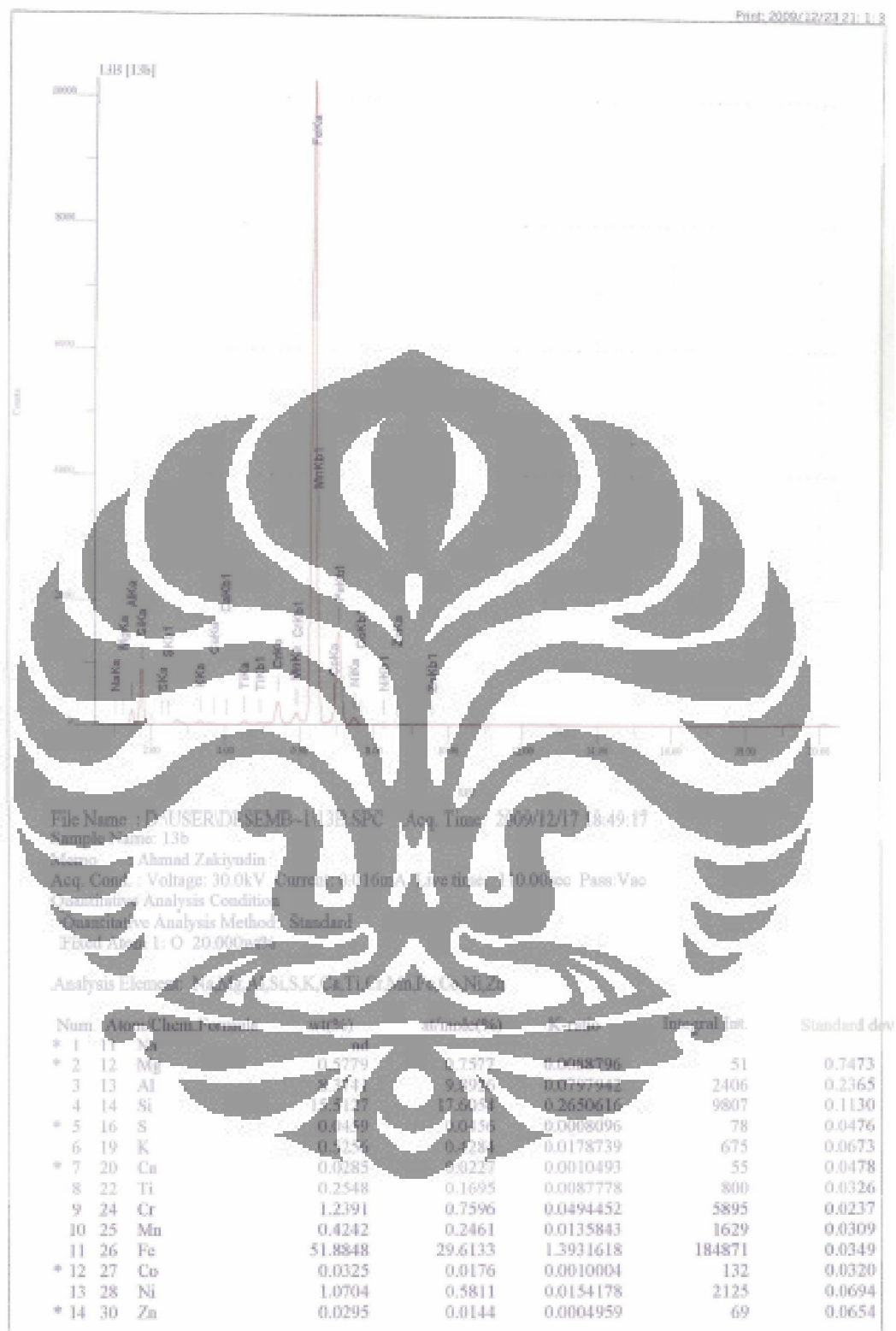


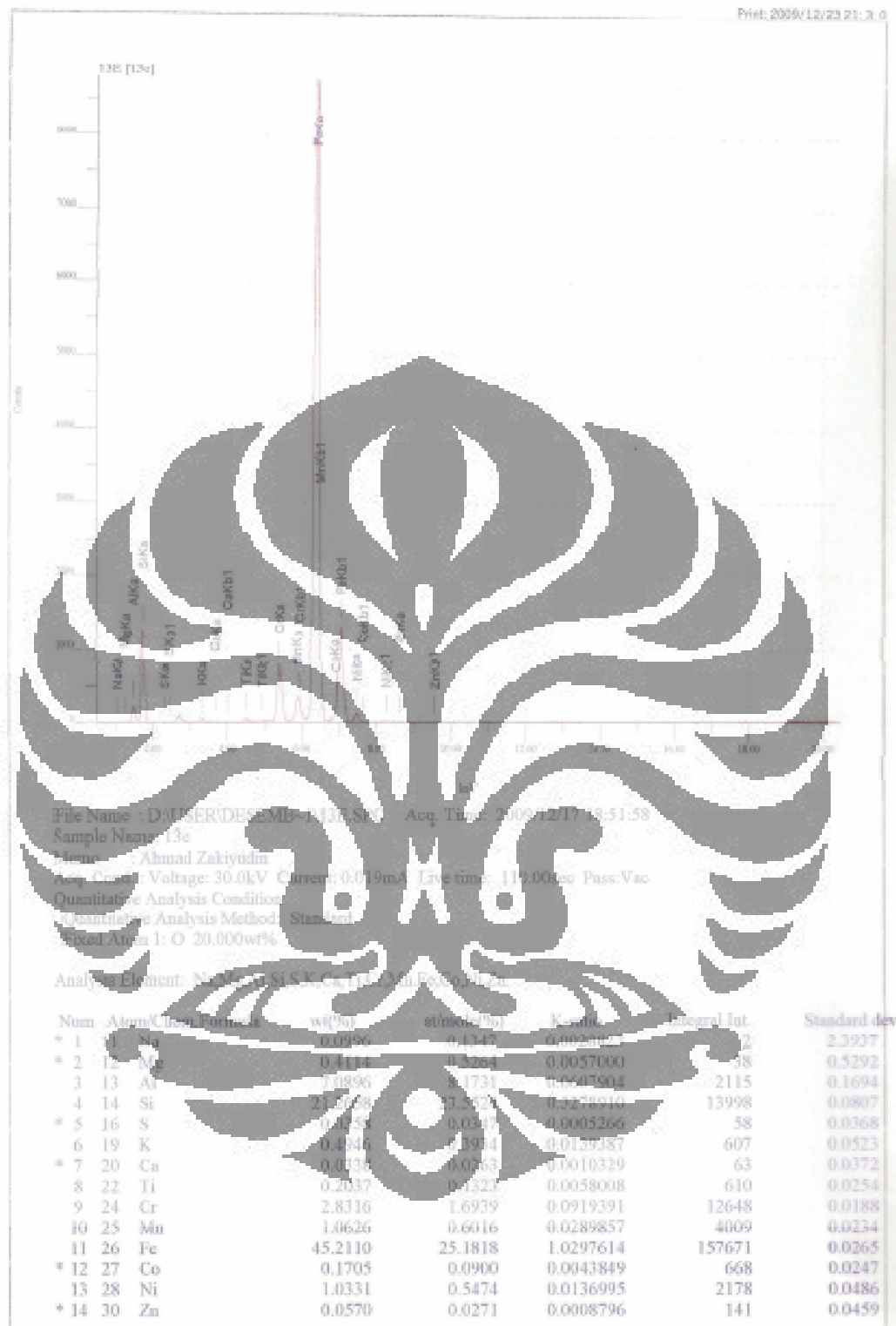




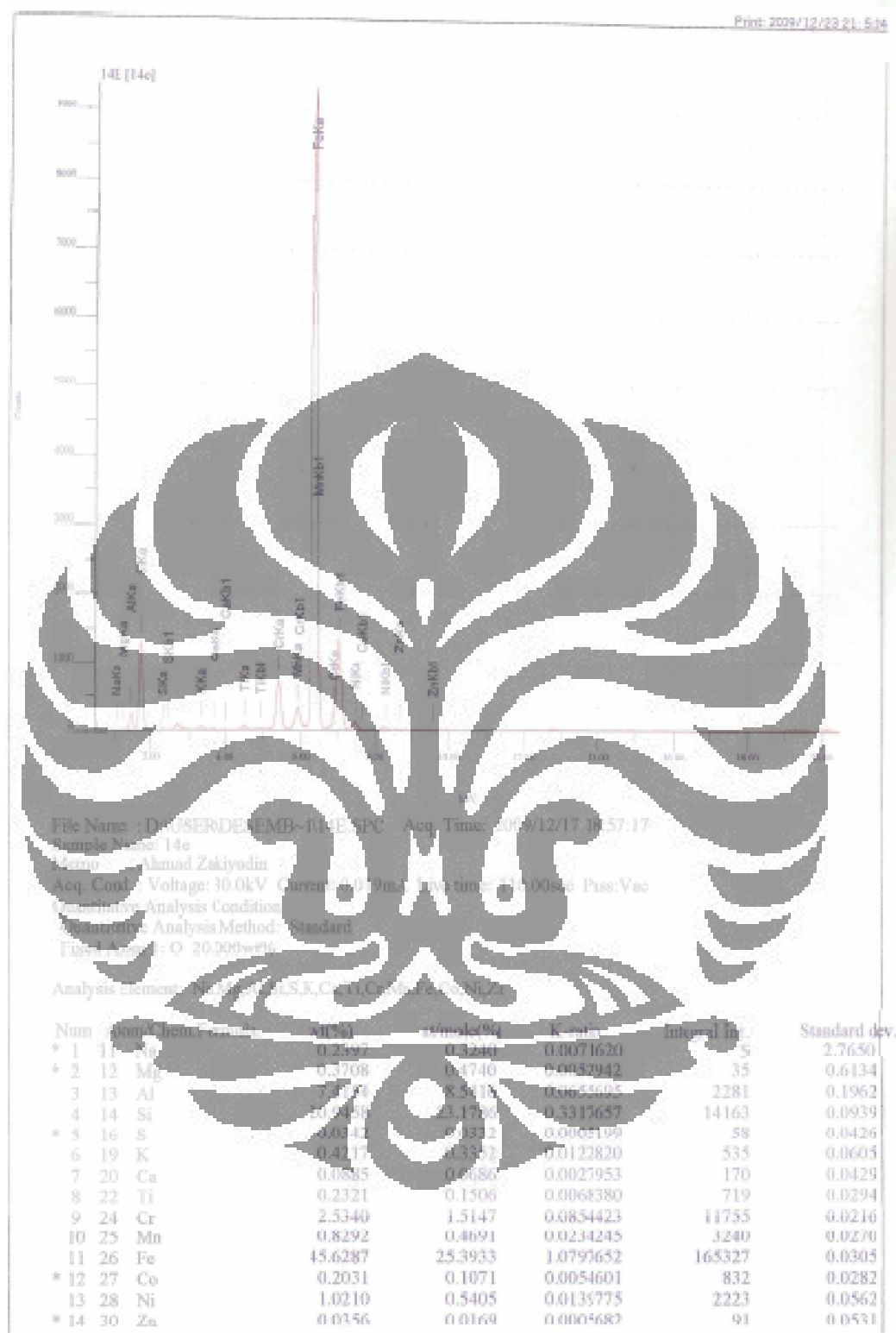


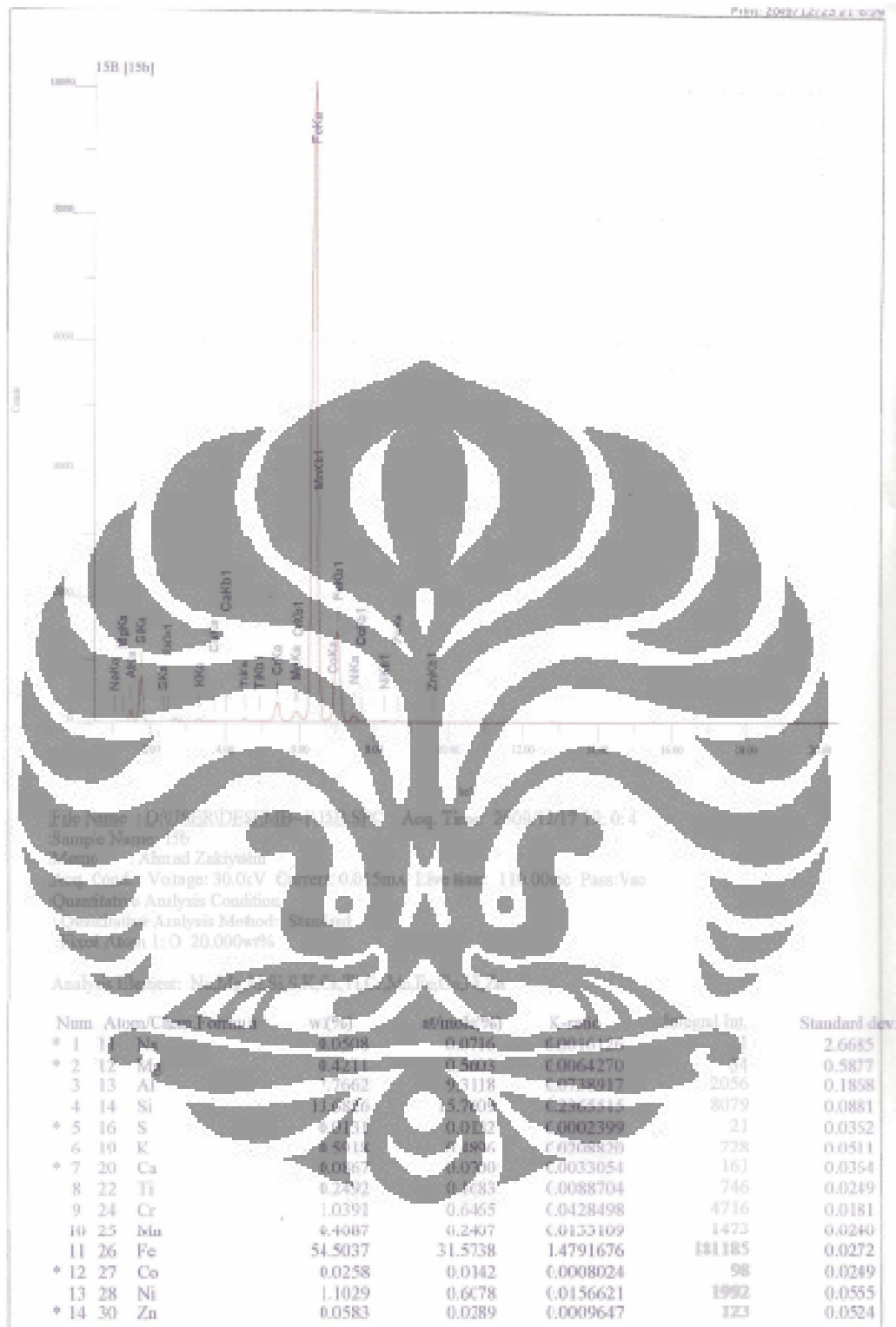


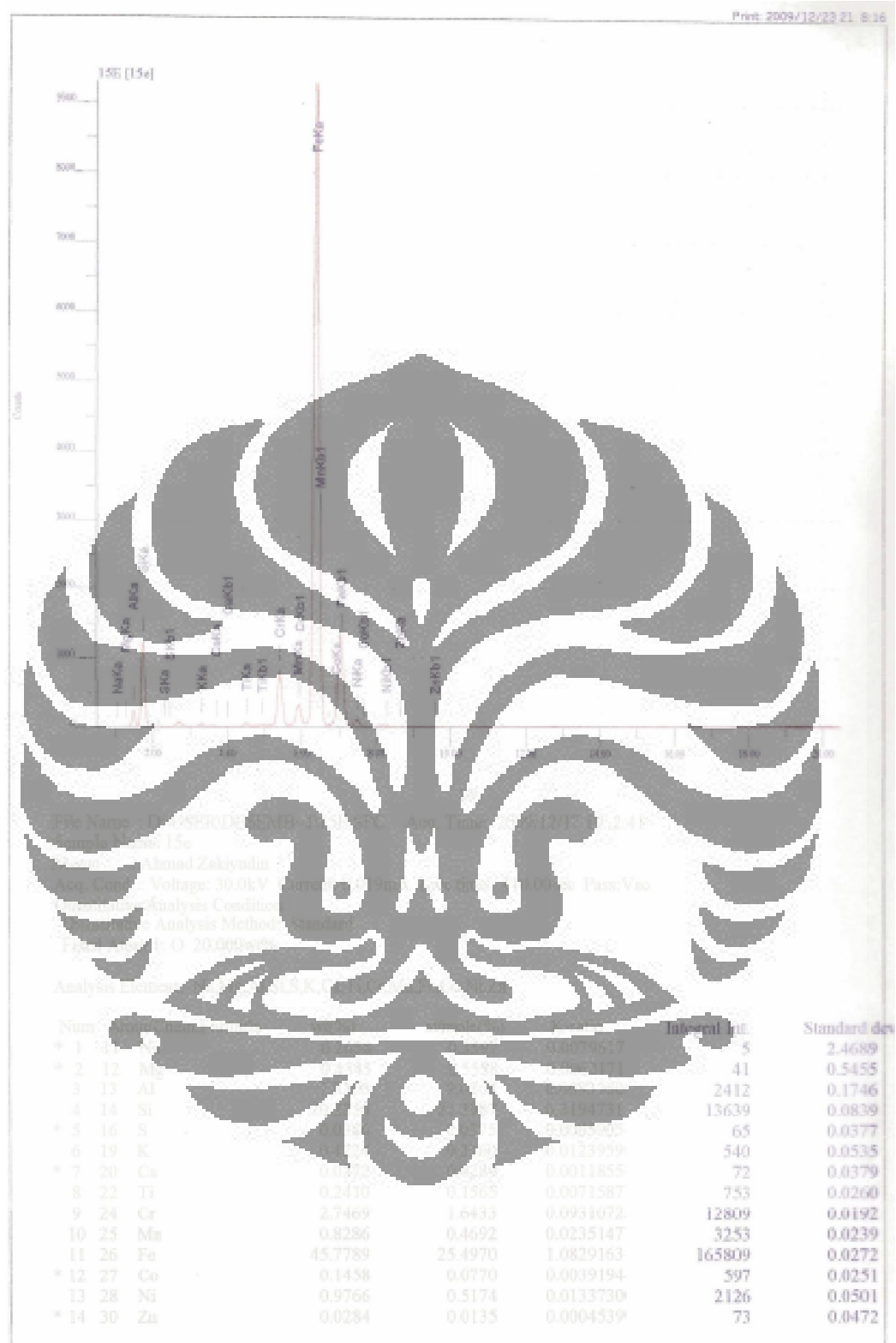












DAFTAR ACUAN

- [1] Fathiabashi. 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy : Volume II* .WILEY-VCH
- [2] <http://www.argosyminerals.com.au/Page/Main/Musongati/geology.htm>
(diakses Desember 2009)
- [3] Nguyen, A.V. 2007. *Flotation*. Elseiver. New South Wales
- [4] B.A.Wills, Napier-Munn T.J, 2006. *Mineral Processing Technology : An Introduction to The Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. 7th edition.
- [5] Tobing, I.R.H.S.L. 2005. *Prinsip Dasar Pengolahan Bahan Galian*. Bandung
- [6] BULATOVIC SRDJAN.M, April 2007. “*Handbook of Flotation Reagents*”, Elsevier Science & Technology Books.
- [7] Arthur F. Taggart., *Handbook of Mineral Dressing : Ores and Industrial Minerals* (New York: John Wiley & Sons)
- [8] UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 4 TAHUN 2009 :
Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

