



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH RASIO SiO_2/MgO PADA REAKSI
KARBOTERMİK CAMPURAN SENYAWA Fe_2O_3 - NiO
DENGAN MENGGUNAKAN REDUKTOR 12% KOKAS**

TESIS

REZA MIFTAHUL ULUM

0906644285

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN KOROSI DAN PERLINDUNGAN LOGAM
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH RASIO SiO_2/MgO PADA REAKSI
KARBOTERMIK CAMPURAN SENYAWA Fe_2O_3 - NiO
DENGAN MENGGUNAKAN REDUKTOR 12% KOKAS**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister teknik

REZA MIFTAHUL ULUM

0906644285

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN KOROSI DAN PERLINDUNGAN LOGAM
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Reza Miftahul Ulum

NPM : 0906644285

Tanda Tangan :

Tanggal : 16 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Reza Miftahul Ulum
NPM : 0906644285
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Tesis : Pengaruh Rasio SiO₂/MgO Pada Reaksi Karbotermik Campuran Senyawa Fe₂O₃ - NiO Dengan Menggunakan Reduktor 12% Kokas

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Sri Harjanto ()

Penguji 1 : Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno ()

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi, DEA ()

Penguji 3 : Deni Ferdian, ST, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister 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 tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia termasuk Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno dan jajaran Pimpinan Departemen, yang telah memberikan beasiswa kepada saya untuk mengenyam pendidikan strata dua di DTMM-FTUI,
2. Dr. Ir. Sri Harjanto, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini,
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan moral dan material; serta
4. Alfian Ferdiansyah, ST, Arif Rahman, ST, Suryadi, ST, Ahmad Zakiyuddin, ST serta teman – teman metalurgi dan material 2005 lainnya yang telah banyak membantu saya.

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

Depok, 16 Januari 2011

Penulis

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

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

Nama : Reza Miftahul Ulum
NPM : 0906644285
Program Studi : Korosi dan Perlindungan Logam
Departemen : Teknik Metalurgi Material
Fakultas : Teknik Universitas Indonesia
Jenis karya : Tesis

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

**PENGARUH RASIO SiO_2/MgO PADA REAKSI KARBOTERMIK
CAMPURAN SENYAWA Fe_2O_3 - NiO DENGAN MENGGUNAKAN
REDUKTOR 12% KOKAS**

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 : 16 Januari 2011

Yang menyatakan

Reza Miftahul Ulum

ABSTRAK

Nama : Reza Miftahul Ulum
Program Studi : Departemen Metalurgi dan Material
Judul :

PENGARUH RASIO SiO_2/MgO PADA REAKSI KARBOTERMIC CAMPURAN SENYAWA Fe_2O_3 - NiO DENGAN MENGGUNAKAN REDUKTOR 12% KOKAS

Indonesia memiliki deposit laterit yang cukup tinggi, di dalam laterit terdapat beberapa logam yang menguntungkan untuk diolah. Laterit memiliki beberapa lapisan yang salah satunya mengandung nikel yang cukup tinggi. Di beberapa perusahaan di Indonesia mengolah laterit untuk dijadikan nikel dengan kemurnian yang tinggi ataupun *ferronickel* dengan mereduksinya menggunakan reduktor berbasis karbon. Kandungan SiO_2 pada saat reduksi, dari beberapa referensi diketahui akan mempengaruhi reduksibilitas Fe dan pada akhirnya akan mempengaruhi *ferronickel* yang dihasilkan.

Tesis ini bertujuan untuk mengetahui reduksibilitas Fe dan pengaruh SiO_2 pada proses reduksi campuran sintesis dengan komposisi senyawa yang dibuat serupa dengan komposisi senyawa utama saprolit Indonesia, salah satu lapisan di dalam laterit yang mengandung Ni yang cukup tinggi. Campuran sintesis ini dibuat dengan maksud agar proses reduksi lebih terkontrol. Adanya SiO_2 pada reduksi senyawa oksida Fe akan menghasilkan fayalit yang sulit tereduksi, sehingga diharapkan gas CO atau CO_2 yang dihasilkan difokuskan untuk mereduksi NiO dan sebagian Fe_2O_3 yang pada akhirnya akan meningkatkan *recovery* Ni.

Pada penelitian digunakan reduktor karbon yang memiliki *fixed carbon* 68% dengan kadar yang sama 12%, SiO_2 yang digunakan divariasikan menjadi 0%, 20% dan 40% , kadar NiO dibuat tetap 2% dan beberapa sampel ditambahkan MgO dengan kadar tetap 14% dan ada yang tidak ditambahkan MgO, lalu sisanya adalah Fe_2O_3 . Temperatur reduksi yang dilakukan adalah 1250 °C. Uji komposisi kimia sebelum dan setelah penelitian digunakan sebagai parameter untuk memastikan pengaruh dari SiO_2 tersebut. Senyawa – senyawa sintesis dicampur merata dengan reduktor karbon, lalu dikompaksi kemudian dilakukan proses karbotermik. Sampel hasil proses karbotermik dikarakterisasi dengan pengujian XRD, XRF, dan SEM.

Hasil pengujian XRD pada produk hasil karbotermik menunjukkan terbentuknya Fe_3O_4 , FeO, FeNi, dan FeSiO_2 atau Fe_2SiO_4 . SiO_2 akan mempengaruhi reduksibilitas Fe, terlihat dari munculnya Fe murni pada hasil karbotermik campuran tanpa penambahan MgO. Dari hasil pengujian SEM menunjukkan logam atau senyawa logam cenderung membentuk kelompok di daerah tertentu pada sampel tanpa penambahan SiO_2 , sedangkan dengan adanya SiO_2 logam atau senyawa logam yang terbentuk cenderung tersebar merata. *Recovery* Ni menunjukkan kecenderungan meningkat dengan meningkatnya kandungan SiO_2 pada campuran dengan penambahan MgO menghasilkan *recovery* Ni sebesar 69,71% pada penambahan 40% SiO_2 dan *recovery* Fe sebesar 91,09% pada penambahan 20% SiO_2 , sedangkan pada campuran tanpa MgO, *recovery* Ni maksimum pada penambahan 20% SiO_2 menghasilkan perolehan Ni sebesar 77,29% dan menghasilkan *recovery* Fe maksimum pada penambahan 40% SiO_2 mencapai 98%.

Kata kunci: Reaksi reduksi, Senyawa sintesis, *Ferronickel*, Reduksibilitas Fe dan Ni

ABSTRACT

Nama : Reza Miftahul Ulum

Study Program : Departemen Metalurgi dan Material

Title :

SiO₂/MgO RATIO EFFECT ON CARBOTHERMIC REACTION OF Fe₂O₃ - NiO COMPOUND BY USING 12% COKES REDUCTOR

Indonesia has the deposit of laterite in a significant number, it contains several commercial metals to be extracted. There are layers within the deposit of laterite and one of the layers contains nickel in a quite high level. Several companies in Indonesia process the laterite into nickel with high purity or ferronickel by reducing it using carbon-based reductor. The SiO₂ content during reduction, from several references known would influence the reducibility of Fe and consequently will influence the ferronickel produced.

The objective is to understand the reducibility of Fe and the influence of SiO₂ on the synthetic mixture reduction process of compound whose composition is made similar to the main composition of compound that compose the saprolitic ore in Indonesia – one of the layers that contains Ni in a quite high level. This synthetic mixture is made with purpose that the reduction process be more controlled. The present of SiO₂ in the reduction of Fe oxide compound will produce fayalite that is difficult to be reduced, thus the gas CO or CO₂ produced is expected to be focused to reduce NiO and some part of Fe₂O₃ which finally will increase the recovery of Ni.

The experiment uses carbon reductor with fixed carbon of 68% with the same content of 12%, the SiO₂ used is varied into 0%, 20%, and 40%, the content of NiO is made fix of 2% and several samples are added with MgO with fix content of 14% and the balance is Fe₂O₃. The reduction process is conducted in the temperature of 1250°C. The chemical analysis of before and after the experiment is used as the parameter to ensure the influence of SiO₂. The synthetic compounds are mixed thoroughly with the carbon reductor, compacted then subjected to carbothermic process. The products of carbothermic process then characterized using XRD, XRF, and SEM.

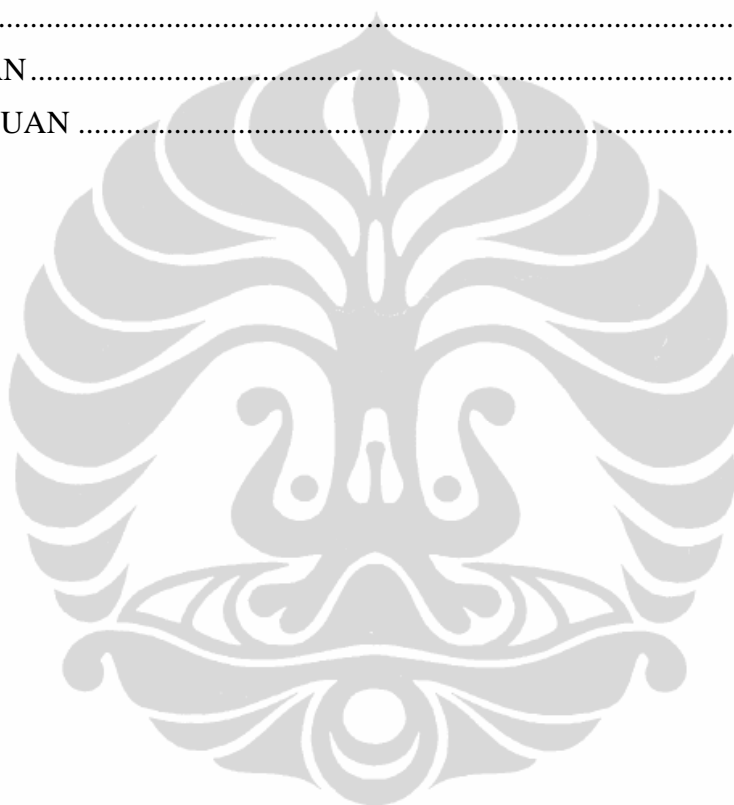
XRD testing result showed that carbothermic product consists of Fe₃O₄, FeO, FeNi, and FeSiO₂ or Fe₂SiO₄, SiO₂. SiO₂ affected the reducibility of Fe-Oxide, from XRD result pure Fe revealed from product of Fe₂O₃, NiO and without MgO mixture. Based on SEM examination, metal or metal compound tend to cluster in some area, on sample without SiO₂ addition. % Ni recovery tend to increase with increasing of SiO₂ addition on sample with MgO addition resulted Ni recovery of 69.71% on the addition of 40% SiO₂ and Fe recovery of 91.09% on the addition of 20% SiO₂, while the mixture without MgO, the maximum Ni recovery was in the addition of 20% SiO₂ produces recovery of 77.29% Ni and Fe maximum recovery on addition of 40% SiO₂ with recovery of 98% Fe.

Keywords: Reduction reaction, Syntetic Compound, Ferronickel, Fe and Ni Reducibility

DAFTAR ISI

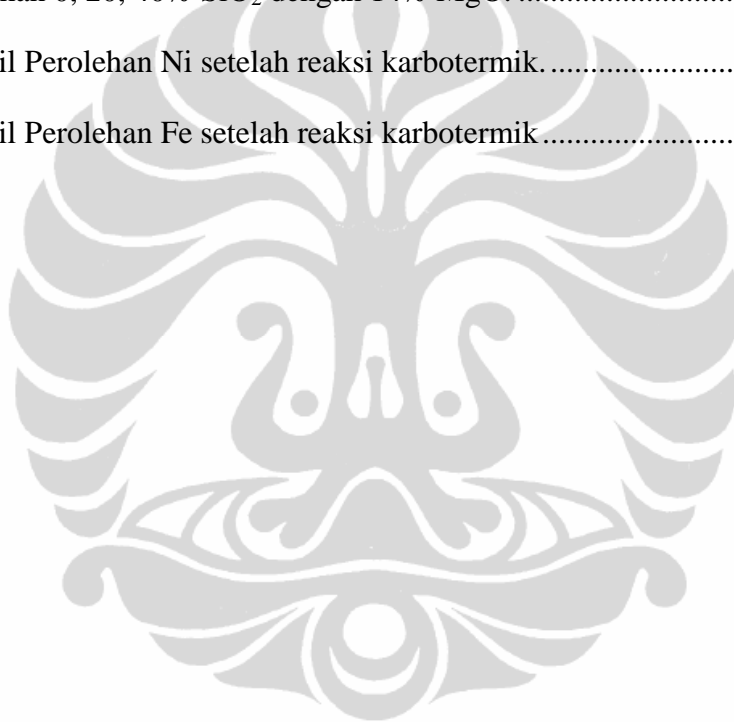
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	2
PENDAHULUAN	2
1.1 LATAR BELAKANG	2
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.3 RUANG LINGKUP	3
1.3.1 Material	4
1.3.2 Parameter Penelitian.....	4
1.4 BATASAN.....	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 BIJIH NIKEL LATERITIK.....	6
2.2 PROSES REDUKSI BIJIH NIKEL LATERITIK.....	9
2.3 PROSES REDUKSI KARBOTERMIK	13
BAB III	18
METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	18
3.2 PROSEDUR PENELITIAN.....	19
3.2.1 Peralatan.....	19

3.2.2 Bahan.....	19
3.2.3 Tahapan Percobaan	20
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 SENYAWA HASIL PROSES KARBOTERMIK.....	26
4.2 STRUKTUR MIKRO PRODUK KARBOTERMIK	31
4.3 PEROLEHAN REAKSI KARBOTERMIK	37
BAB V.....	41
KESIMPULAN.....	41
DAFTAR ACUAN	42



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data berat sampel hingga sebelum dikarakterisasi.	26
Tabel 4.2. Komposisi Kimia Awal Campuran Sampel hasil pengujian XRF.....	27
Tabel 4.3 Perkiraan senyawa dominan yang terbentuk berdasarkan uji EDS pada penambahan 0, 20, 40% SiO ₂ tanpa MgO.	34
Tabel 4.4 Perkiraan senyawa dominan yang terbentuk berdasarkan uji EDS pada penambahan 0, 20, 40% SiO ₂ dengan 14% MgO.	35
Tabel 4.5 Hasil Perolehan Ni setelah reaksi karbotermik.....	37
Tabel 4.6 Hasil Perolehan Fe setelah reaksi karbotermik.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sebaran Bijih Nikel di dunia berdasarkan tipe bijihnya ^[1]	6
Gambar 2.2 Lapisan penyusun Laterit ^[1]	7
Gambar 2.3 Pola XRD lateritik nikel Indonesia dan Filipina ^[20]	8
Gambar 2.4 Pola XRD bijih nikel lateritik Indonesia setelah sinter ^[20]	9
Gambar 2.5 Pengaruh temperatur terhadap laju reduksi Fe ₂ O ₃ murni dan Fe ₂ O ₃ yang dikotori dengan 2,5 – 7,5% SiO ₂ . (a) pada tahap awal reduksi, (b) tahap akhir reduksi ^[5]	11
Gambar 2.6 Diagram terner FeO-MgO-SiO ₂ ^[14]	12
Gambar 2.7 Diagram kesetimbangan sistem FeO-SiO ₂ ^[11]	15
Gambar 2.8 Diagram Boudouard ^[9]	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.2. Mesin Kompaksi (kiri) dan Cetakannya (kanan).	21
Gambar 3.3 Sampel setelah kompaksi, (a) Sampel dengan penambahan 0% SiO ₂ , (b) Sampel dengan penambahan 20% SiO ₂ dan (c) Sampel dengan penambahan 40% SiO ₂	22
Gambar 3.4 Siklus Pemanasan.....	22
Gambar 3.5 Rangkaian alat yang digunakan untuk reaksi karbotermik ^[16]	23
Gambar 3.6 Sampel setelah reduksi, (a) Sampel dengan penambahan 0% SiO ₂ , (b) Sampel dengan penambahan 20% SiO ₂ dan (c) Sampel dengan penambahan 40% SiO ₂	23
Gambar 3.7 Alat Uji XRD	24
Gambar 3.8 Sampel setelah dilakukan pemotongan melintang, (a) Sampel dengan penambahan (dari kiri ke kanan) 0, 20, 40 % SiO ₂ tanpa MgO, dan (b) (dari kiri ke kanan) penambahan 0, 20, 40 % SiO ₂ dengan MgO.....	25

Gambar 4.1 Hasil uji XRD campuran dengan penambahan 0, 20, 40% SiO₂ (berturut – turut dari atas ke bawah) serta keterangan mengenai senyawa yang terbentuk dan JCPDF database..... 28

Gambar 4.2 Struktur mikro sampel dengan penambahan 0, 20, 40% SiO₂ (berturut – turut dari atas ke bawah) dengan menggunakan detektor QBSD-SEM..... 33

Gambar 4.3 Pengaruh penambahan SiO₂ terhadap % *recovery* Fe dan Ni pada sampel dengan (kanan) atau tanpa (kiri) penambahan MgO. 38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Hasil Pengujian SEM.....	45
Lampiran Hasil Pengujian EDS.....	48
Lampiran Hasil Pengujian Kadar Karbon.....	72
Lampiran Hasil Pengujian XRD.....	73
Lampiran Hasil Pengujian XRF.....	86



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Terdapat dua jenis bijih nikel yang bernilai ekonomis untuk dilakukan pengolahan yaitu jenis dengan konsentrasi residual nikel silika hasil pelapukan batuan beku ultrabasa yang sering disebut endapan Nikel Laterit dan deposit Nikel Sulfida yang terbentuk akibat injeksi magma. Di dunia ini cadangan nikel dalam bentuk sulfida mencapai 30% dan sisanya merupakan cadangan dalam bentuk laterit^[1]. Saprolit merupakan salah satu penyusun laterit. Saprolit memiliki kadar nikel yang cukup tinggi berkisar 1,5 – 3% Ni. Di dalam laterit, saprolit merupakan mineral yang lebih kaya akan nikel dibandingkan limonit. Indonesia memiliki kekayaan alam berupa nikel yang melimpah dalam lapisan laterit, dengan total cadangan yang dimiliki Indonesia sebanyak 16% laterit dunia, serta kekayaan akan batubara yang juga melimpah di pulau Kalimantan dan Sumatera. Melihat potensi ini, mungkin pemerintah pun menyadari pentingnya pengelolaan hasil kekayaan alam Indonesia sehingga pada tahun lalu, Indonesia memiliki peraturan perundang – undangan yang baru terkait mineral dan batubara yaitu UU Nomor 4 tahun 1999 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara dimana pemerintah mengeluarkan kebijakan untuk mengharuskan proses pengolahan dan pemurnian komoditas mineral di dalam negeri yang tujuannya untuk memberikan nilai tambah bagi industri mineral nasional, sehingga di masa mendatang tidak diperbolehkan lagi menjual produk mineral dalam bentuk *green ore*.

Umumnya laterit diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok bijih dengan kadar magnesia yang tinggi, seperti saprolit dan kelompok dengan kadar magnesia rendah tapi memiliki kadar besi (Fe) yang tinggi^[2]. Kelompok dengan kadar magnesia yang tinggi umumnya diproses dengan cara *smelting/roasting*. Alasan utama dilakukannya *smelting* pada kelompok bijih ini karena nikel menggantikan magnesium pada kisi magnesium-silikat dan untuk

mendapatkan nikel, diperlukan cara untuk menghancurkan kisi tersebut, dan hal inilah yang terjadi bila dilakukan *smelting* (dalam kondisi reduksi). Dalam mengolah nikel lateritik dengan kadar magnesia yang tinggi seperti saprolit dan garnierit salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah rasio SiO_2/MgO , untuk bijih nikel laterit yang memiliki slag bertemperatur lebur rendah (bijih yang memiliki rasio SiO_2/MgO dengan range 1.8 – 2.2), menghasilkan produk yang memiliki fasa-nikel dengan temperatur lebur yang rendah, oleh karenanya cocok untuk menghasilkan nikel *matte*. Lalu untuk bijih nikel laterit yang memiliki slag bertemperatur lebur tinggi (bijih yang memiliki rasio $\text{SiO}_2/\text{MgO} < 2$ atau > 2.5) cocok untuk menghasilkan *ferronickel*, sedangkan bijih yang memiliki rasio SiO_2/MgO dengan range 2.3 – 2.5 bersifat sangat korosif pada *furnace lining*, untuk itu perlu dilakukan perubahan pada komposisi kimia umpan atau bijih yang akan diproses dengan pencampuran atau *fluxing*, sebelum bijih tersebut dapat dilakukan proses *smelting*.^[13]

Dari hasil penelitian sebelumnya, bijih nikel saprolitik Indonesia cenderung mengalami kenaikan kadar *recovery* nikel pada penambahan reduktor berupa antrasit dan arang batok kelapa yang semakin meningkat, (dari 10, 13, 15, dan 20% reduktor) dengan kadar *recovery* nikel mencapai 70 – 80%^[3]. Kadar *recovery* ini masih mungkin ditingkatkan mengingat kadar *recovery* nikel 70 – 80% diperoleh dari proses karbotermik yang hanya direduksi dengan penambahan reduktor saja dan kondisi atmosfer reduksi tanpa gas pelindung dan tanpa gas pereduksi tambahan. Di penelitian lainnya, nikel saprolitik yang dilakukan proses reduksi diberikan tambahan sulfur (tanpa tambahan reduktor berbasis karbon) serta direduksi dengan gas yang terdiri dari CO , CO_2 , dan N_2 , setelah proses reduksi selesai produk hasil reduksi kemudian dimasukkan kedalam larutan amoniak sehingga dihasilkan *recovery* nikel dengan kadar lebih dari 80%^[4]. Dalam penelitian lain dilakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh pengotor seperti SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MnO_2 , dan lainnya terhadap perilaku reduksi besi oksida^[5], lalu dalam penelitian yang lain pula ditemukan bahwa SiO_2 mempengaruhi reduksibilitas besi oksida di dalam atmosfer reduksi gas H_2 , CO ,

dan campuran CO-H₂, mereka menemukan terjadinya pembentukan fayalit (2FeO.SiO₂) pada tahap selanjutnya ^[6].

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Penggunaan rasio SiO₂/MgO yang divariasikan diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai reduksibilitas Fe dan Ni pada campuran sintesis yang disusun menyerupai bijih nikel saprolitik Indonesia serta pengaruhnya terhadap perolehan Ni setelah proses karbotermik,
2. Penggunaan senyawa – senyawa sintesis yang disusun menyerupai senyawa utama penyusun bijih nikel saprolitik Indonesia dilakukan dengan harapan proses reduksi lebih terkontrol dan perilaku reduksi senyawa – senyawa tersebut dapat diidentifikasi lebih jelas,
3. Penggunaan SiO₂ yang divariasikan diharapkan dapat memberi pemahaman mengenai terbentuknya senyawa fayalit yang berperan pada perolehan Fe dan Ni setelah proses karbotermik.

1.3 RUANG LINGKUP

Pada penelitian ini dikaitkan dengan penelitian sebelumnya, proses reduksi saprolit nikel sintesis dicapai dengan penambahan reduktor berupa kokas serta gas N₂ digunakan sebagai gas pelindung. Dengan adanya reduktor dan kontrol atmosfer saat proses reduksi dengan gas pelindung diharapkan dihasilkan *recovery* logam Ni dan Fe yang optimum lalu perilaku reduksi dan perubahan struktur campuran Fe₂O₃, NiO, dengan atau tanpa MgO pun dapat diketahui. Batasan pada penelitian ini adalah penggunaan material baku berupa bahan – bahan sintesis kecuali reduktor berbasis karbon yang berasal dari kokas. Skala penelitian ini juga dibatasi pada skala laboratorium, namun demikian fleksibilitas pengembangan skala juga menjadi perhatian, sehingga kondisi optimal pemrosesan tidak bergantung terhadap skala dan memungkinkan jika diterapkan pada skala yang lebih besar.

1.3.1 Material

1. Campuran senyawa sintetis yang dibuat serupa dengan komposisi senyawa utama bijih saprolitik Indonesia, yaitu Fe_2O_3 , NiO, MgO dan SiO_2 sintetis,
2. Di dalam tiap – tiap sampel mengandung NiO dengan kadar 2%, dengan atau tanpa MgO 14%, SiO_2 yang divariasikan 0, 20 dan 40%, kokas 12%, serta sisanya adalah Fe_2O_3 (semua senyawa dalam *wt.%*).
3. Reduktor berbasis karbon berasal dari kokas yang memiliki *fixed carbon* 68% dan kadar dalam sampel dibuat tetap yaitu sebanyak 12%.
4. Campuran yang menggunakan 0% SiO_2 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO_2/MgO sebesar 0%, lalu campuran yang menggunakan 20% SiO_2 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO_2/MgO sebesar 1.42%, dan campuran yang menggunakan 40% SiO_2 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO_2/MgO sebesar 2.85%.

1.3.2 Parameter Penelitian

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini dikategorikan menjadi dua macam, yaitu campuran Fe_2O_3 , NiO, SiO_2 dan reduktor lalu campuran Fe_2O_3 , NiO, MgO, SiO_2 dan reduktor, dengan kadar masing – masing senyawa seperti yang sudah disebutkan pada bagian 1.3.1
2. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF), serta SEM-EDX

1.4 BATASAN

Batasan – batasan pada penelitian ini antara lain:

1. Semua bahan yang digunakan merupakan bahan sintetis kecuali reduktor.
2. Proses reduksi dilakukan pada temperatur 1250 °C dan atmosfer dikondisikan inert dengan mengalirkan gas nitrogen.
3. Kadar kokas dan NiO dibuat tetap pada masing – masing sampel yaitu masing – masing 12 dan 2%
4. Penelitian ini dibuat dalam skala laboratorium.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori pendukung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN

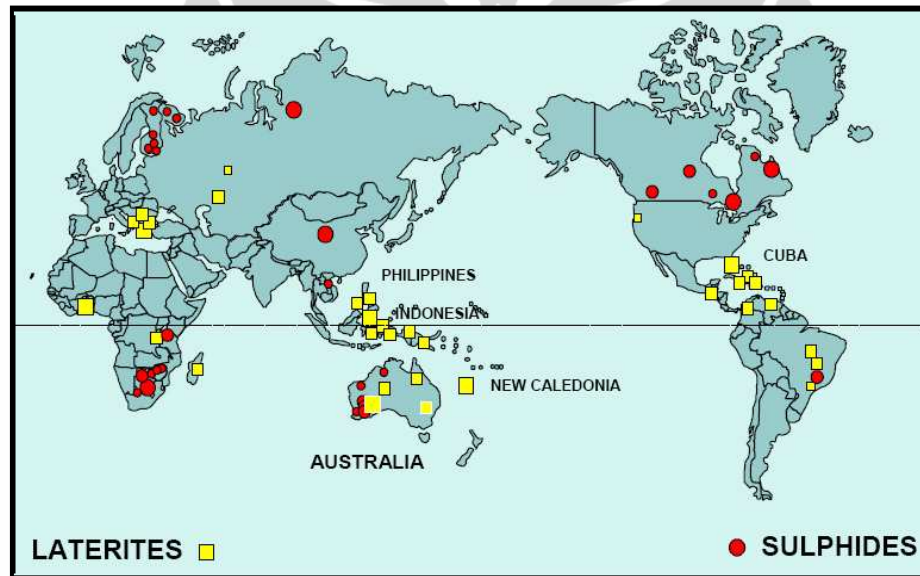
Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BIJIH NIKEL LATERITIK

Nikel adalah logam putih keperak-perakan, bila dipadukan dengan logam lain, akan meningkatkan kekuatan, ketangguhan dan ketahanan korosi paduannya. Bijih nikel yang penting secara ekonomis terbagi menjadi dua tipe, sulfida dan oksida. Indonesia memiliki deposit nikel yang cukup tinggi dalam bentuk oksida, yaitu berupa laterit, dengan sebaran seperti Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Sebaran Bijih Nikel di dunia berdasarkan tipe bijihnya^[1].

Dari Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa Indonesia memiliki deposit nikel dalam bentuk laterit dengan sebaran paling banyak di Sulawesi. Di dunia ini cadangan nikel dalam bentuk sulfida mencapai 30% dan sisanya merupakan cadangan dalam bentuk laterit^[1], dan Indonesia memiliki cadangan laterit dengan total cadangan sebanyak 16% laterit dunia.

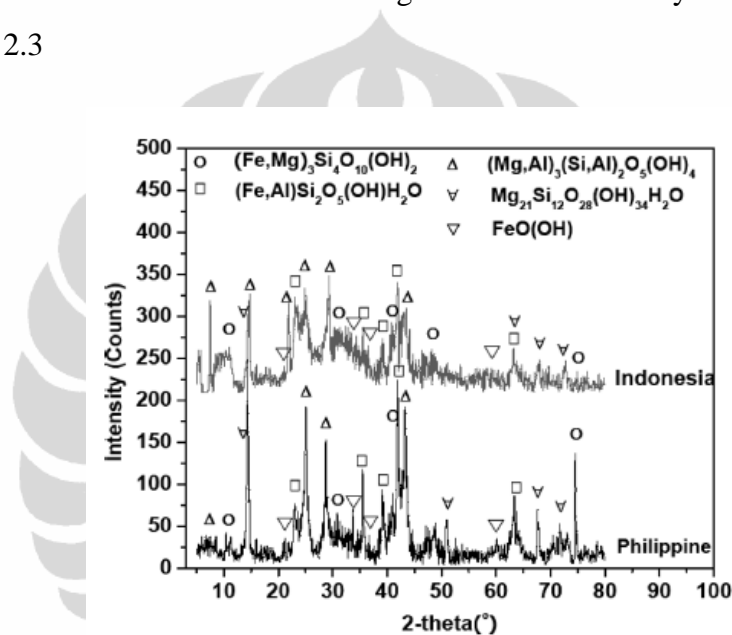
Laterit itu sendiri merupakan bijih yang tersusun atas beberapa lapisan, seperti Gambar 2.2 berikut:

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4	0.02 to 0.1	25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3		10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Gambar 2.2 Lapisan penyusun Laterit^[1]

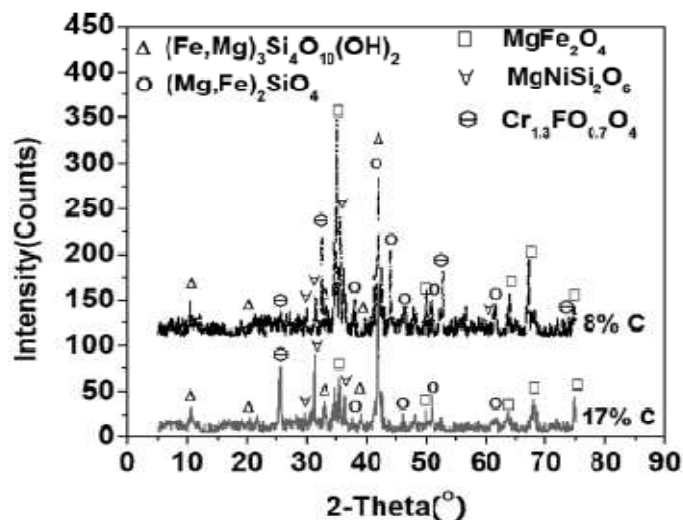
Salah satu penyusun laterit yaitu saprolit, bijih yang mengandung nikel dengan kadar yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan lapisan yang lain misalnya limonit. Lapisan saprolit ini merupakan hasil pelapukan batuan peridotit, berwarna kuning-kecoklatan, terletak di bagian bawah dari lapisan limonit, dengan ketebalan rata-rata 7 meter. Campuran dari sisa-sisa batuan, butiran halus limonit, *saprolitic rims*, urat dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, dan mangan, bentukan dari suatu zona transisi dari limonit ke *bedrock*. Terkadang terdapat mineral kuarsa yang mengisi rekahan. Memiliki kadar (sekitar) Ni 1,5 – 3%, Fe 10 – 25%, MgO 10 – 35%, Co 0.02 – 0.1%^[1].

Suatu penelitian tentang perubahan mineral bijih nikel lateritik (yang didominasi oleh saprolit) Indonesia dan Filipina selama proses *sintering*^[20]. Pada penelitian tersebut, diamati senyawa – senyawa penyusun laterit nikel Indonesia dan Filipina lalu dibandingkan sebelum dan setelah proses *sinter* dilakukan. Dari hasil pengujian komposisi kimia, diketahui bahwa lateritik nikel Indonesia memiliki kadar MgO dan SiO₂ yang lebih tinggi dari nikel lateritik Filipina, dengan kadar 14,06 (wt. %) dan 40,76 (wt. %), dari hasil pengujian XRD diketahui bahwa lateritik nikel dari kedua negara disusun oleh senyawa – senyawa pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pola XRD lateritik nikel Indonesia dan Filipina^[20].

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa lateritik nikel dari kedua negara merupakan tipikal bijih saprolit yang mengandung mineral *Mg-Silicate* dan *Mg-Fe Silicate*. Dan pada saat pemanasan dilakukan diketahui bahwa lateritik Indonesia pada temperatur 569,8 °C terjadi penghilangan gugus hidroksil *chlorite* (Fe,Mg,Al)₃(Si,Al)₂O₅(OH)₄, lalu pada temperatur 823 °C *chlorite* terdekomposisi menjadi MgO dan SiO₂. Semua air kristal yang terkandung di dalam *serpentine* Mg₂₁Si₂O₂₈(OH)₃₄H₂O akan hilang diatas temperatur 500 °C, dan terbentuklah Mg₃Si₂O₅(OH)₄ hingga terjadilah dekomposisi hidroksil *chlorite* menghasilkan MgO dan SiO₂. Senyawa hasil sinter nikel laterit Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Pola XRD bijih nikel lateritik Indonesia setelah sinter [20].

Dari Gambar 2.4 di atas diketahui bahwa fasa utama hasil sinter bijih nikel laterit Indonesia adalah $(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$ dan MgFe_2O_4 . Selama proses pemanasan, senyawa yang terkandung di dalam mineral terurai menjadi Fe_2O_3 , SiO_2 dan MgO yang dapat membentuk MgSiO_4 , MgFe_2O_4 , dan $(\text{Fe,Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_6$. Cr menggantikan Fe di kisi Fe_3O_4 membentuk $\text{Cr}_{1.3}\text{Fe}_{0.7}\text{O}_4$.

2.2 PROSES REDUKSI BIJIH NIKEL LATERITIK

Penelitian terkait proses reduksi nikel laterit yang bertujuan untuk memperoleh *recovery* logam *non-ferrous* sudah dilakukan sejak lama. Nikel laterit umumnya mengandung mineral – mineral seperti garnierit, limonit, juga serpentin. Nikel dalam bentuk senyawa oksida umumnya ditemukan cobalt, dan jika cobalt ditemukan, biasanya cobalt dilakukan koekstraksi bersamaan dengan nikel^[17]. Dalam pengolahan nikel lateritik, metode serta proses yang memungkinkan untuk menghasilkan persentase (*recovery*) nikel yang paling tinggi dengan biaya yang paling ekonomis menjadi perhatian khusus. Beberapa penelitian mengenai teknik ekstraksi logam – logam berharga dari bijih nikel lateritik^[18, 19] mengemukakan proses pengolahan nikel dalam kondisi atmosfer reduksi dan temperatur yang meningkat akan mempengaruhi proses reduksi nikel laterit. Selain itu, diketahui pula bahwa sejumlah aditif dengan penambahan tertentu dapat mempengaruhi reduksi selektif nikel, karena beberapa aditif

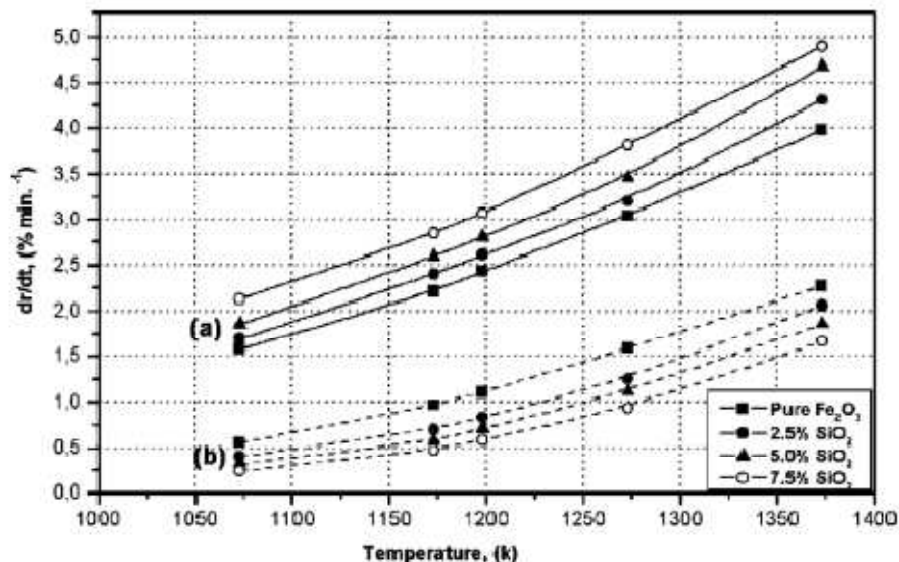
tersebut mencegah terbentuknya metalik nikel pada proses ekstraksi tahap lanjut, misalnya sulfur^[19], sehingga memungkinkan *recovery* Ni yang meningkat.

Penelitian dibidang reduksi nikel lateritik tidak hanya berfokus pada perolehan *recovery* Ni yang tinggi, tapi di beberapa penelitian yang lain menitikberatkan penelitiannya untuk memperoleh metalik nikel (*ferronickel*) dengan kadar yang tinggi. Dari salah satu literatur menyatakan^[7], terdapat suatu parameter tertentu yang dapat dijadikan acuan dimana suatu nikel lateritik dapat diolah untuk menghasilkan *recovery* nikel yang tinggi atau untuk menghasilkan *ferronickel* dengan kadar yang tinggi. Parameter yang dimaksud, salah satunya adalah rasio Fe/Ni, kandungan SiO₂, dan tingkat basiditas (rasio SiO₂/MgO)^[7]. Untuk bijih nikel laterit yang memiliki *slag* bertemperatur lebur rendah (bijih yang memiliki rasio SiO₂/MgO dengan range 1.8 – 2.2), menghasilkan produk yang memiliki fasa-nikel dengan temperatur lebur yang rendah, oleh karenanya cocok untuk menghasilkan nikel *matte*. Lalu untuk bijih nikel laterit yang memiliki slag bertemperatur lebur tinggi (bijih yang memiliki rasio SiO₂/MgO < 2 atau > 2.5) cocok untuk menghasilkan *ferronickel*, sedangkan bijih yang memiliki rasio SiO₂/MgO dengan range 2.3 – 2.5 bersifat sangat korosif pada *furnace lining*, untuk itu perlu dilakukan perubahan pada komposisi kimia umpan atau bijih yang akan diproses dengan pencampuran atau dengan menambahkan senyawa tertentu untuk menghilangkan pengotor (*fluxing*), sebelum bijih tersebut dapat dilakukan proses *smelting*^[13].

Pada penelitian yang lain^[4], digunakan sulfur pada proses reduksi lateritik nikel berdasarkan proses caron dengan saprolit dan limonit yang dijadikan bahan yang digunakan pada penelitiannya. Saprolit dan Limonit yang telah dicampur dengan sulfur kemudian direduksi dengan campuran gas CO, CO₂ dan N₂, dan diketahui bahwa sulfur akan meningkatkan % *recovery* Ni dikarenakan adanya sulfur akan menekan fasa *fosterite* (Mg₂SiO₄) dalam bijih saprolit selama proses reduksi.

Penelitian terkait reduksi laterit lainnya^[5] berfokus pada perubahan struktur Fe₂O₃ dengan penambahan SiO₂ dan atau MnO₂ dengan reduktor gas CO. Sampel Fe₂O₃ yang digunakan, diberikan tambahan pengotor berupa SiO₂ dan

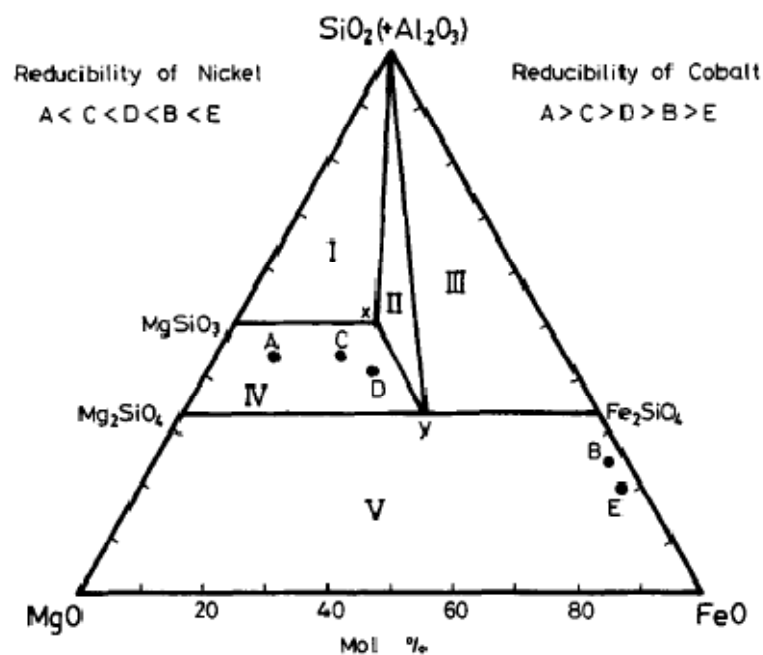
atau MnO_2 yang kemudian dikompaksi lalu direduksi dengan gas CO dengan temperatur reduksi yang divariasikan. Dari penelitiannya diketahui bahwa SiO_2 akan membantu laju reduksi Fe_2O_3 pada tahap awal, namun pada tahap selanjutnya hingga tahap akhir laju reduksi akan menurun, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Pengaruh temperatur terhadap laju reduksi Fe_2O_3 murni dan Fe_2O_3 yang dikotori dengan 2,5 – 7,5% SiO_2 . (a) pada tahap awal reduksi, (b) tahap akhir reduksi^[5].

Pada penelitian tersebut proses reduksi selama 120 menit, yang dimaksud dengan tahap awal reduksi adalah proses reduksi yang dilakukan hingga menit ke 60, sedangkan tahap akhir adalah proses reduksi yang terjadi pada menit ke 61 hingga menit ke 120. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa Fe_2O_3 yang dikotori dengan 2,5 – 7,5% SiO_2 akan memberikan laju reduksi yang maksimum pada tahap awal reduksi namun akan menurun pada tahap akhir reduksi sebaliknya dengan Fe_2O_3 murni. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa pada tahap awal reduksi SiO_2 akan meningkatkan laju reduksi Fe_2O_3 karena pada saat tersebut SiO_2 akan memiliki poros lebih banyak yang memfasilitasi perpindahan gas pereduksi. Namun, pada tahap akhir laju reduksi Fe_2O_3 yang dikotori dengan 2,5 – 7,5% SiO_2 cenderung akan mengalami penurunan akibat terbentuknya fayalit yang sulit tereduksi.

Penelitian terkait reduksi nikel saprolitik lainnya^[14] berfokus pada proses reduksi beberapa jenis bijih laterite dengan komposisi yang tidak jauh berbeda, yang menjadi fokus penelitian tersebut adalah pengaruh rasio MgO/SiO_2 terhadap reduksibilitas logam – logam yang ada di dalam bijih laterit seperti Fe, Ni, dan Co. Di dalam sampel yang digunakan pada penelitiannya mengandung rasio MgO/SiO_2 dengan variasi (sampel A, B, C, D, dan E) 0.75, 0.24, 0.59, 0.61, dan 0.22. Seluruh bijih tersebut direduksi dengan menggunakan hidrogen sebagai gas pereduksi, dan proses reduksi dilakukan selama 80 menit dengan temperatur reduksi sebesar 873, 1073, dan 1273 °K. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa dengan semakin besar rasio MgO/SiO_2 maka akan menurunkan reduksibilitas Ni, hal ini dikarenakan adanya magnesia (MgO) dengan kadar yang tinggi pada bijih nikel yang sedang direduksi, akan memicu pembentukan olivine, *nickel-iron-magnesium orthosilicate*, jika nikel sudah masuk ke dalam kisi – kisi magnesium *silicate*, maka Ni akan sangat sulit untuk direduksi.



Gambar 2.6 Diagram terner FeO-MgO-SiO₂^[14].

Dari penelitian tersebut, sampel A, B, C, D, dan E yang masing – masing memiliki rasio MgO/SiO_2 berturut – turut 0.75, 0.24, 0.59, 0.61, dan 0.22 akan menghasilkan reduksibilitas Ni dengan urutan $A < C < D < B < E$, yang berarti bahwa semakin besar rasio MgO/SiO_2 reduksibilitas Ni akan menurun.

Pada penelitian ini, digunakan senyawa sintesis dengan komposisi yang dibuat sedemikian rupa sehingga memiliki kandungan senyawa – senyawa utama bijih nikel lateritik Indonesia. Dengan penambahan SiO_2 yang divariasikan diharapkan dapat memberi pemahaman mengenai perilaku reduksi senyawa utama bijih nikel lateritik Indonesia dan perolehan logam Fe dan Ni, serta dengan adanya rasio SiO_2 -MgO yang divariasikan pada sampel yang digunakan diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh rasio SiO_2 -MgO pada perolehan logam Ni dan pembentukan FeNi dari bijih sintesis saprolitik Indonesia.

2.3 PROSES REDUKSI KARBOTERMIK

Pada penelitian ini digunakan dua macam campuran yaitu campuran dengan ditambahkan 14% MgO dan campuran yang lain tanpa penambahan MgO yang seluruhnya ditambahkan SiO_2 yang divariasikan dengan kadar 0, 20 dan 40%, lalu kadar senyawa pada campuran ini dibuat sedemikian rupa sehingga kadar kandungannya menyerupai kadar senyawa utama penyusun saprolit nikel Indonesia. Adapun maksud dibuatnya dua macam campuran adalah untuk memahami pengaruh SiO_2 pada reduksibilitas $\text{Fe}^{[6]}$ (pada campuran tanpa penambahan MgO) dan juga untuk mengetahui pengaruh kandungan SiO_2 -MgO pada pembentukan *ferronickel*^[13] dan pada reduksibilitas $\text{Ni}^{[14]}$ pada campuran sintesis yang dibuat menyerupai senyawa utama saprolitik nikel Indonesia. Proses reduksi yang dilakukan dalam penelitian ini, memanfaatkan karbon sebagai bahan untuk mereduksi bijih saprolit atau lebih dikenal dengan reaksi karbotermik. Reduksi karbotermik merupakan reduksi bijih menggunakan media gas berbasis karbon. Reaksi yang terjadi melibatkan oksidasi karbon menjadi gas CO yang menjadi gas reduktor pada proses reduksi karbotermik.

Pada reaksi reduksi senyawa Fe oksida, umumnya proses reduksi menggunakan reduktor gas CO dan atau H_2 . Pada keadaan awal, Fe oksida hadir dalam bentuk hematit, Fe_2O_3 , dan ketika temperatur (dalam keadaan proses reduksi) melebihi $570\text{ }^\circ\text{C}$ akan terjadi tiga tahapan proses yaitu tahap pertama yang terjadi adalah reaksi reduksi Fe_2O_3 menjadi Fe_3O_4 , lalu terjadi reaksi reduksi Fe_3O_4 menjadi FeO, kemudian FeO tereduksi menjadi Fe pada tahap akhir. Tahapan – tahapan diatas dapat ditunjukkan dari persamaan berikut^[8] :



Gas pereduksi yang dimanfaatkan pada saat reaksi karbotermik dihasilkan dari persamaan berikut:



Selanjutnya akan terjadi reaksi reduksi bijih besi dan nikel melalui reaksi sebagai berikut (tergantung temperatur dan kandungan gas reduktor):



Secara termodinamika, proses reduksi karbotermik mengikuti aturan reaksi-reaksi pembentukan oksida material yang berhubungan dengan kekuatan ikatan kimia atau afinitas terhadap oksigen. Misal pada reaksi reduksi:



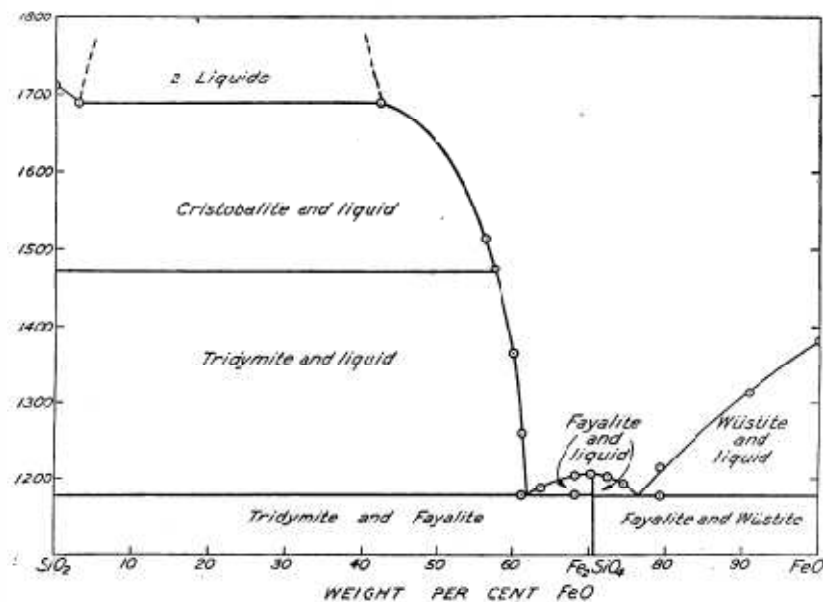
Reaksi akan berlangsung ke arah pembentukan logam, dalam hal ini reaksi reduksi, bila afinitas oksigen terhadap karbon lebih tinggi dibandingkan afinitas oksigen terhadap logam M.

Pengaruh SiO₂ dan MgO

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, pada kondisi tertentu, apabila di dalam campuran yang sedang direduksi mengandung SiO₂, maka SiO₂ ini akan mempengaruhi reduksibilitas senyawa oksida Fe^[6]. Pada awal dan pertengahan tahap reduksi, laju reduksi (senyawa oksida Fe) meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan SiO₂ yang terkandung dalam campuran sampel yang sedang direduksi, hal ini dikarenakan meningkatnya porositas di dalam SiO₂ yang memfasilitasi proses difusi gas pereduksi dari dan menuju senyawa oksida Fe, namun demikian pada saat tahap akhir reduksi akan terbentuk senyawa Fe₂SiO₄ (fayalit) yang sangat sulit untuk direduksi, sehingga menurunkan laju reduksi^[6]. Reaksi pembentukan fayalit dapat dilihat dari persamaan berikut:



Untuk mengetahui lebih lanjut reaksi pembentukan fayalit ini, dapat dilihat Gambar 2.7 berikut:

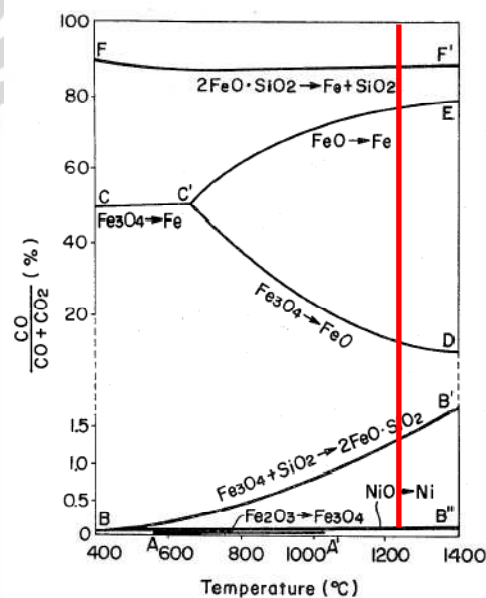


Gambar 2.7 Diagram kesetimbangan sistem FeO-SiO₂^[11].

Pada Gambar 2.7 dapat dilihat diagram kesetimbangan sistem FeO-SiO₂, dan dari gambar tersebut dapat diperkirakan senyawa fayalit yang akan terbentuk dengan adanya FeO pada jumlah tertentu dan dengan temperatur tertentu^[11].

Pada salah satu lapisan di dalam laterit yang mengandung nikel yang tinggi, umumnya terdapat garnierit yang mengandung magnesia (MgO) yang sangat tinggi. Kehadiran MgO ini umumnya tidak disukai karena kandungan MgO dengan kadar tertentu (rasio MgO/SiO₂ yang tinggi) akan menyebabkan turunnya reduksibilitas Ni^[14]. Dengan menghitung % Mol dari senyawa FeO-MgO-SiO₂, diagram pada Gambar 2.6 dapat dijadikan media untuk memperkirakan reduksibilitas Ni dari senyawa hasil karbotermik. Salah satu media lain yang dapat memberikan gambaran proses karbotermik adalah diagram yang dibuat Gaussner – Bouduard.

Gaussner – Bouduard membuat sebuah diagram yang menggambarkan kesetimbangan antara besi, hematit, magnetit, wustit, karbon padat, karbon monoksida, dan karbon dioksida. Diagram ini merupakan dasar untuk reduksi langsung dengan karbon.



Gambar 2.8 Diagram Boudouard^[9]

Diagram Boudouard^[9] dipergunakan sebagai media untuk memperkirakan pembentukan senyawa – senyawa saat dilakukannya proses karbotermik. Dalam

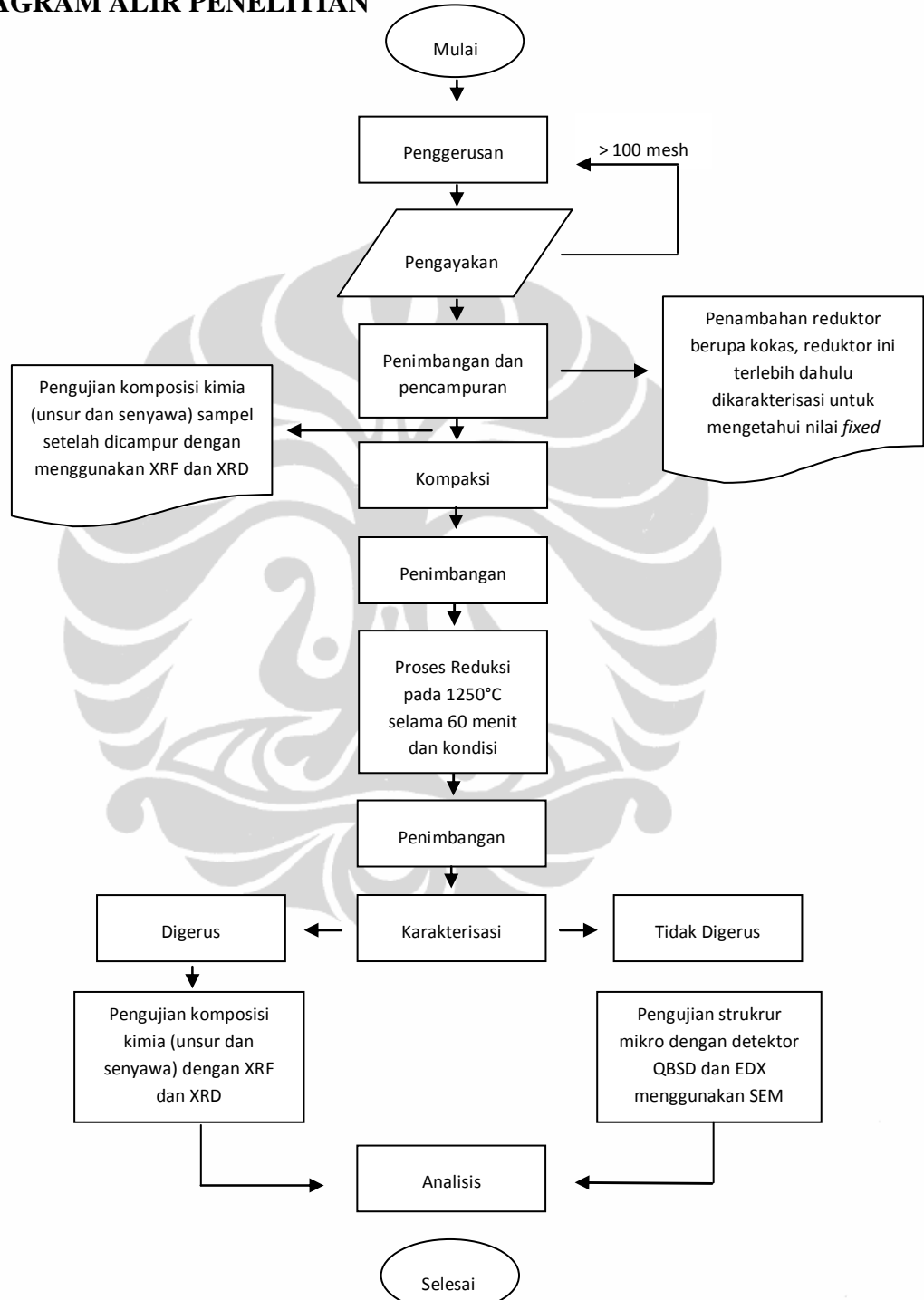
hal ini, temperatur reduksi yang dilakukan adalah 1250 °C dan kadar karbon yang digunakan adalah 12 %C yang berasal dari kokas, sehingga dapat diperkirakan bahwa senyawa – senyawa yang akan terbentuk adalah senyawa yang berada pada daerah diatas 1250 °C (tergantung dari kadar gas CO/CO+CO₂ yang terbentuk dari hasil pembakaran reduktor berbasis karbon tersebut), berdasarkan diagram boudard dapat diperkirakan akan terbentuk produk hasil persamaan berikut (produk dari persamaan yang berpotongan dengan garis horizontal pada Gambar 2.3), produk yang akan terbentuk pertama hingga terakhir berturut - turut: produk dari persamaan (2.14), (2.17), (2.18), (2.15), dan (2.16) dibawah ini



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat diagram alir dari penelitian ini, pada tahap awal preparasi sampel adalah semua bahan yang digunakan sebagai campuran diusahakan berukuran seragam dengan ukuran lebih halus dari 100#, oleh karenanya sampel dilakukan milling lalu pengayakan dilakukan untuk memastikan ukuran sampel telah seragam, setelah itu bahan baku berupa senyawa sintetik dan reduktor ditimbang kemudian dicampur hingga merata, sebagian disisihkan untuk pengujian XRD dan XRF, lalu sampel dikompaksi kemudian ditimbang kembali, setelah itu dilakukanlah proses karbotermik. Hasil proses karbotermik ini dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu bagian yang akan dilakukan pengujian SEM dan bagian yang lain untuk dilakukan pengujian XRD-XRF. Data hasil karakterisasi kemudian diolah untuk dianalisis.

3.2 PROSEDUR PENELITIAN

3.2.1 Peralatan

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

Pada tahap penimbangan digunakan alat berupa timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram untuk memastikan berat dari sampel, lalu untuk mengambil sampel digunakan spatula. Setelah sampel dicampur merata, mesin kompaksi krisbow dan cetaknya digunakan untuk membuat sampel menjadi briket. *Tube Furnace* dengan rangkaian seperti Gambar 3.5 digunakan untuk melakukan proses karbotermik pada temperatur dan kondisi tertentu. SEM, XRD dan XRF merupakan alat uji yang digunakan untuk mengkarakterisasi.

3.2.2 Bahan

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

Senyawa yang digunakan sebagai campuran pada penelitian ini hamper seluruhnya berbahan sintesis seperti Fe_2O_3 NiO SiO_2 MgO dengan kemurnian hingga 95%. Fe_2O_3 NiO dan SiO_2 yang digunakan berasal dari wako® pure chemical industries, sedangkan MgO diperoleh dari toko kimia local. Bahan

reduktor terdiri dari kokas yang berasal dari Cina dengan *fixed carbon* 68,17%. Lalu gas Nitrogen digunakan sebagai gas pelindung atmosfer pada saat proses karbotermik.

Bahan yang dijadikan sampel pada penelitian ini adalah Fe_2O_3 , NiO, MgO dan SiO_2 sintetis, serta reduktor berupa kokas. Dari diagram alir diatas, bahan – bahan yang digunakan harus berukuran seragam untuk memastikan proses reduksi berlangsung secara merata. Umpan sampel bijih ditargetkan memiliki komposisi antara 1,5 – 2% Ni (sesuai dengan kadungan nikel dalam bijih saprolit Indonesia umumnya), dalam penelitian ini sampel bijih sintetis sudah memiliki kadar yang *fixed* yaitu NiO 2%. Pengayakan dilakukan untuk meningkatkan keseragaman ukuran bijih kurang dari mesh 100. Pencampuran Fe_2O_3 , NiO, SiO_2 dan MgO sintetis, serta reduktor berupa kokas (12%) dilakukan hingga campuran homogen. Selanjutnya kompaksi dilakukan dengan tekanan konstan 200 Bar, lalu dilakukan proses karbotermik dengan rentang temperatur 1250 °C atmosfer dibuat inert dengan mengalirkan gas nitrogen.

3.2.3 Tahapan Percobaan

Preparasi Sampel

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

1. Pengayakan
2. Penimbangan dan Pencampuran
3. Kompaksi

1. Pengayakan

Bahan baku berupa senyawa – senyawa sintetis, serta reduktor yang berasal dari karbon dalam penelitian ini diseragamkan ukurannya dengan menggunakan alat *sieving*. Sampel yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah sampel dengan ukuran lebih halus atau sama dengan ukuran *mesh* #100. Sampel yang berukuran lebih besar dari ukuran *mesh* #100 dilakukan proses reduksi ukuran kembali, yang diikuti dengan proses *sieving* kembali. Lalu,

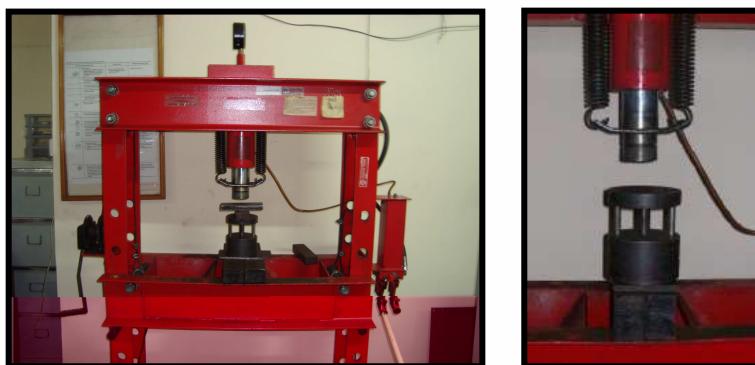
sebelum dilakukan pencampuran masing – masing bahan dilakukan pengujian XRD dan XRF untuk mengetahui unsur – unsur atau senyawa penyusun masing – masing bahan.

2. Penimbangan dan pencampuran

Senyawa sintetis dan sumber karbon yang telah memiliki ukuran yang seragam kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital yang tersedia di Laboratorium Polimer Departemen Metalurgi dan Material UI. Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan dikategorikan menjadi dua macam, yaitu campuran Fe_2O_3 , NiO, SiO_2 dan reduktor lalu yang kedua adalah campuran Fe_2O_3 , NiO, MgO, SiO_2 dan reduktor, di dalam tiap – tiap sampel mengandung NiO dengan kadar tetap 2%, dengan atau tanpa MgO 14%, lalu SiO_2 yang divariasikan 0, 20 dan 40%, dan reduktor 12%, serta sisanya adalah Fe_2O_3 (semua senyawa dalam *wt.*%). Tiap – tiap sampel dibuat memiliki berat yang sama yaitu 10 gram. Setelah campuran senyawa sintetis dan bahan reduktor ditimbang, lalu dicampur secara merata dan dimasukkan ke dalam plastik sampel.

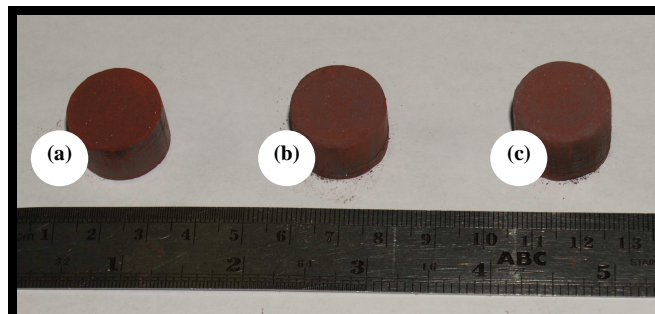
3. Kompaksi

Sampel yang telah ditimbang dan dicampur merata, masih berupa serbuk, dan bentuk serbuk ini sangat mudah tertiuap angin, oleh karena itu, untuk mempermudah penanganan saat dilakukan proses reduksi, maka sampel dilakukan kompaksi dengan menggunakan mesin *Pressing* Krisbow, selain itu kompaksi juga akan memfasilitasi transfer gas pereduksi sehingga memudahkan gas untuk mereduksi senyawa di dalam sampel.



Gambar 3.2. Mesin Kompaksi (kiri) dan Cetakannya (kanan).

Proses kompaksi dilakukan dengan memberikan tekanan pada sampel serbuk (yang terlebih dahulu dimasukkan ke dalam cetakkan) sebesar 200 bar dan ditahan selama 1 menit.

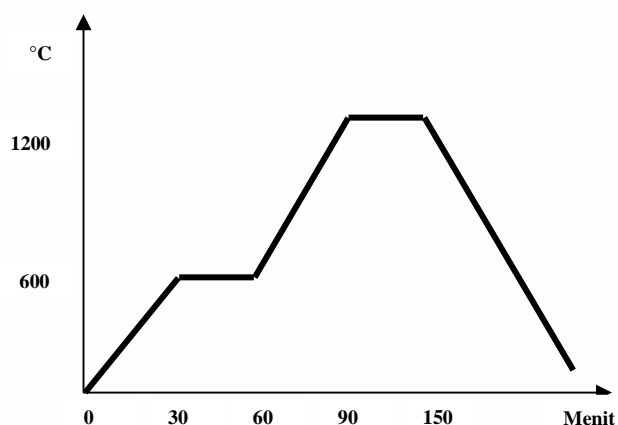


Gambar 3.3 Sampel setelah kompaksi, (a) Sampel dengan penambahan 0% SiO_2 , (b) Sampel dengan penambahan 20% SiO_2 dan (c) Sampel dengan penambahan 40% SiO_2 .

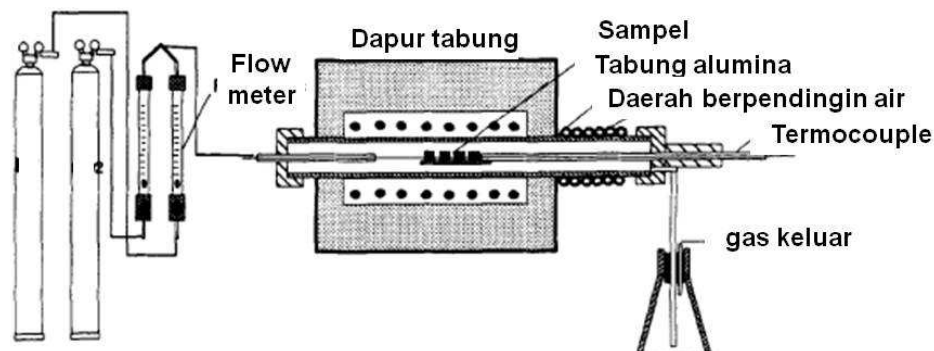
Dari hasil kompaksi, penampilan sampel hasil kompaksi antara sampel yang diberi tambahan 0, 20 atau 40% SiO_2 tanpa atau dengan 14% MgO tidak menunjukkan perbedaan secara visual. Tampilan fisik sampel hasil kompaksi dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Proses Reduksi (Reaksi Karbotermik)

Proses karbotermik berlangsung di dalam *tube furnace* pada temperatur 1250 °C dan kondisi atmosfer inert dengan dialirkan gas nitrogen. Sampel yang telah dikompaksi diletakkan di sampel *boat* lalu kemudian dimasukkan ke dalam *furnace*. Siklus termal yang diatur pada penelitian ini dapat dilihat dari Gambar 3.4. Sedangkan skematik peralatan reduksi dapat dilihat pada Gambar 3.5

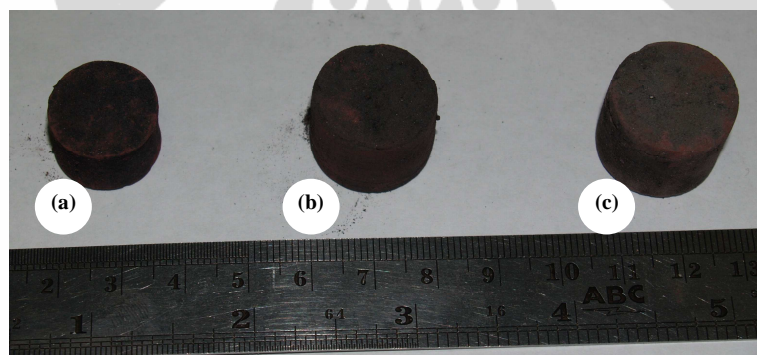


Gambar 3.4 Siklus Pemanasan.



Gambar 3.5 Rangkaian alat yang digunakan untuk reaksi karbotermik^[16].

Dari Gambar 3.4, dapat dilihat bahwa 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 *pre-heating*. Setelah itu, sampel kembali dipanaskan hingga temperatur 1250 °C dalam waktu 30 menit, pada saat temperatur 1250 °C sampel ditahan selama 60 menit untuk memastikan bahwa reaksi karbotermik telah berjalan sempurna. Setelah itu, sampel dibiarkan mengalami pendinginan di dalam *furnace*. Tampilan visual sampel setelah sampel diangkat dari *furnace* dapat dilihat dari Gambar 3.5



Gambar 3.6 Sampel setelah reduksi, (a) Sampel dengan penambahan 0% SiO₂, (b) Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan (c) Sampel dengan penambahan 40% SiO₂.

Tampilan visual sampel hasil reduksi pun tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, sama halnya dengan sampel hasil kompaksi, hanya saja sampel yang ditambahkan 0% SiO₂ dengan atau tanpa MgO, secara visual lebih menyusut dibandingkan dengan sampel dengan variabel yang lain. Setelah sampel direduksi, lalu tahap selanjutnya adalah mempersiapkan sampel tersebut agar dapat dilakukan karakterisasi dengan XRD, XRF dan SEM.

Karakterisasi Sampel

Setelah sampel dikeluarkan dari *furnace*, lalu sampel – sampel tersebut ditimbang beratnya kembali dengan timbangan digital yang tersedia di Laboratorium Polimer Departemen Metalurgi dan Material UI. Sampel yang akan dipreparasi dibagi menjadi dua kelompok, yang pertama adalah sampel yang dipersiapkan untuk pengujian XRD dan XRF, dan kelompok yang kedua adalah yang dipersiapkan untuk pengujian SEM.

Preparasi Sampel untuk pengujian XRD dan XRF

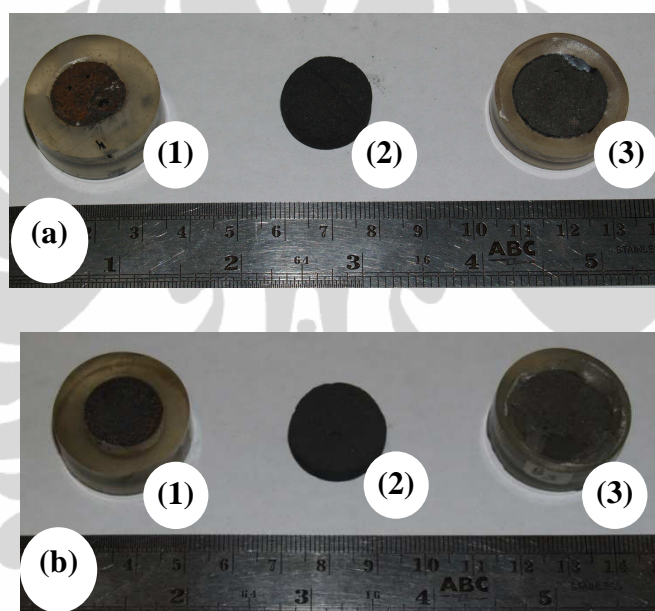
Sampel hasil reduksi yang berbentuk seperti Gambar 3.6 dihaluskan kembali secara manual dengan menggunakan penggerus yang terbuat dari *tool steel*. Sampel hasil penggerusan tersebut berupa serbuk yang serupa dengan sampel setelah dilakukan pengayakan. Pengujian XRD ini dilakukan di milik Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah dengan menggunakan mesin uji Shimadzu XRD 7000. Sampel diuji selama satu jam per-sampel.



Gambar 3.7 Alat Uji XRD

Preparasi SEM

Sedangkan untuk kelompok sampel yang lainnya dilakukan preparasi untuk melihat struktur mikro dengan menggunakan SEM. Sampel pada Gambar 3.6 dipotong bagian tengahnya lalu dilakukan proses amplas dan poles. Karena untuk dilakukan pengujian SEM dengan detektor BSE dibutuhkan permukaan sampel yang benar – benar rata agar elektron yang dipancarkan dapat dipantulkan kembali dengan baik sehingga pantulan tersebut dapat ditangkap dengan baik sehingga dihasilkan Gambar yang baik pula, untuk itulah proses amplas dan poles ini dilakukan. Sampel hasil amplas dan poles dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Sampel setelah dilakukan pemotongan melintang, (a) Sampel dengan penambahan (dari kiri ke kanan) 0, 20, 40 % SiO_2 tanpa MgO , dan (b) (dari kiri ke kanan) penambahan 0, 20, 40 % SiO_2 dengan MgO .

Dari Gambar diatas, terlihat bahwa terdapat lapisan kemerahan pada permukaan Gambar a 1 dan b1, yang menandakan bahwa permukaan sampel tersebut teroksidasi kembali, namun saat sampel dilakukan pengujian SEM permukaan sampel masih dalam keadaan baik. Sampel a 2 dan b 2 tidak dilakukan mounting dikarenakan ukuran dan keadaan sampel yang memungkinkan untuk dilakukan proses amplas – poles yang pada akhirnya akan mempermudah pengamatan SEM.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel hasil kompaksi ditimbang kembali untuk memastikan seberapa banyak sampel yang akan dilakukan proses karbotermik. Pada saat pencampuran awal, berat sampel awal semua variabel adalah 10 gram, setelah dilakukan kompaksi besar kemungkinan berat sampel yang tersisa tidak mencapai 10 gram, kehilangan tersebut mungkin dikarenakan adanya sampel yang terbang saat sampel dimasukkan atau dikeluarkan dari cetakan kompaksi, kemudian setelah proses karbotermik pun kemungkinan berat sampel akan kembali berkurang. Data berat sampel penting untuk diketahui karena berhubungan dengan perhitungan *recovery* logam nantinya. Data berat sampel dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data berat sampel hingga sebelum dikarakterisasi.

Sampel	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
0% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	8,06	7,28
20% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,95	7,88
40% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,47	8,26
0% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	7,27
20% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,56	8,19
40% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	8,60

Berat awal merupakan berat sampel setelah dikompaksi dengan mesin *pressing* dengan tekanan 200 bar dan ditahan selama 1 menit, dan belum dilakukan proses reaksi karbotermik. Sedangkan berat akhir merupakan berat sampel setelah dikeluarkan dari *furnace*.

4.1 SENYAWA HASIL PROSES KARBOTERMIK

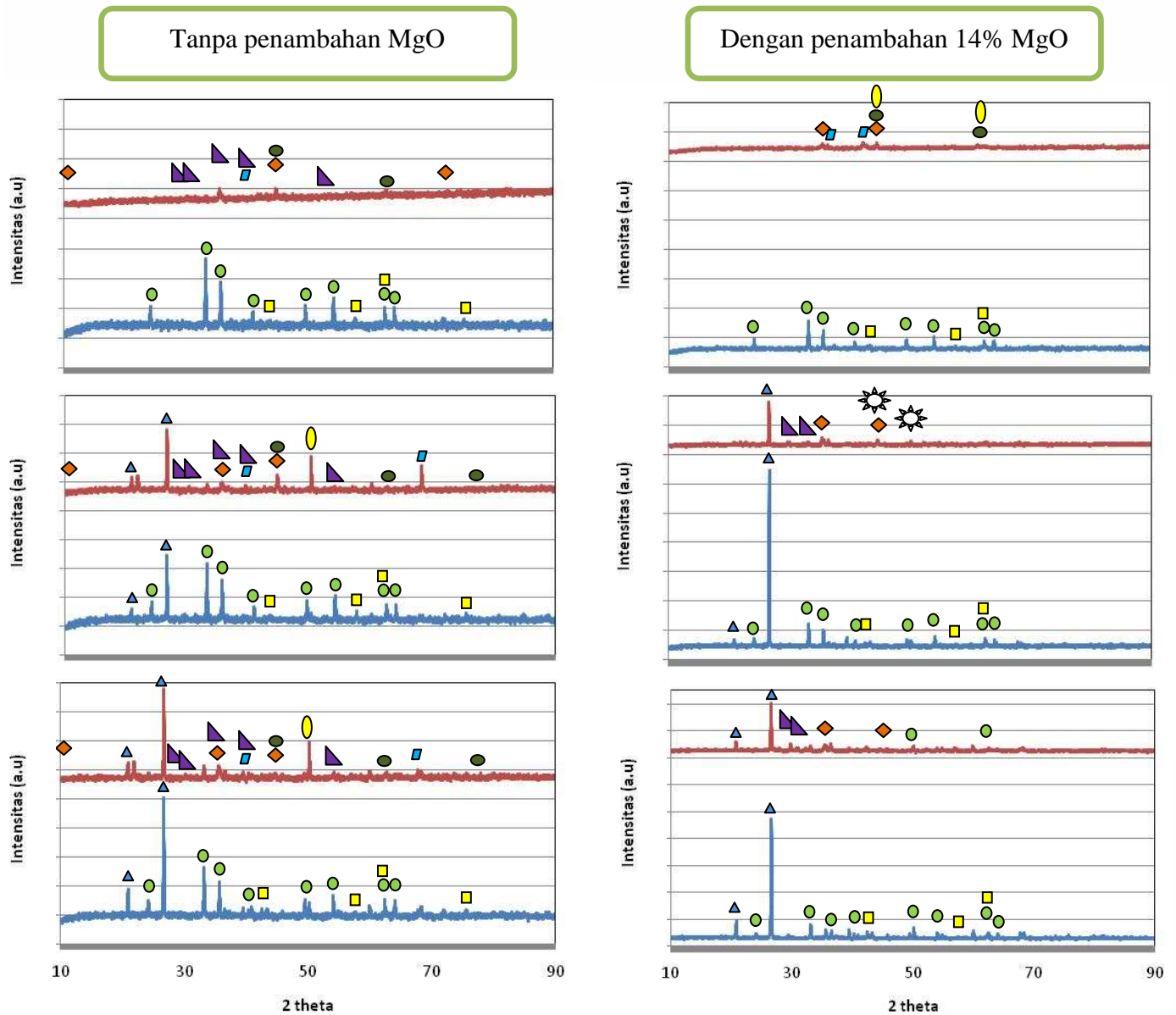
Untuk mengetahui komposisi kimia sampel sebelum dilakukan reduksi, maka dilakukanlah pengujian XRF, data pengujian komposisi kimia awal sampel sebelum dilakukan reduksi, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Sedangkan hasil pengujian XRD saprolit sebelum proses reduksi dapat dilihat pada Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRF saprolit

Tabel 4.2. Komposisi Kimia Awal Campuran Sampel hasil pengujian XRF.

No.	Sampel	Unsur (%)			
		Fe	Ni	Mg	Si
Sampel mula – mula (sebelum proses karbotermik)					
1.	0% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	59,40	1,93	0,05	0
2.	20% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	45,15	1,67	0,04	21,32
3.	40% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	31,02	1,93	0,04	41,13
4.	0% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	47,44	1,54	8,66	0
5.	20% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	35,37	1,49	8,81	17,64
6.	40% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	21,90	1,39	8,83	36,67
Sampel setelah proses karbotermik					
7.	0% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	62,80	1,44	0,21	0
8.	20% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	36,09	1,63	0,13	41,25
9.	40% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	35,40	1,56	0,04	44,45
10.	0% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	54,86	1,37	8,87	0
11.	20% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	37,61	1,18	12,44	20,97
12.	40% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	22,57	1,12	11,37	42,75

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan peralatan XRF di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung, dimana dapat menghasilkan data berupa nilai persentase unsur-unsur yang terkandung pada sampel.



Keterangan

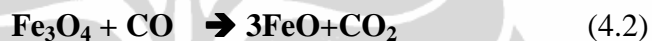
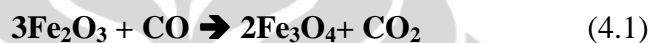
Senyawa	JCPDF #	Simbol	Senyawa	JCPDF #	Simbol
Fe_2O_3	33-0664	●	Fe_2SiO_4	96-900-0528	▲
Fe_3O_4	19-0629	◆	FeO	65-2901	▱
SiO_2	46-1045	▲	FeNi	37-0474	●
Fe	6-0696	●	Ni	4-0850	☼

— Pasca Karbotermik

— Pra Karbotermik

Gambar 4.1 Hasil uji XRD campuran dengan penambahan 0, 20, 40% SiO_2 (berturut – turut dari atas ke bawah) serta keterangan mengenai senyawa yang terbentuk dan JCPDF database

Berdasarkan hasil uji XRD pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa keadaan sampel sebelum dilakukan karbotermik titik – titik puncak senyawa NiO cenderung tidak berubah, dan dengan meningkatnya penambahan SiO₂, tentunya intensitas Fe₂O₃ akan menurun. Sedangkan setelah proses karbotermik dilakukan, secara umum yang paling signifikan adalah perubahan hematit (Fe₂O₃) yang terdapat di dalam sampel awal untuk seluruh variabel hampir tidak ditemukan lagi pada produ proses karbotermik (lihat Gambar 4.1 kanan dan kiri), menghasilkan senyawa – senyawa baru seperti fayalit, Fe₃O₄, FeNi, FeO dan bahkan Fe. Perilaku reduksi senyawa oksida Fe mungkin dapat dijelaskan oleh persamaan berikut:



Pengaruh penambahan SiO₂ pada penelitian ini, berdasarkan pengujian XRD baik pada campuran yang menggunakan MgO ataupun tidak, seiring dengan meningkatnya SiO₂ maka fayalit yang terbentuk hingga penambahan 40% SiO₂ terus mengalami peningkatan, dilihat dari semakin meningkatnya intensitas senyawa fayalit dengan penambahan SiO₂ yang semakin meningkat berdasarkan pengujian XRD pada Gambar 4.1. Senyawa FeNi ditemukan pada hasil proses karbotermik terutama pada sampel yang tidak diberi penambahan SiO₂ baik untuk sampel dengan ditambahkan MgO ataupun yang tidak ditambahkan MgO. Pembentukan FeNi mungkin dapat digambarkan dari hasil reaksi persamaan (4.2) dengan persamaan berikut:



Menghasilkan:



Yang menarik dari hasil pengujian XRD ini adalah ditemukannya Fe dalam keadaan murni (kecuali pada sampel 20 dan 40% SiO₂ dengan penambahan 14% MgO), hal ini mungkin mengindikasikan bahwa SiO₂ yang ditambahkan memicu terjadinya pembentukan fayalit dengan reaksi:



Dengan adanya SiO₂, terbentuklah fayalit hasil persamaan diatas, sehingga gas pereduksi yang dihasilkan saat proses karbotermik dapat digunakan untuk mereduksi lebih lanjut senyawa oksida Fe sehingga terbentuklah Fe dalam keadaan (relatif) murni sesuai dengan persamaan (4.1) dan (4.2).

Jika pada sampel tanpa penambahan MgO menghasilkan produk karbotermik berupa Fe murni, hal yang berbeda terjadi pada sampel yang ditambahkan 20, 40% SiO₂ dan 14% MgO dimana (berdasarkan hasil pengujian XRD pada Gambar 4.1 sisi kanan) Fe tidak ditemukan setelah proses karbotermik dilakukan. Hal ini mungkin dikarenakan terbentuknya *magnesioferrite* ^[12] saat terbentuknya Fe hasil persamaan 2.15 dan dengan adanya MgO maka yang terjadi adalah terbentuknya *magnesioferrite* (MgFe₂O₄).

Pada Gambar 4.1 (kanan) juga dapat dilihat bahwa dihasilkan produk karbotermik yang hampir serupa dengan produk pada sampel yang tidak menggunakan MgO. FeNi muncul saat tidak ditambahkannya SiO₂, dengan meningkatnya SiO₂, FeNi cenderung tidak terbentuk, kemungkinan besar yang terbentuk adalah senyawa *Nickel-Iron-Magnesium Ortho Silicate* ^[14] sehingga Ni yang sudah tereduksi masuk ke dalam kisi magnesium membentuk senyawa tersebut, sehingga Ni tidak bereaksi dengan Fe membentuk FeNi. Munculnya kembali hematit pada produk karbotermik pada sampel dengan penambahan 40% SiO₂ 14 % MgO mungkin disebabkan teroksidasi kembalinya Fe₃O₄.

Campuran yang menggunakan 0% SiO₂ 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO₂/MgO sebesar 0%, lalu campuran yang menggunakan 20% SiO₂ 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO₂/MgO sebesar 1.42%, dan campuran yang menggunakan 40% SiO₂ 14% MgO merupakan material dengan rasio SiO₂/MgO sebesar 2.85%.

Berdasarkan hasil pengujian XRD, dengan semakin meningkatnya rasio SiO_2/MgO , maka FeNi kemungkinan besar tidak terbentuk. Hal ini dikarenakan Ni yang telah tereduksi bersenyawa dengan MgO membentuk olivine, *nickel-iron-magnesium orthosilicate*, dengan terbentuknya olivine ini maka Ni yang diperlukan untuk membentuk FeNi tidak tersisa lagi ^[16].

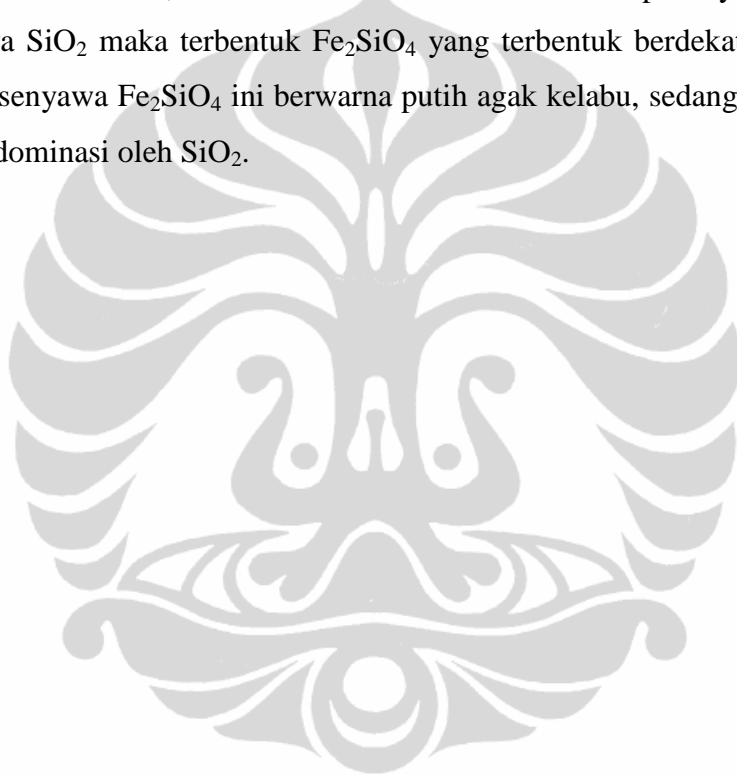
4.2 STRUKTUR MIKRO PRODUK KARBOTERMIK

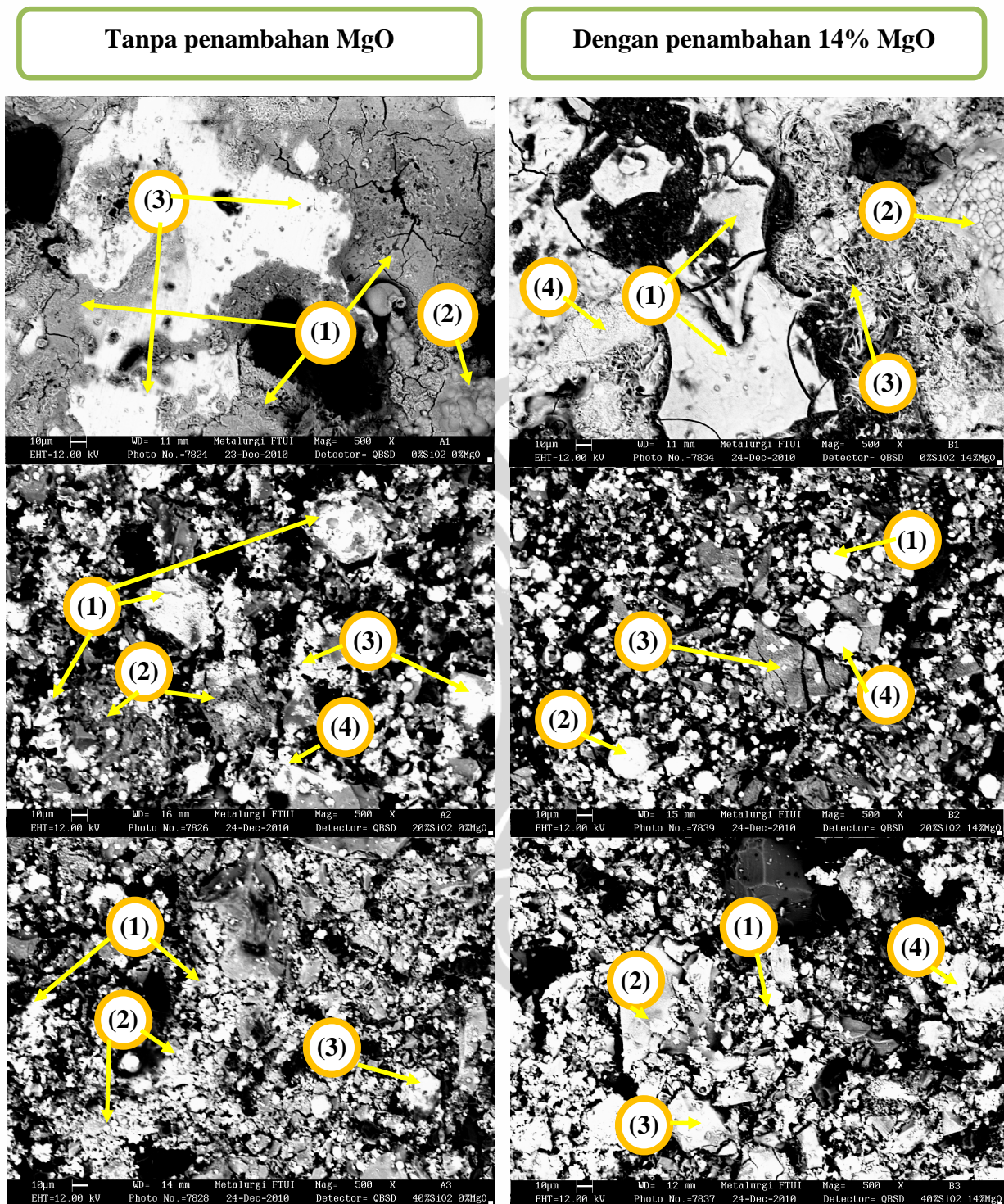
Sebelum dilakukan pengamatan mikro, terlebih dahulu dilakukan pengamatan makro dari tiap – tiap sampel. Pengamatan makro ini dilakukan dengan cara memotong sampel searah sumbu x. Setelah dipotong, dapat dilihat dari Gambar 3.8 bahwa bagian tengah sampel berwarna kelabu yang mengindikasikan telah terbentuknya produk hasil proses karbotermik. Pada daerah berwarna kelabu inilah dilakukan pengamatan dengan SEM untuk mengetahui struktur mikro seperti apa yang dihasilkan dari proses karbotermik ini (seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.8). Secara makro, hampir seluruh sampel memiliki daerah kelabu yang berongga atau berlubang yang mengindikasikan terbentuknya gas yang terjadi saat proses karbotermik. Untuk mengetahui terbentuk atau tidaknya senyawa FeNi ataupun Ni atau senyawa produk karbotermik lainnya, dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan SEM perbesaran 500X dengan bantuan *backscatter*, dimana akan dihasilkan Gambar struktur mikro dengan perbedaan terang gelap pada gambar yang dihasilkan. FeNi atau Ni yang dihasilkan akan memberikan efek warna terang, sedangkan untuk daerah yang berwarna gelap diidentifikasi sebagai daerah non-logam.

Hasil pengamatan dengan menggunakan QBSD SEM menunjukkan bahwa logam atau senyawa logam hasil karbotermik menunjukkan karakteristik mikrostruktur yang berbeda tergantung dari SiO_2 yang ditambahkan (baik pada sampel yang ditambahkan MgO ataupun yang tidak). Hasil pengamatan SEM pada Gambar 4.2 memberikan gambaran bahwa sampel tanpa penambahan SiO_2 akan menghasilkan logam atau senyawa logam yang berkumpul atau berkelompok membentuk suatu *cluster*, sedangkan dengan adanya penambahan SiO_2 , logam atau senyawa logam yang dihasilkan akan tersebar hampir merata, dengan

semakin banyak SiO_2 yang ditambahkan maka lubang yang dihasilkan dari pembentukan gas akan semakin sedikit.

Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan perkiraan senyawa hasil proses karbotermik berdasarkan pengujian EDS. Dari pengujian EDS tersebut nampak bahwa terbentuk logam, atau senyawa – senyawa logam seperti FeO , FeNi , Fe_2SiO_4 dan senyawa lainnya. Secara umum, yang membedakan senyawa – senyawa tersebut adalah warna yang dihasilkan dengan pengamatan QBSD. Dapat dilihat dari Gambar 4.2 Fe , dan FeNi akan memberikan warna putih yang terang, dengan adanya SiO_2 maka terbentuk Fe_2SiO_4 yang terbentuk berdekatan dengan Fe dan FeNi , senyawa Fe_2SiO_4 ini berwarna putih agak kelabu, sedangkan daerah yang gelap didominasi oleh SiO_2 .





Gambar 4.2 Struktur mikro sampel dengan penambahan 0, 20, 40% SiO₂ (berturut – turut dari atas ke bawah) dengan menggunakan detektor QBSD-SEM

Tabel 4.3 Perkiraan senyawa dominan yang terbentuk berdasarkan uji EDS pada penambahan 0, 20, 40% SiO₂ tanpa MgO.

Sampel	Titik Uji	Elemen	% Atomik	Perkiraan Senyawa Dominan yang terbentuk
0% SiO ₂	1	O	54,05	FeO
		S	0,58	
		Ca	0,85	
		Fe	43,31	
		Zr	1,21	
	2	O	58,32	FeO
		S	0,32	
		Ca	0,92	
		Fe	39,57	
3	Zr	0,98	Fe, FeO, FeNi	
	O	8,38		
	Fe	85,24		
20% SiO ₂	1	Ni	4,89	Fe ₂ SiO ₄ , FeNi
		Zr	1,49	
		O	50,94	
		Si	2,15	
	2	S	6,29	SiO ₂
		Fe	28,25	
		Ni	12,37	
	3	O	70,63	Fe ₂ SiO ₄
		Si	27,34	
		S	0,17	
		Fe	1,85	
	4	O	61,92	FeSiO ₂
Si		11,49		
Fe		26,59		
O		50,48		
40% SiO ₂	1	Si	10,71	Fe ₂ SiO ₄ , FeNi
		Ca	1,40	
		Fe	42,99	
		Ni	5,26	
	2	O	35,90	FeO
		Si	3,99	
		Ca	9,17	
		Fe	49,39	
	3	Ni	1,56	Fe, Fe ₂ SiO ₄
		O	20,60	
		Si	14,13	
		Ca	1,84	
		Fe	63,43	

Tabel 4.4 Perkiraan senyawa dominan yang terbentuk berdasarkan uji EDS pada penambahan 0, 20, 40% SiO₂ dengan 14% MgO.

Sampel	Titik Uji	Elemen	% Atomik	Perkiraan Senyawa Dominan yang terbentuk
0% SiO ₂	1	O	0,61	Fe
		Fe	99,39	
	2	O	28,49	FeO, FeNi
		P	1,57	
		S	1,30	
		Fe	55,26	
		Ni	13,38	
		O	57,53	
	3	P	2,34	FeO, FeNi
		S	0,58	
		Fe	37,12	
		Ni	2,43	
		O	58,59	
		P	1,41	
	4	S	0,31	FeO
		Ca	0,71	
Fe		37		
Ni		1,98		
20% SiO ₂	1	O	28,66	MgFe ₂ O ₄
		Mg	18,43	
		Si	5,56	
		Ca	1,10	
		Fe	46,26	
	2	O	47,03	FeO
		Mg	4,11	
		Si	1,17	
	3	Fe	47,70	MgSiO ₄
		O	64,32	
		Mg	23,45	
		Si	10,52	
	4	Ca	1,02	MgFe ₂ O ₄
		Fe	0,69	
		O	33,98	
		Mg	10,82	
Si		3,09		
P		3,91		
40% SiO ₂	1	Fe	48,21	(Ni, Fe, Mg) ₂ SiO ₄
		O	37,76	
		Mg	18,68	
		Si	9,24	
		P	1,02	
		S	2,65	
		Ca	1,14	
Fe	14,77			

	Ni	14,74	
	O	62,54	
	Mg	15,14	
2	Si	17,04	MgSiO ₄
	P	1,40	
	Ca	2,10	
	Fe	1,78	
	O	33,46	
	Mg	2,07	
3	Si	0,70	Fe, FeO
	P	1,32	
	Fe	62,46	
	O	52,89	
	Mg	2,39	
4	Si	1,16	FeO
	P	1,65	
	Fe	41,90	

Berdasarkan Tabel 4.3 dan 4.4 Dapat dibandingkan pada sampel yang diberi penambahan MgO dengan yang tidak ditambahkan MgO, fasa FeNi umumnya hadir pada sampel yang tidak diberi penambahan MgO, sedangkan pada sampel yang diberikan penambahan MgO, FeNi cenderung tidak terlihat. Hal ini mungkin dikarenakan adanya MgO memicu terbentuknya *Nickel-Iron-Magnesium Ortho Silicate* dimana Ni yang terbentuk masuk kedalam kisi Mg sehingga terbentuklah senyawa tersebut, sekali senyawa tersebut maka Ni akan sulit tereduksi yang pada akhirnya FeNi yang terbentuk menjadi sangat sedikit atau tidak ditemukan sama sekali^[14], ataupun dengan terbentuknya forsterit MgFe₂O₄ yang membuat Fe lebih cenderung membentuk senyawa dengan Mg dibandingkan dengan Ni sehingga FeNi tidak terbentuk.

4.3 PEROLEHAN REAKSI KARBOTERMIK

Tabel 4.5 Hasil Perolehan Ni setelah reaksi karbotermik.

Sampel	<i>F</i> Berat Bijih (gram)	<i>f</i> % Ni Bijih	<i>C</i> Berat Konsentrat	<i>c</i> % Ni Konsentrat	<i>R</i> % Recovery Ni
0% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	8,06	1,93	7,28	1,44	67,39
20% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,95	1,67	7,88	1,63	77,29
40% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,47	1,93	8,26	1,56	70,50
0% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	1,54	7,27	1,37	65,02
20% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,56	1,49	8,19	1,18	67,84
40% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	1,39	8,60	1,12	69,71

Tabel 4.6 Hasil Perolehan Fe setelah reaksi karbotermik

Sampel	<i>F</i> Berat Bijih (gram)	<i>f</i> % Fe Bijih	<i>C</i> Berat Konsentrat	<i>c</i> % Fe Konsentrat	<i>R</i> % Recovery Fe
0% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	8,06	59,40	7,28	62,80	95,49
20% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,95	45,15	7,88	36,09	63,30
40% SiO ₂ , 0% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,47	31,02	8,26	35,40	98,96
0% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	47,44	7,27	54,86	84,57
20% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,56	35,37	8,19	37,61	91,09
40% SiO ₂ , 14% MgO, 12% Kokas, 2%NiO, Fe ₂ O ₃ (sisanya)	9,94	21,90	8,60	22,57	89,66

$$\% \text{ Recovery} = \frac{C \times c}{F \times f}$$

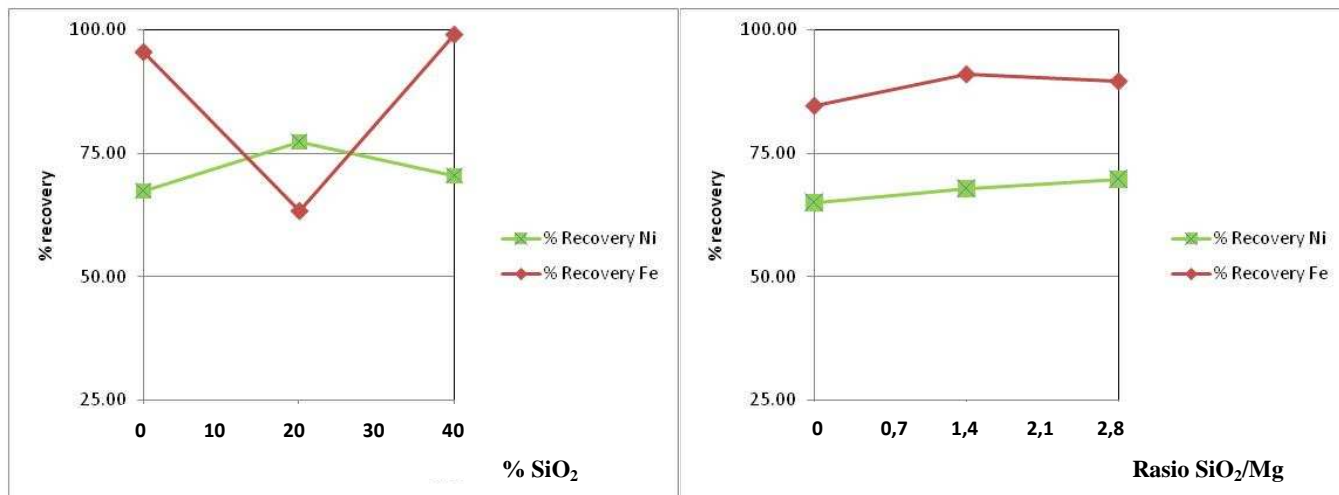
Dimana:

F = Berat sampel setelah kompaksi

f = Kadar Fe dalam bijih (bahan baku) hasil uji XRF

C = Berat sampel setelah reaksi reduksi

c = Kadar Fe setelah reaksi reduksi hasil uji XRF



Gambar 4.3 Pengaruh penambahan SiO₂ terhadap % *recovery* Fe dan Ni pada sampel dengan (kanan) atau tanpa (kiri) penambahan MgO.

Pengujian XRF merupakan pengujian kuantitatif untuk menentukan persentase suatu unsur dalam suatu material atau sampel. Berdasarkan hasil pengujian XRF, hasil proses karbotermik menghasilkan % *recovery* Ni dan Fe dalam konsentrat seperti pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6

Hasil uji XRF sebelum dan setelah sampel dilakukan karbotermik akan digunakan sebagai data untuk menghitung % *recovery* suatu unsur, dalam hal ini *recovery* Ni dan Fe-lah yang dihitung. % *Recovery* merupakan suatu media untuk mengukur sejauh mana suatu proses reduksi dapat dikatakan berhasil, semakin besar % *recovery* suatu unsur maka semakin besar juga laju atau tingkat reduksi suatu senyawa atau dapat dikatakan proses reduksi yang dilakukan berhasil dengan baik.

Pada campuran yang tidak ditambahkan 14% MgO menunjukkan bahwa semakin besar kandungan SiO₂ maka nikel yang ter-*recovery* cenderung meningkat, maksimum pada penambahan 20% SiO₂, begitu pula dengan % *recovery* Fe, dengan semakin besar SiO₂ yang dicampurkan kedalam sampel maka oksida Fe yang tereduksi pun cenderung semakin besar. Akan tetapi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.3, % *recovery* Fe turun drastis pada penambahan 20% SiO₂ dan naik secara tajam pada penambahan 40% SiO₂, berbeda dengan

yang ditemukan abdel hady et al^[6] dimana dengan semakin banyak SiO₂ akan menurunkan laju reduksi oksida Fe.

Pada campuran yang ditambahkan 14% MgO menunjukkan bahwa semakin besar kandungan SiO₂ maka nikel yang ter-*recovery*, akan cenderung meningkat meskipun tidak signifikan, hal ini sesuai dengan literatur, dimana dengan semakin banyak SiO₂ yang ditambahkan % *recovery* Ni cenderung akan meningkat pula, namun pada % *recovery* Fe dengan adanya peningkatan SiO₂, maka % *recovery* Fe akan menurun (lihat perubahan % *recovery* Fe dari penambahan 20 menjadi 40 % SiO₂) hal ini membuktikan^[6] (didasarkan pada hasil pengujian XRD pula) terbentuknya fayalit dengan reaksi:

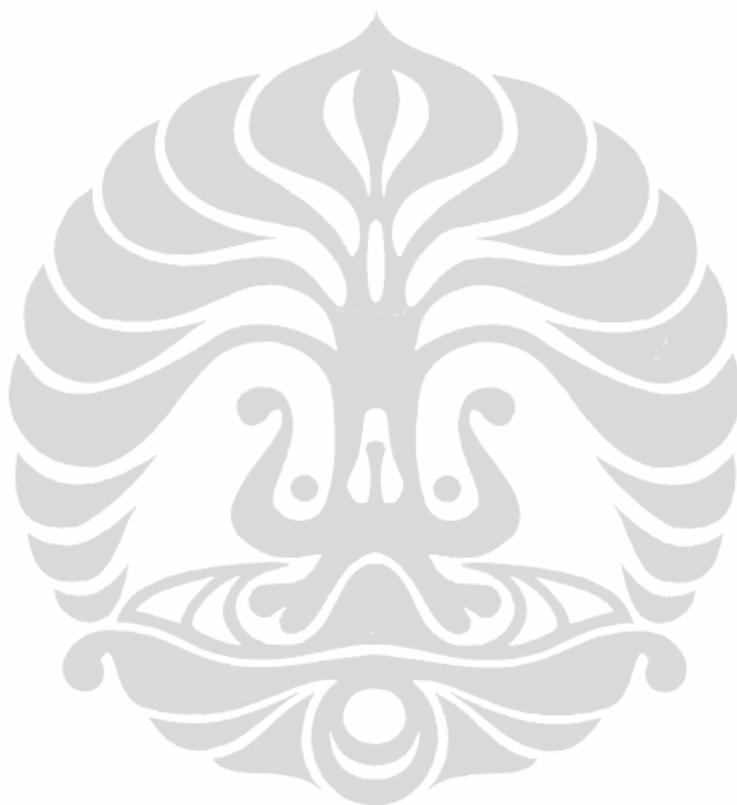


Dengan terbentuknya fayalit, maka reduksi lebih lanjut dari senyawa oksida Fe akan terhenti sehingga gas pereduksi yang dihasilkan akan lebih fokus mereduksi oksida nikel, oleh karenanya % *recovery* Ni akan meningkat sedangkan % *recovery* Fe cenderung mengalami penurunan.

Pengaruh rasio SiO₂ – MgO pada *recovery* Ni di dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 (kanan) karena pada sampel yang tidak ditambahkan MgO tentunya tidak akan menghasilkan rasio SiO₂ – MgO atau dengan kata lain, pada sampel yang hanya ditambahkan SiO₂ seluruhnya memiliki rasio SiO₂ – MgO yang bernilai nol.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa rasio SiO₂/MgO yang semakin meningkat (dengan rasio SiO₂/MgO 0, 1,42, dan 2,85%) menunjukkan kecenderungan meningkatnya % *recovery* Ni, hal ini selaras dengan yang dihasilkan literatur yang lain dimana dengan meningkatnya rasio MgO - SiO₂ maka *recovery* Ni akan menurun. Yang membedakan dari literatur adalah SiO₂ pada literatur^[14] tersebut dijadikan sebagai faktor pembagi (dalam rasio) sedangkan pada penelitian ini yang menjadi faktor pembagi (dalam rasio) adalah MgO. Akan tetapi, bila kita membandingkan hasil % *recovery* Ni pada sampel yang ditambahkan MgO dengan yang tidak ditambahkan MgO, hasilnya dapat dilihat bahwa tanpa adanya MgO maka Ni akan ter-*recovery* lebih tinggi

dibandingkan dengan sampel yang ditambahkan MgO. Hal ini disebabkan pada saat reduksi temperatur tinggi terbentuklah *olivine*, suatu *nickel-iron-magnesium ortho silicate*, dimana nikel akan sangat sulit direduksi bahkan dengan hidrogen murni pada temperatur 1223 °K^[14]. Dari literatur yang lain menyebutkan bahwa laju reduksi NiO pada keadaan kabotermik umumnya dapat dibantu oleh penambahan suatu katalis berupa *calcium lignosulfonate*^[15].



BAB V

KESIMPULAN

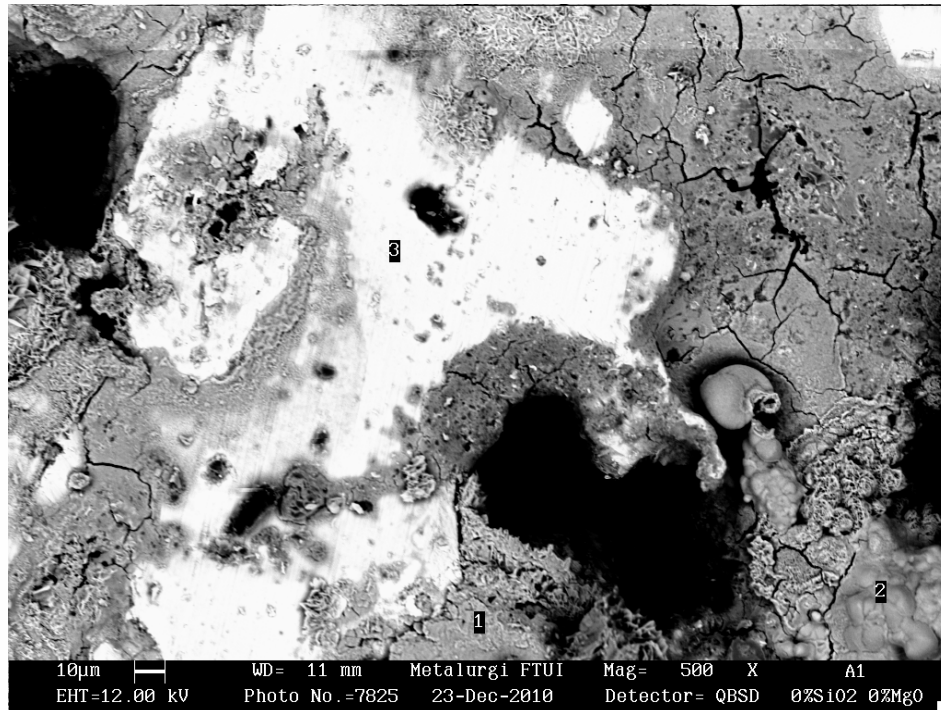
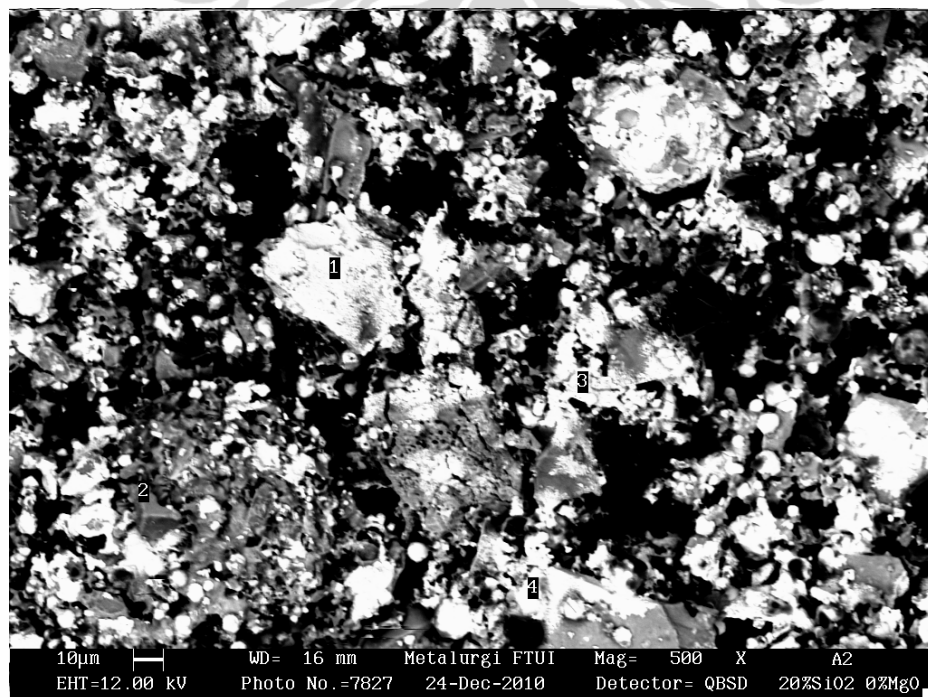
1. Senyawa – senyawa yang terbentuk setelah dilakukan reaksi karbotermik berdasarkan hasil uji XRD yaitu Fe_3O_4 , FeO , FeNi , dan FeSiO_2 atau Fe_2SiO_4 .
2. Pada penambahan SiO_2 tanpa MgO , terjadi kenaikan % *recovery* Ni hingga kadar 20% SiO_2 yaitu sebesar 77.29%, kemudian % *recovery* Ni tersebut mengalami penurunan hingga 70.50% pada penambahan 40% SiO_2 , sedangkan % *recovery* Fe cenderung meningkat.
3. Pada penambahan SiO_2 dengan 14% MgO , % *recovery* Ni cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya SiO_2 yang ditambahkan. % *Recovery* Ni pada penambahan SiO_2 dengan MgO optimum pada penambahan 40% SiO_2 (rasio SiO_2/MgO sebesar 2,85%) yang menghasilkan 69.71% *recovery* Ni, sedangkan % *recovery* Fe optimum pada penambahan 20% SiO_2 (rasio SiO_2/MgO sebesar 1,42%) mencapai 91,09%.
4. Keberadaan MgO akan menurunkan reduksibilitas Ni, dari hasil perhitungan % *recovery* Ni, campuran yang ditambahkan MgO menghasilkan % *recovery* Ni yang lebih rendah dibandingkan dengan produk yang tidak ditambahkan MgO .
5. Penambahan SiO_2 akan meningkatkan reduksibilitas senyawa oksida Fe, berdasarkan hasil pengujian XRD terbentuk Fe murni pada sampel yang diberi penambahan SiO_2 tanpa MgO , namun pada sampel dengan penambahan MgO tidak terlihat adanya Fe dikarenakan terbentuknya MgFe_2O_4 (berdasarkan pengujian EDS.) Senyawa FeNi dominan muncul (berdasarkan pengujian XRD) pada sampel yang tidak mengandung SiO_2 .
6. Dari hasil pengujian SEM dapat diketahui bahwa dengan menambahkan SiO_2 akan menghasilkan produk dengan daerah logam yang tersebar dipermukaan sampel, sedangkan pada sampel yang tidak mengandung SiO_2 logam atau senyawa logam yang terbentuk berkumpul atau berkelompok di daerah tertentu saja.

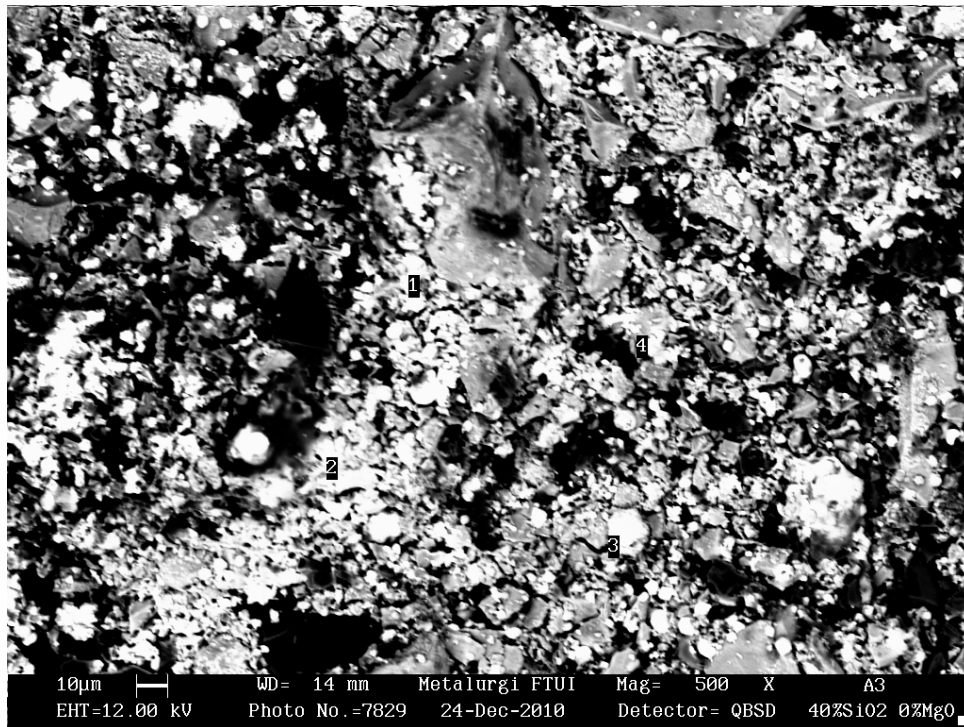
DAFTAR ACUAN

- [1]. Krause, Eberhard dan Derek Kerfoot. 1999. *Nickel Processing Technologies and The Next Millennium*. Parker Centre Metallurgy Conference
- [2]. Bergman, Rolland A. 2003. *Nickel production from low-iron laterite ores: Process description*. CIM Bulletin: Juni – Juli, 96 (1072) (2003), pp. 127-138.
- [3]. Harjanto, Sri , Bambang Suharno, Reza M U. 2009. *Carbothermic Reaction Characteristic of Indonesia Lateritic Ore*. Malaysian Metallurgical Conference 2009: 1-2 Desember, 2009, pp. 1-6.
- [4]. Valix, M dan W. H. Cheung. 2002. *Effect of Sulfur on The Mineral of Laterite Ores at High Temperature Reduction*. Minerals Engineering, Vol. 15, pp. 523-530.
- [5]. El-Geassy, Abdel Hady, Mahmoud I. Nasr dan Adel A. Omar . 2008. *Influence of SiO₂ and/or MnO₂ on the reduction Behaviour and Structure Changes of Fe₂O₃ Compacts with CO gas*. ISIJ International, Vol. 48 pp 1359-1367.
- [6]. El-Geassy, Abdel Hady. 1985. *Influence of Silica on the Gaseous Reduction of Wustite with H₂, CO and H₂-CO Mixtures*. ISIJ International, Vol. 25 pp 1036-1044.
- [7]. Ishii, Kotaro dan Shibata. 1975. *Method For Producing High-Grade Ferro-Nickel Directly From Nickeliferous Oxide Ores*. US Patent 3996045..
- [8]. Longbottom, Raymond. 2008. *Iron Ore Reduction With CO and H₂ Gas Mixture Thermodynamic and Kinetic Modelling*. Proceedings of the 4th Ulcos Seminar.
- [9]. Sato, Yohta, Masakata Matsuda, Miyazu, Yukio Ochi, dan Tayomi Matsumori. 1970. *Method of Producing Ferronickel or Metallic Nickel*. Jepang: US Patent 3765873.
- [9] Matsumori, T. (1999), Constituent minerals of siliceous Ni ores – Fundamental study on Fe-Ni smelting (1st report), Shigen to Sozai, 115(6), 448-464.

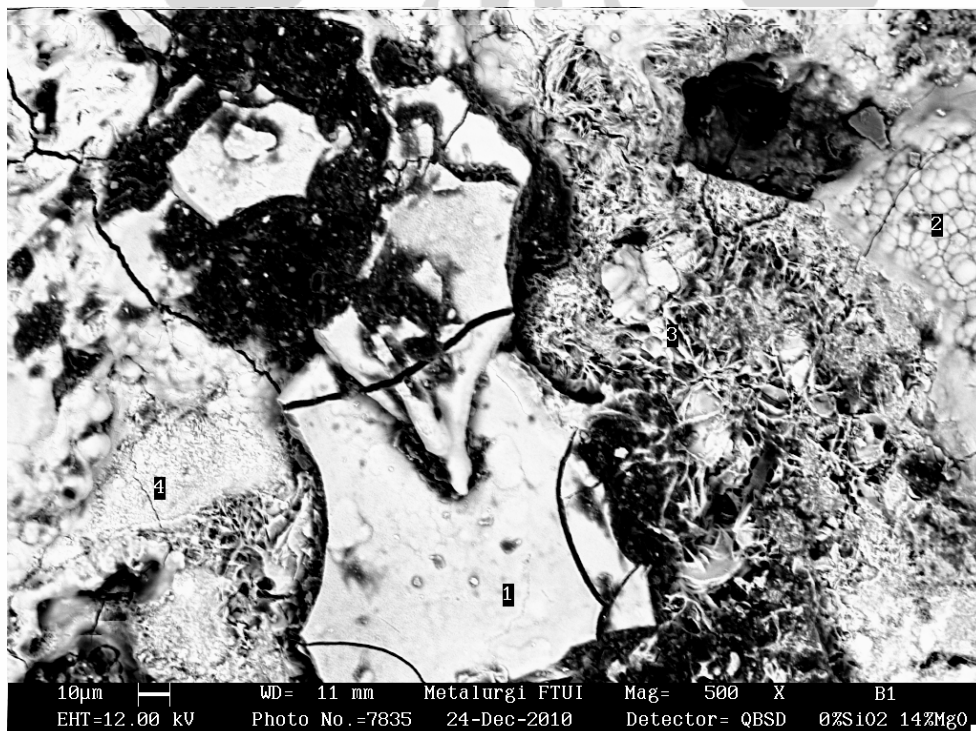
- [10]. Matsumori, T. (1999), *Reduction mechanism of siliceous Ni ores – Fundamental study on Fe-Ni smelting (2st report)*, Shigen to Sozai, 115(8), pp. 603-609.
- [11]. Schairer, J.F. 1942. *The SystemoCaO- FeO-Al₂O₃-SiO₂: I. Results of quencing experiment on five joins: Am. Ceramic Soc. Journal* Vol. 25, pp.241-274
- [12]. Bhide, V G. 1969. *Investigation of MgO:Fe System Using the Mosbauer Effect*. Journal of Material Science.
- [13] D, Ashok, Gordon Bacon, dan Robert C Osborne. 2004. *The Past and the Future of Nickel Laterites. PDAC 2004 International Convention*. 7 – 10 Maret 2004 Canada.
- [14]. Kawahara, M , J. M. Toguri, dan R. A. Bergman. 1988. *Reducibility of Laterite Ore*. Metallurgical Transaction B. Vol. 19B, pp. 181 – 186.
- [15]. Jagtap, Satish B Bharat B. Kale dan Ashok N. Gokarn. 1991. *Carbothermic Reduction of Nickel Oxide: Effect of Catalysis on Kinetics*. Metallurgical Transaction B. Vol. 23B, pp.93-96.
- [16]. Utigard, T dan R. A. Bergman. 1992. *Gaseous Reduction of Laterite Ore*. Metallurgical Transaction B. Vol. 23B, pp.271 – 275.
- [17]. Schulz, Jerry D, Waukesha, Bobby P. Faulkner, dan New Berlin. 1980. *Selective Reduction of Nickel Laterite Ores*. US Patent 4195986.
- [18]. Siemens, E. Richard, dan Philip C. Good. 1975. *Process for Recovery of Non-Ferrous Metals From Oxide Ores and Concentrate*. US Patent 3929468.
- [19]. Stevens, L. G., Leonhard A. Goeller, dan Marilyn Miller. 1975. *Hydrometallurgical Recovery of Nickel Values From Laterite*. US Patent 3903241.
- [20]. LV, Xuawei, Chenghuang Bai, Shengpig He, dan Qingyun Huang. 2010. *Mineral Change of Philippine and Indonesia Nickel Lateritic Ore During Sintering and Mineralogy of Their Sinter*. ISIJ International vol.50, No.3 pp.380-385.



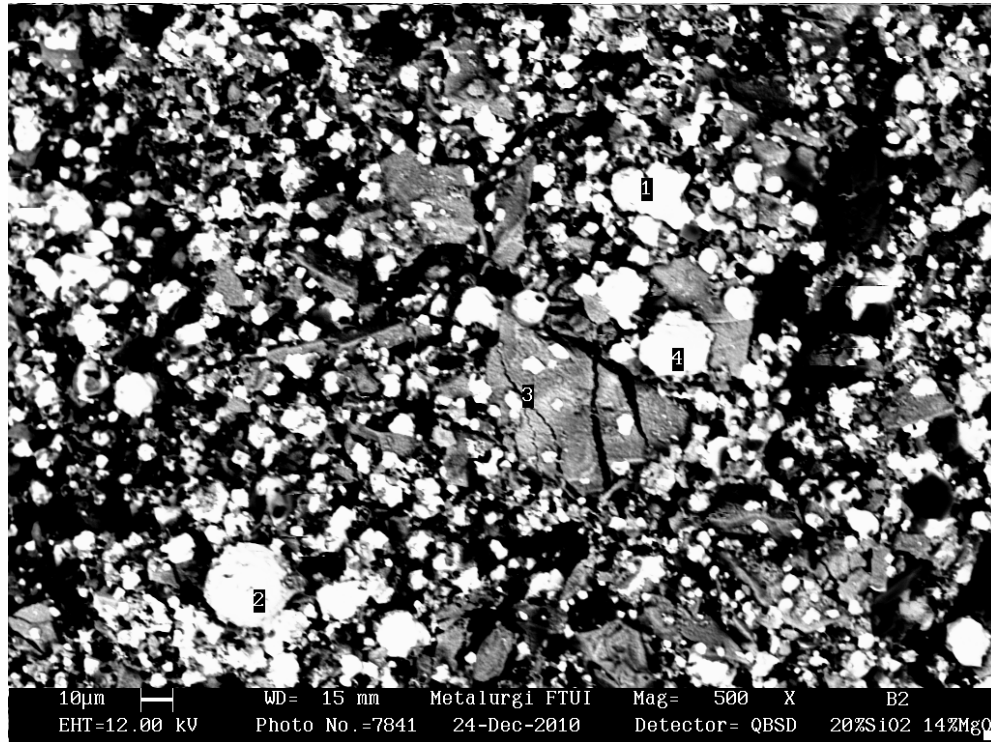
Lampiran 1.**Hasil Pengujian SEM****Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO****Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO**



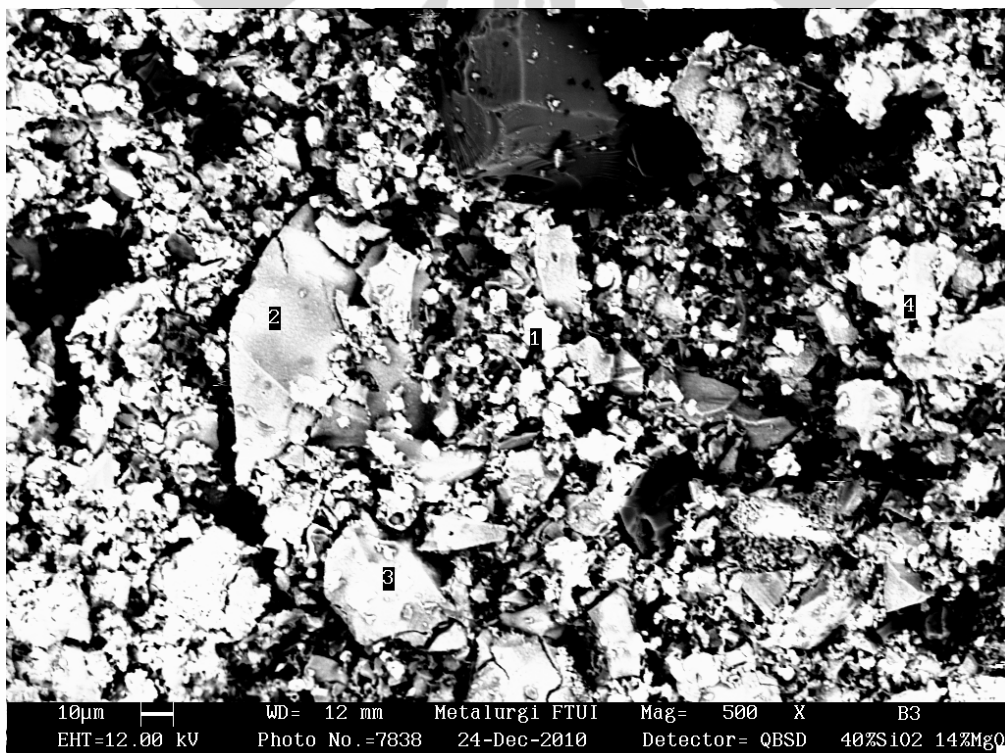
Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO



Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO



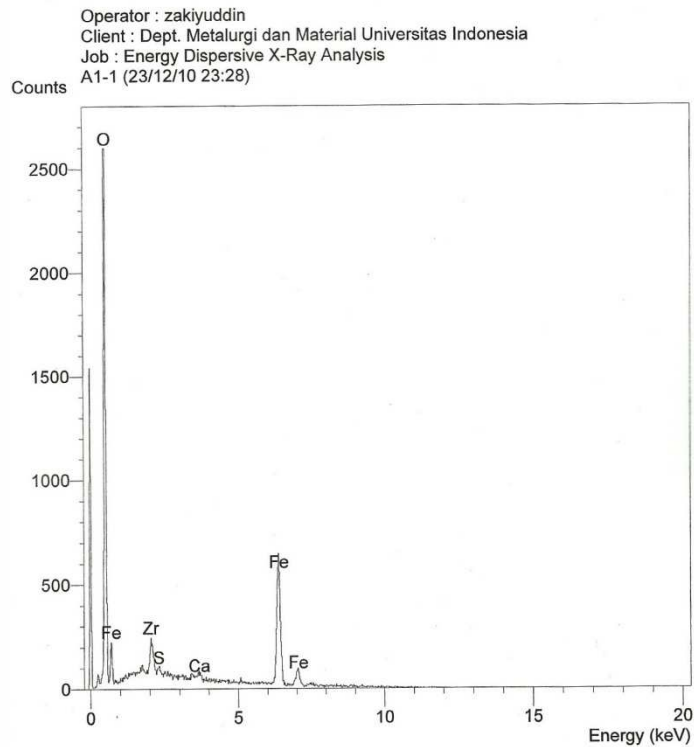
Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO



Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO

Lampiran 2

Hasil Pengujian EDS



SEMQuant results. Listed at 23:31:19 on 23/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A1-1

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

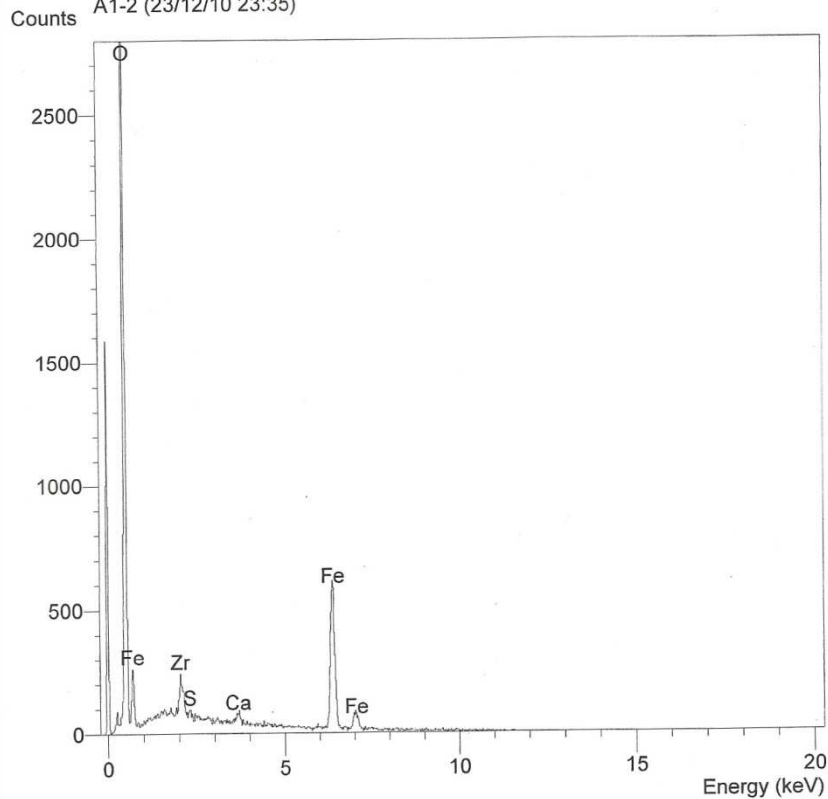
O K AL2O3 17/11/09
 S K FeS2 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Zr L Zirconium 01/04/05

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	25.09	54.05
S K	ED	0.54	0.58
Ca K	ED	0.99	0.85
Fe K	ED	70.18	43.31
Zr L	ED	3.20	1.21
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-1

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A1-2 (23/12/10 23:35)



SEMQuant results. Listed at 23:36:53 on 23/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A1-2

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

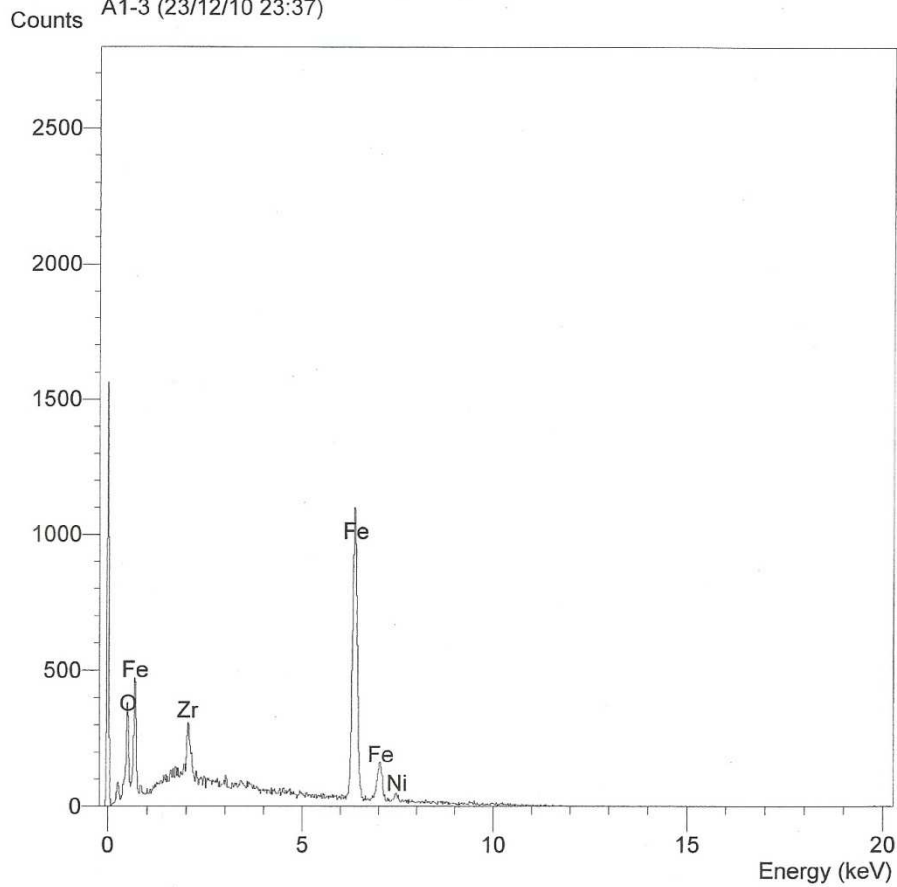
O K AL2O3 17/11/09
 S K FeS2 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Zr L Zirconium 01/04/05

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	28.42	58.22
S K	ED	0.31	0.32
Ca K	ED	1.12	0.92
Fe K	ED	67.44	39.57
Zr L	ED	2.72	0.98
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-2

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A1-3 (23/12/10 23:37)



SEMQuant results. Listed at 23:40:26 on 23/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A1-3

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

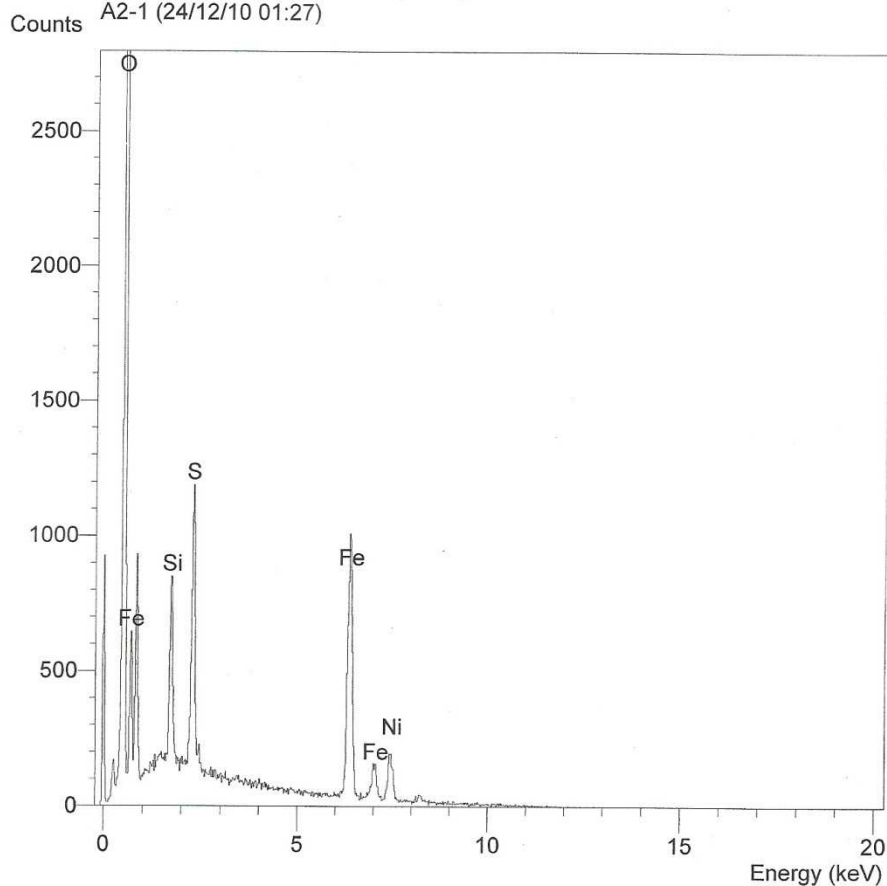
O K AL2O3 17/11/09
 Fe K FeS2 22/03/06
 Ni K Nickel 22/03/06
 Zr L Zirconium 01/04/05

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	2.52	8.38
Fe K	ED	89.53	85.24
Ni K	ED	5.40	4.89
Zr L	ED	2.55	1.49
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A2-1 (24/12/10 01:27)



SEMQuant results. Listed at 01:29:30 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A2-1

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

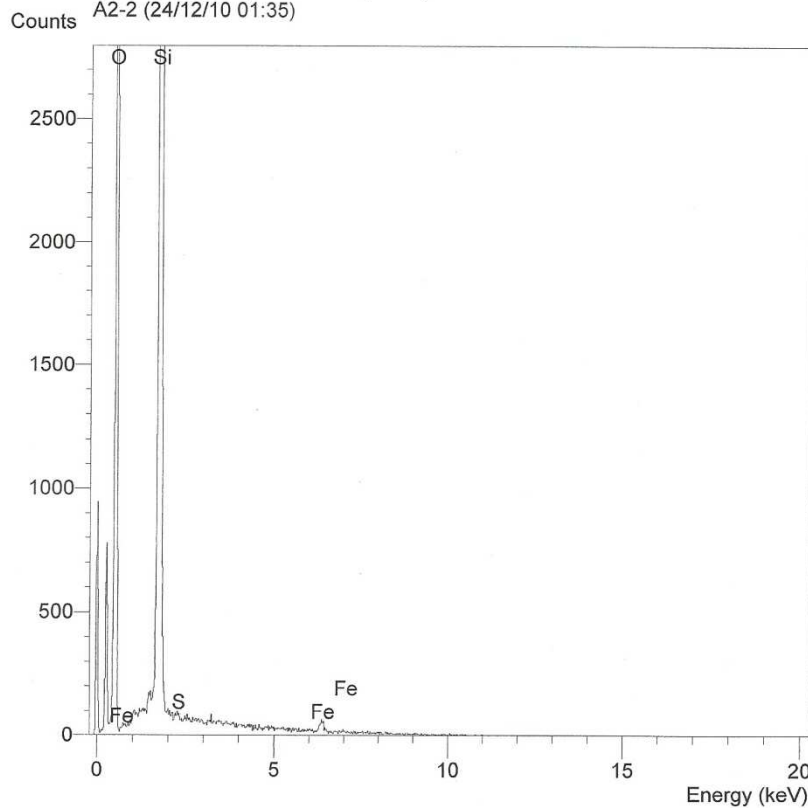
Standards :
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Ni K Nickel 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	24.11	50.94
Si K	ED	1.79	2.15
S K	ED	5.96	6.29
Fe K	ED	46.67	28.25
Ni K	ED	21.48	12.37
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-1

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A2-2 (24/12/10 01:35)



SEMQuant results. Listed at 01:37:12 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A2-2

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

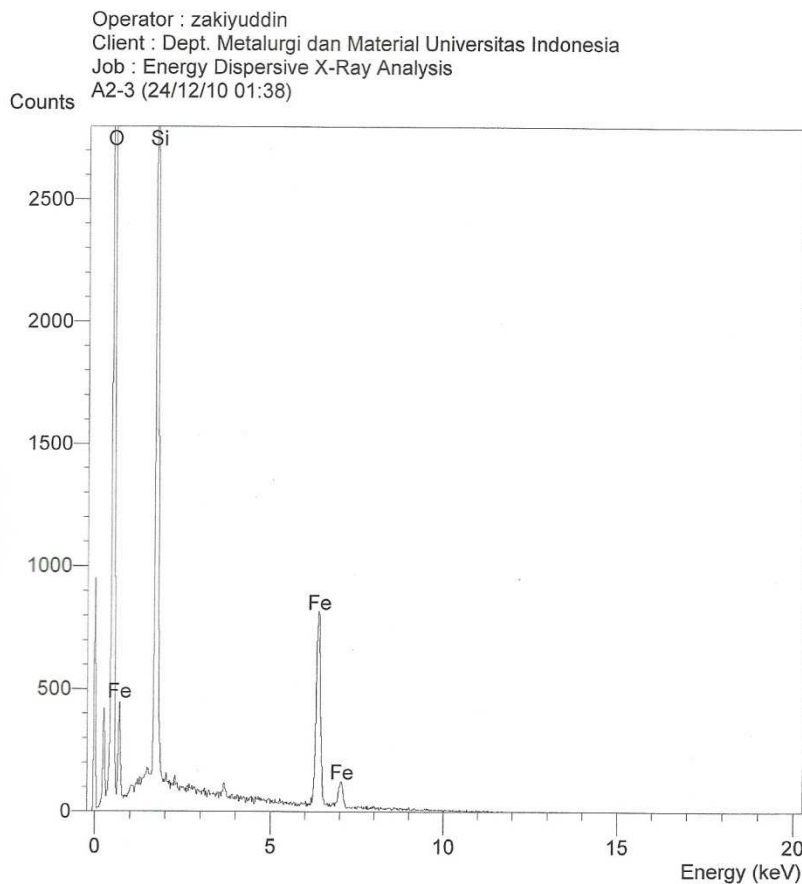
Standards :

O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	56.30	70.63
Si K	ED	38.26	27.34
S K	ED	0.28	0.17
Fe K	ED	5.16	1.85
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-2



SEMQuant results. Listed at 01:39:51 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A2-3

System resolution = 60 eV

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

3 peaks possibly omitted: 0.00, 2.28, 3.70 keV

Standards :

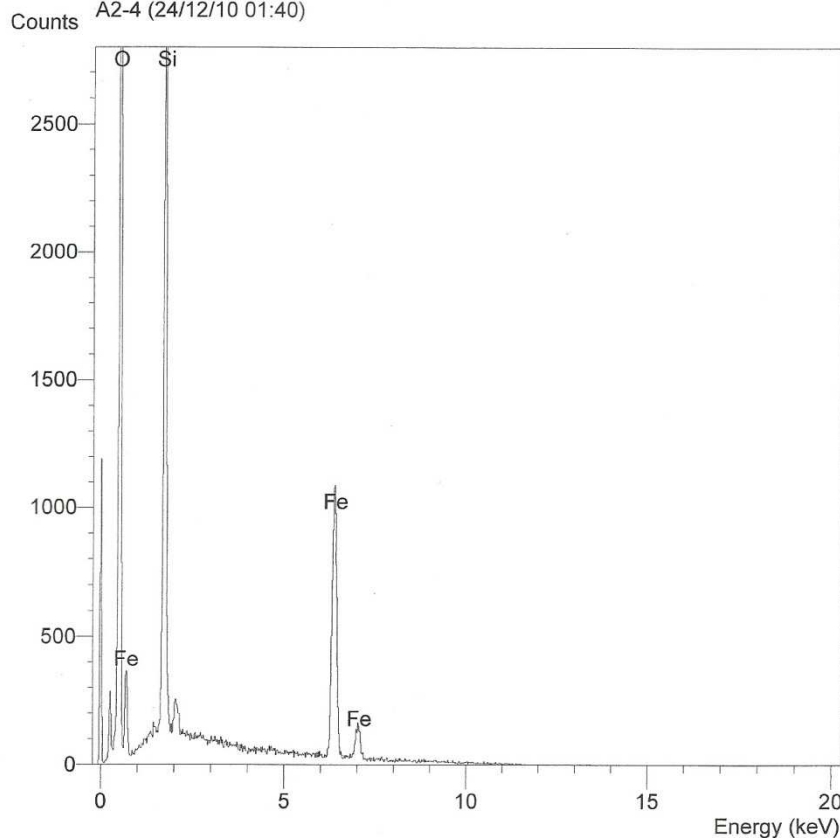
O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	35.40	61.92
Si K	ED	11.53	11.49
Fe K	ED	53.07	26.59
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A2-4 (24/12/10 01:40)



SEMQuant results. Listed at 01:41:25 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A2-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

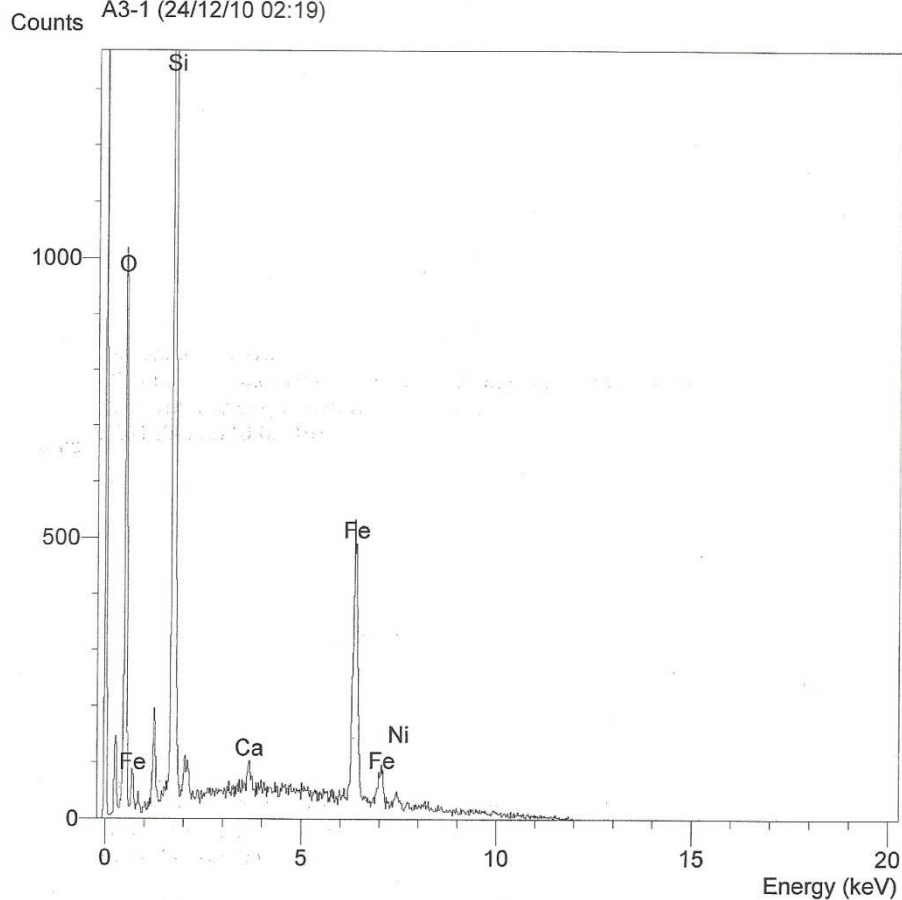
O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	24.65	50.48
Si K	ED	9.19	10.71
Fe K	ED	66.16	38.81
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-4

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A3-1 (24/12/10 02:19)



SEMQuant results. Listed at 02:22:49 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A3-1

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

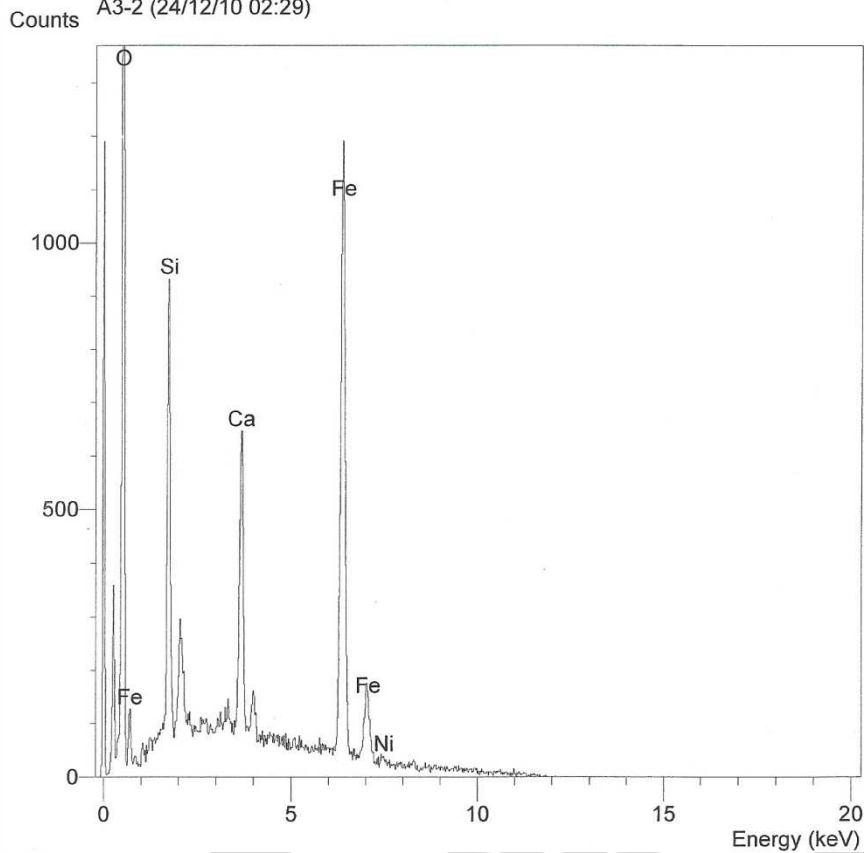
O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Ni K Nickel 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	12.76	30.40
Si K	ED	14.70	19.95
Ca K	ED	1.47	1.40
Fe K	ED	62.98	42.99
Ni K	ED	8.09	5.26
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-1

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A3-2 (24/12/10 02:29)



SEMQuant results. Listed at 02:30:46 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A3-2

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

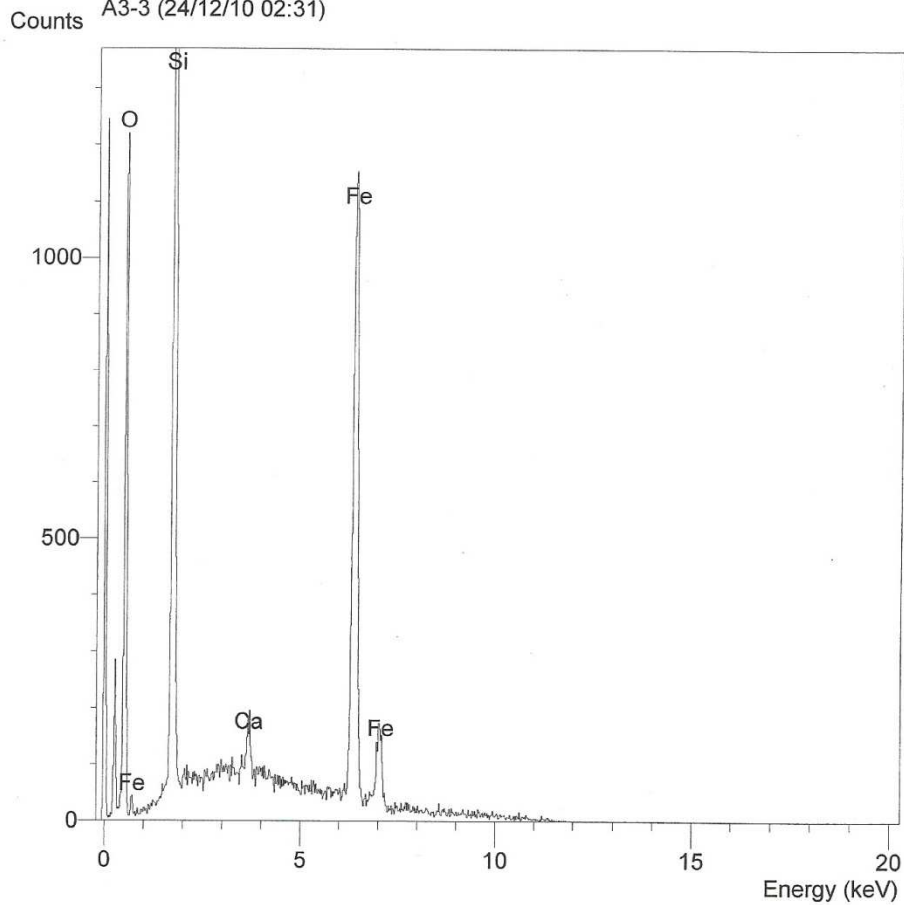
O K	AL2O3	17/11/09
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
Ca K	Orthoclase	22/03/06
Fe K	FeS2	22/03/06
Ni K	Nickel	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	14.71	35.90
Si K	ED	2.87	3.99
Ca K	ED	9.41	9.17
Fe K	ED	70.66	49.39
Ni K	ED	2.34	1.56
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-2

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A3-3 (24/12/10 02:31)



SEMQuant results. Listed at 02:33:13 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A3-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

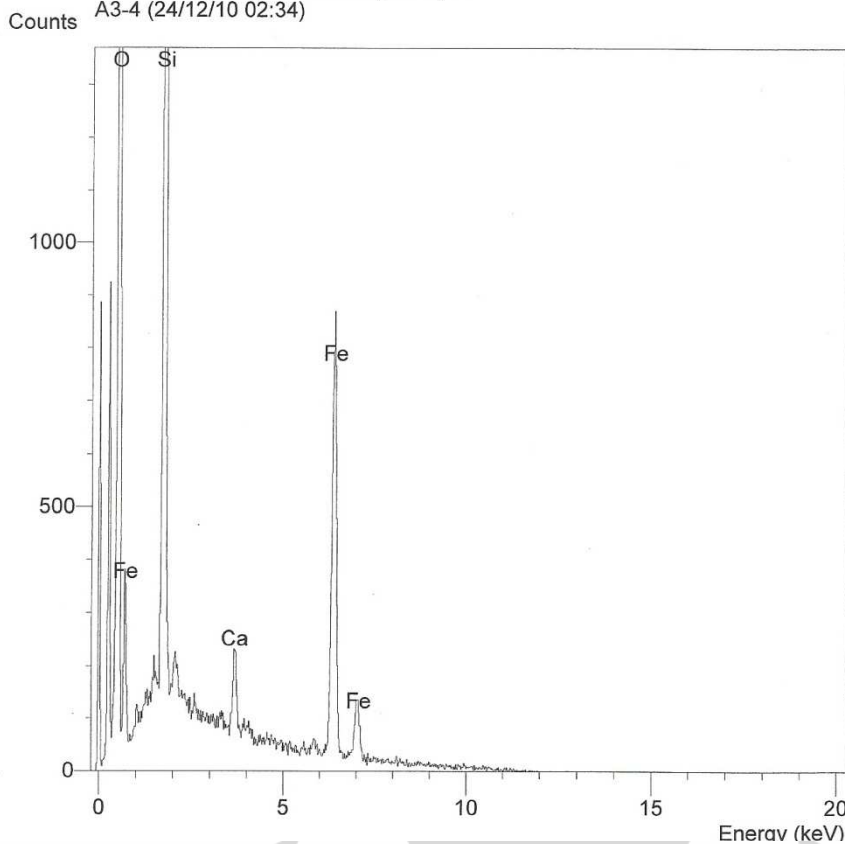
O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
O K	ED	7.59	20.60
Si K	ED	9.14	14.13
Ca K	ED	1.70	1.84
Fe K	ED	81.58	63.43
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 A3-4 (24/12/10 02:34)



SEMQuant results. Listed at 02:35:30 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: A3-4

System resolution = 60 eV

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

2 peaks possibly omitted: 0.00, 5.88 keV

Standards :

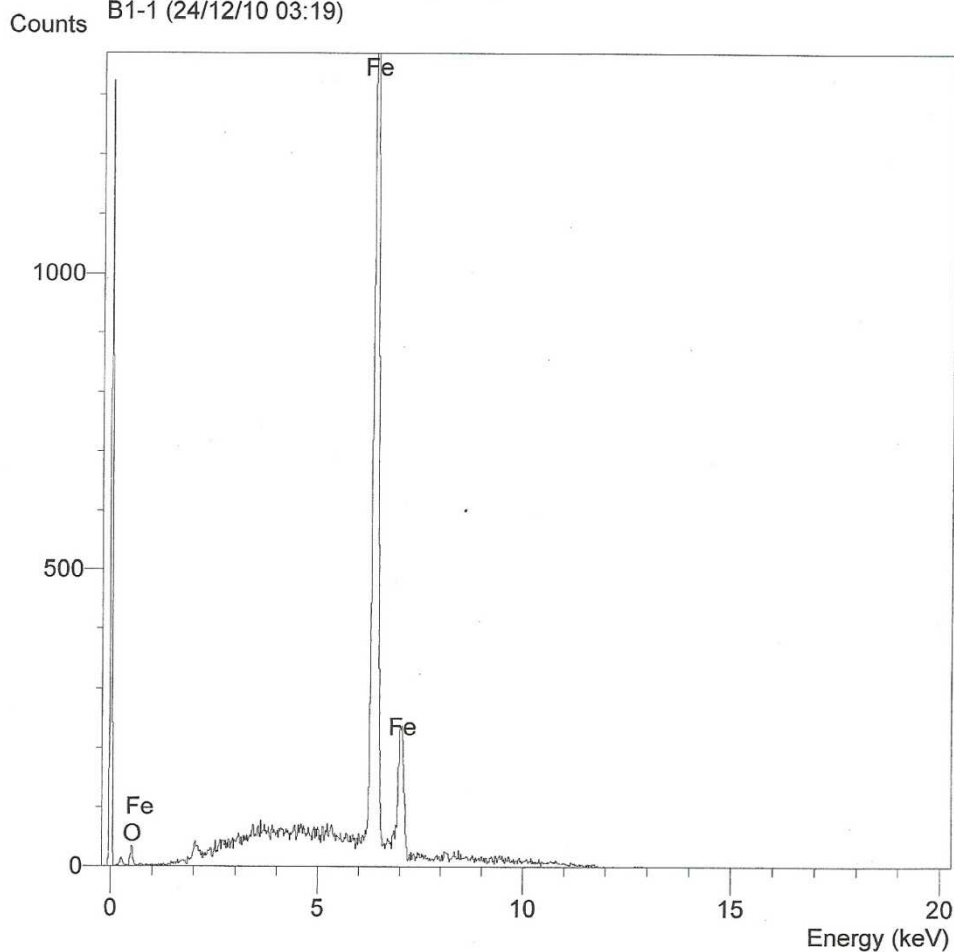
O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	33.95	60.64
Si K	ED	9.92	10.10
Ca K	ED	2.69	1.92
Fe K	ED	53.44	27.35
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO, titik uji ke-4

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B1-1 (24/12/10 03:19)



SEMQuant results. Listed at 03:21:42 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B1-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (1 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

3 peaks possibly omitted: 0.00, 2.06, 8.16 keV

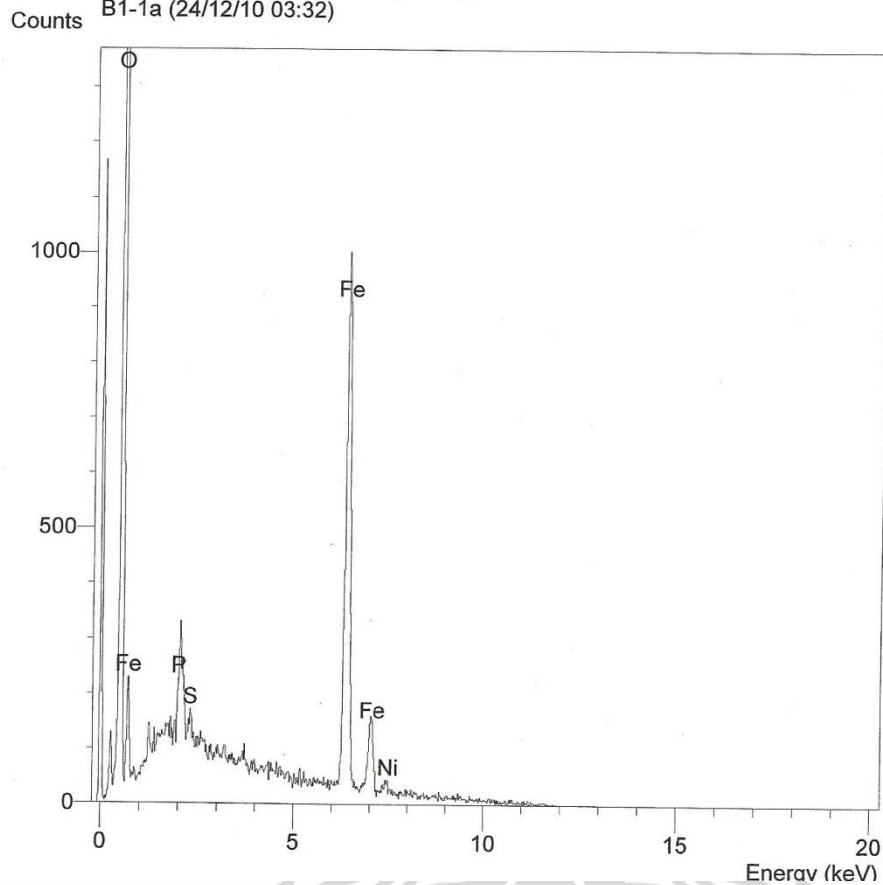
Standards :
 O K AL2O3 17/11/09
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	0.18	0.61
Fe K	ED	99.82	99.39
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-1

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B1-1a (24/12/10 03:32)



SEMQuant results. Listed at 03:35:15 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B1-1a

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

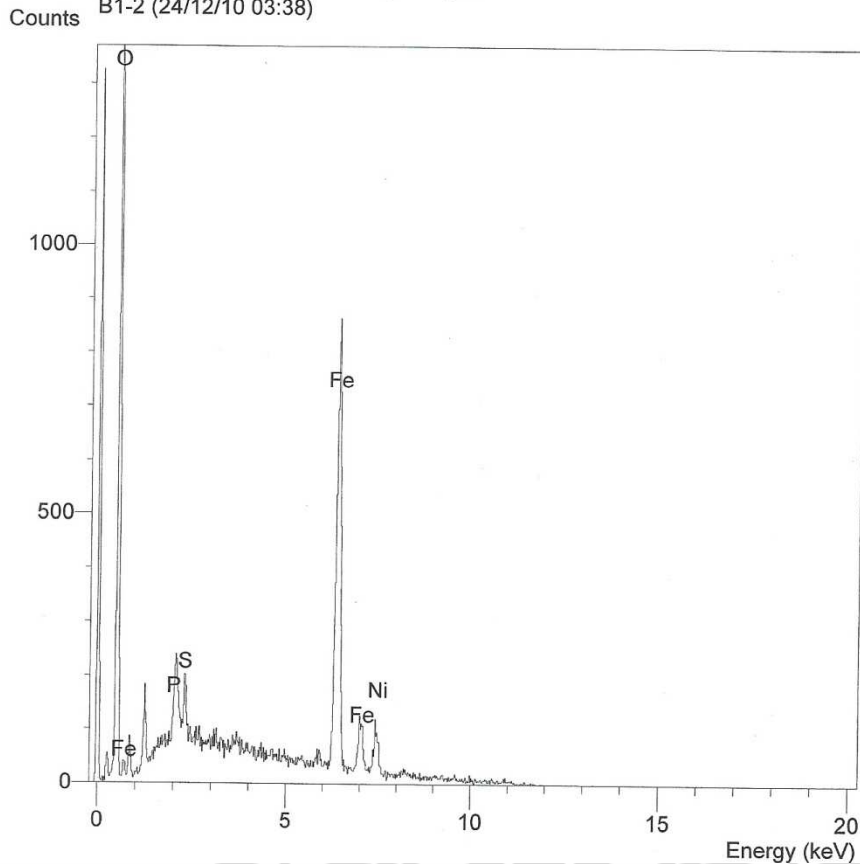
O K	AL2O3	17/11/09
P K	GaP	22/03/06
S K	FeS2	22/03/06
Fe K	FeS2	22/03/06
Ni K	Nickel	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	23.46	51.32
P K	ED	1.39	1.57
S K	ED	0.26	0.28
Fe K	ED	71.56	44.84
Ni K	ED	3.33	1.98
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-1a

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B1-2 (24/12/10 03:38)



SEMQuant results. Listed at 03:39:47 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B1-2

System resolution = 61 eV

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

2 peaks possibly omitted: 0.00, 5.88 keV

Standards :

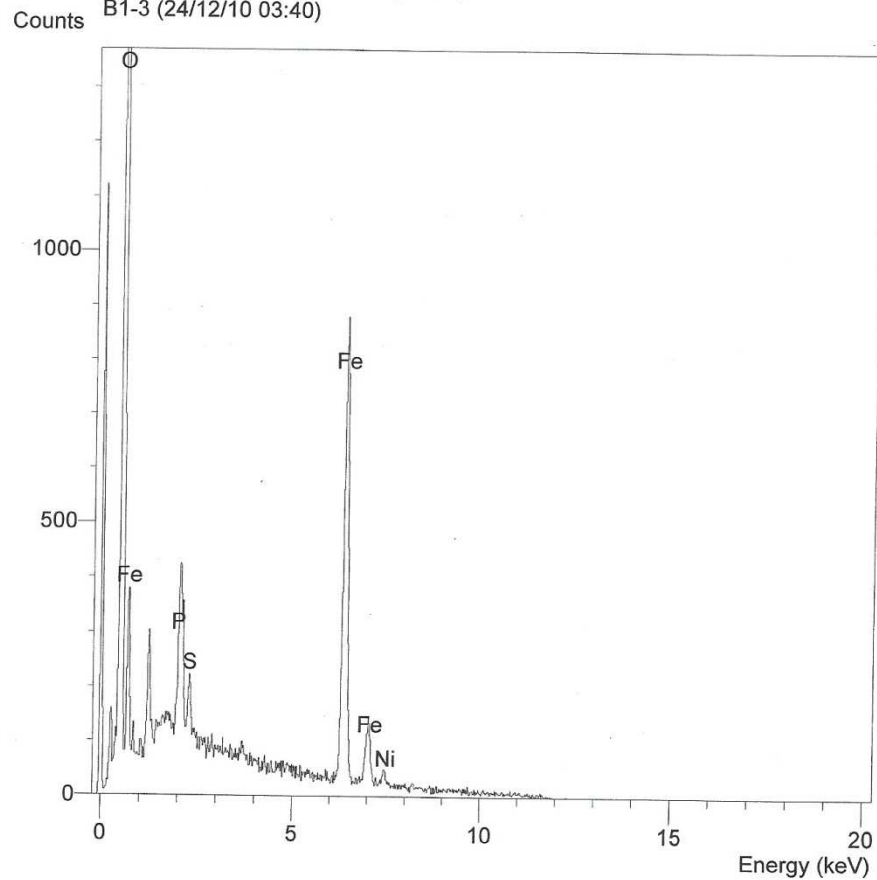
O K	AL2O3	17/11/09
P K	GaP	22/03/06
S K	FeS2	22/03/06
Fe K	FeS2	22/03/06
Ni K	Nickel	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	10.32	28.49
P K	ED	1.10	1.57
S K	ED	0.95	1.30
Fe K	ED	69.86	55.26
Ni K	ED	17.78	13.38
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-2

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B1-3 (24/12/10 03:40)



SEMQuant results. Listed at 03:42:10 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B1-3

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

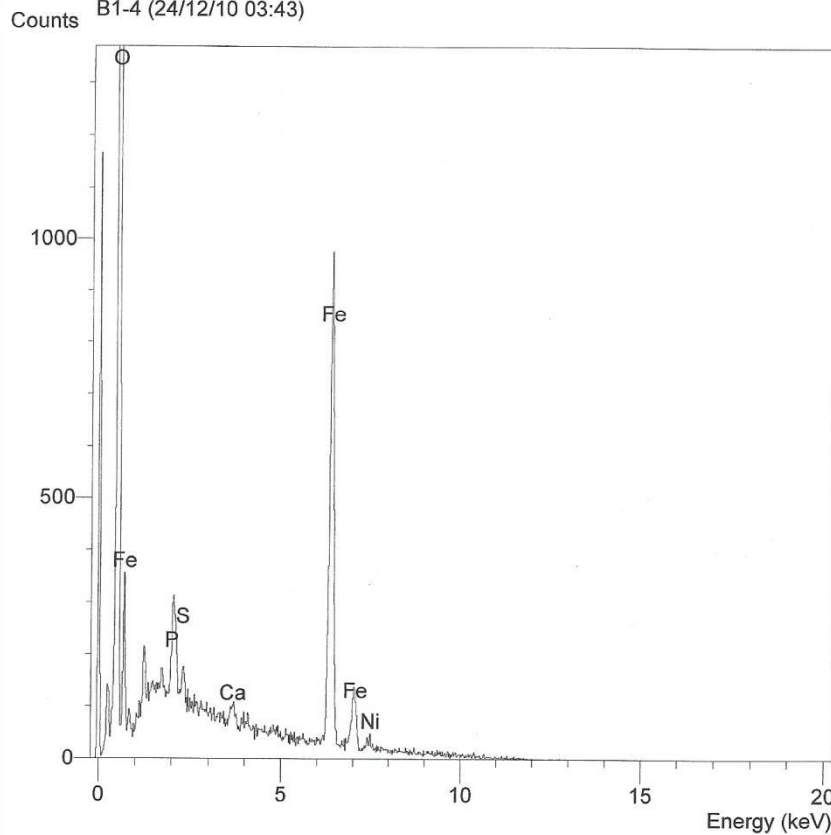
O K AL2O3 17/11/09
 P K GaP 22/03/06
 S K FeS2 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Ni K Nickel 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
O K	ED	28.52	57.53
P K	ED	2.24	2.34
S K	ED	0.58	0.58
Fe K	ED	64.23	37.12
Ni K	ED	4.42	2.43
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B1-4 (24/12/10 03:43)



SEMQuant results. Listed at 03:45:41 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B1-4

System resolution = 61 eV

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

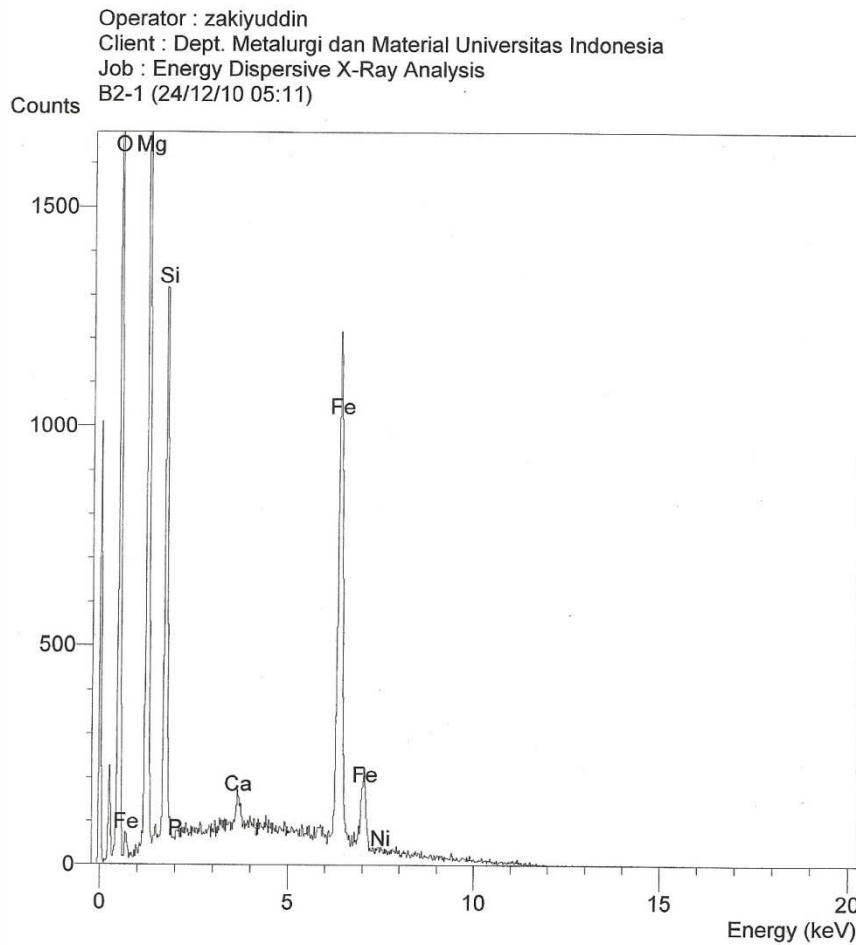
1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :
 O K AL2O3 17/11/09
 P K GaP 22/03/06
 S K FeS2 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Ni K Nickel 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	29.28	58.59
P K	ED	1.37	1.41
S K	ED	0.31	0.31
Ca K	ED	0.89	0.71
Fe K	ED	64.53	37.00
Ni K	ED	3.63	1.98
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-4



SEMQuant results. Listed at 05:14:29 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B2-1

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

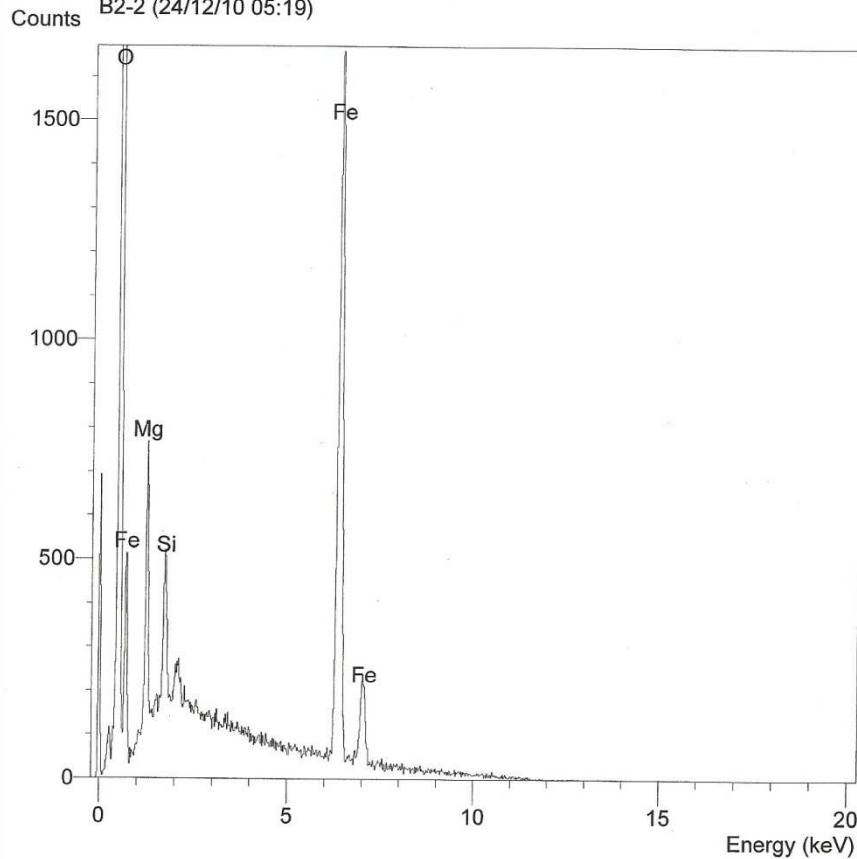
Standards :
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	12.42	28.66
Mg K	ED	12.14	18.43
Si K	ED	4.23	5.56
Ca K	ED	1.20	1.10
Fe K	ED	70.01	46.26
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-1

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B2-2 (24/12/10 05:19)



SEMQuant results. Listed at 05:22:07 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B2-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

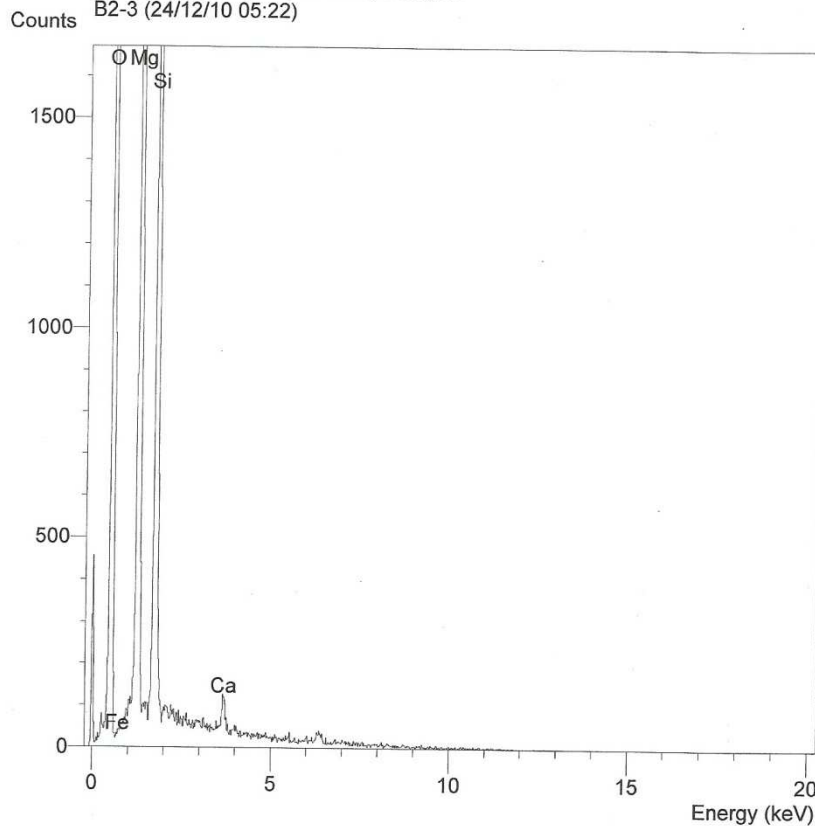
O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	21.20	47.03
Mg K	ED	2.82	4.11
Si K	ED	0.92	1.17
Fe K	ED	75.06	47.70
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-2

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B2-3 (24/12/10 05:22)



SEMQuant results. Listed at 05:29:01 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B2-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

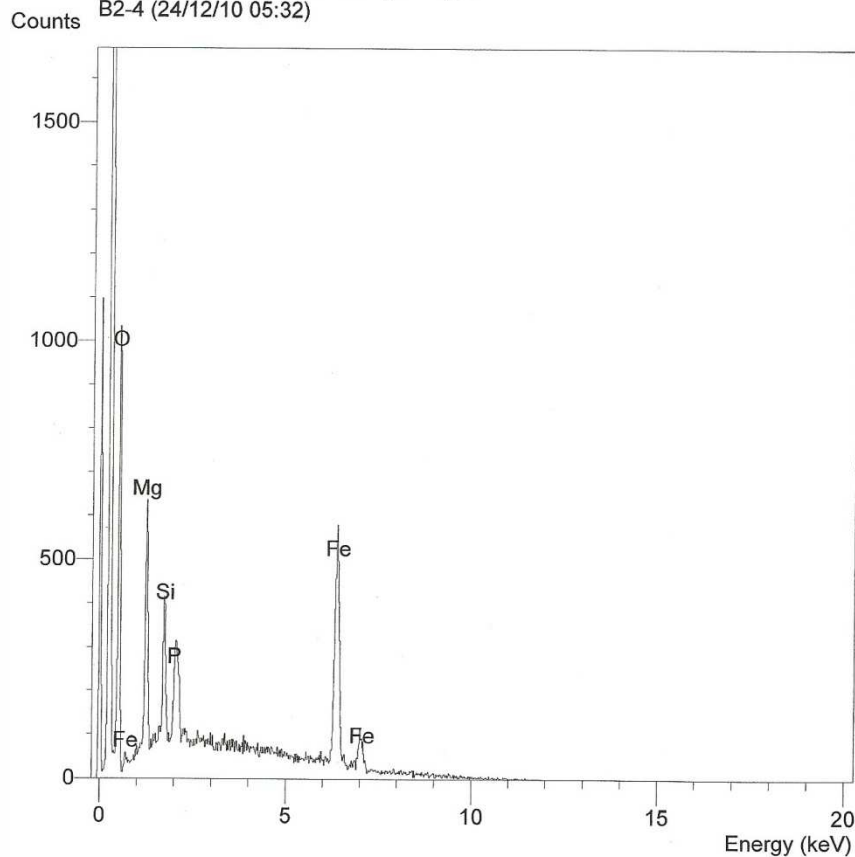
O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	52.12	64.32
Mg K	ED	28.88	23.45
Si K	ED	14.97	10.52
Ca K	ED	2.08	1.02
Fe K	ED	1.96	0.69
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B2-4 (24/12/10 05:32)



SEMQuant results. Listed at 05:34:58 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B2-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

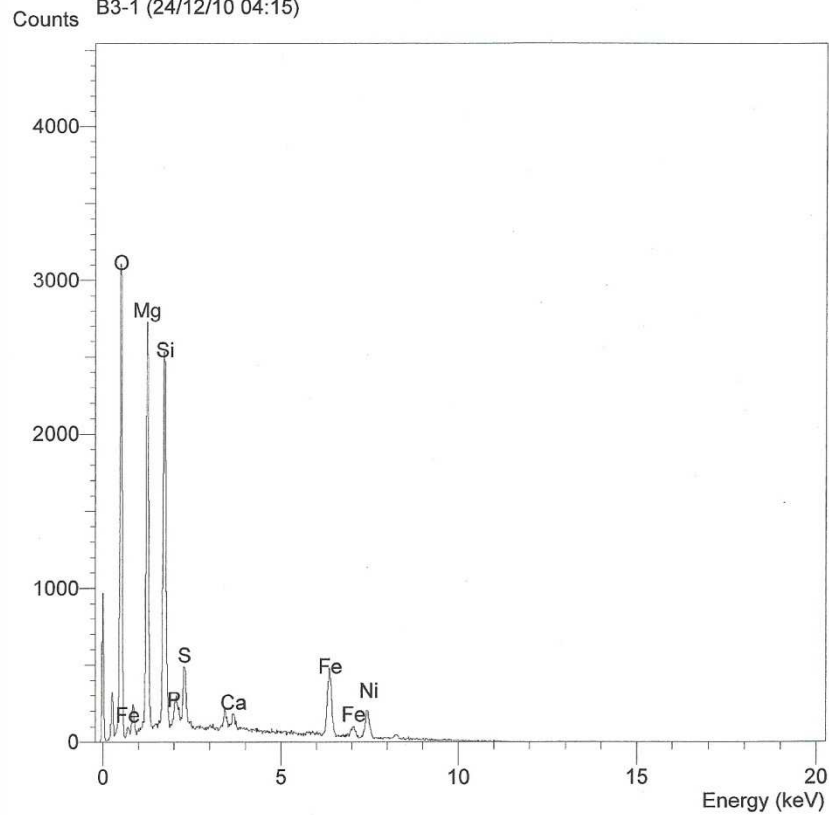
O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	14.67	33.98
Mg K	ED	7.10	10.82
Si K	ED	2.34	3.09
P K	ED	3.27	3.91
Fe K	ED	72.63	48.21
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-4

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B3-1 (24/12/10 04:15)



SEMQuant results. Listed at 04:18:35 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B3-1

System resolution = 61 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

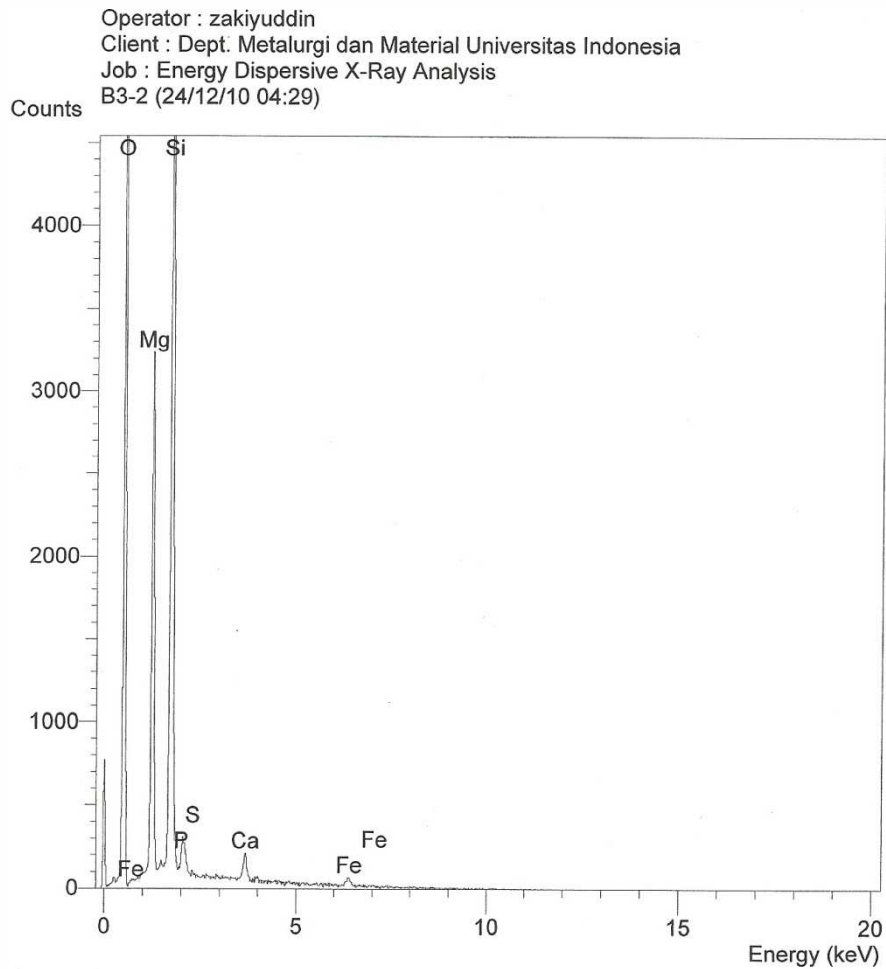
Standards :

O K	AL2O3	17/11/09
Mg K	MagOxide	22/03/06
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
P K	GaP	22/03/06
S K	FeS2	22/03/06
Ca K	Orthoclase	22/03/06
Fe K	FeS2	22/03/06
Ni K	Nickel	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	19.05	37.76
Mg K	ED	14.33	18.68
Si K	ED	8.19	9.24
P K	ED	1.00	1.02
S K	ED	2.68	2.65
Ca K	ED	1.44	1.14
Fe K	ED	26.02	14.77
Ni K	ED	27.30	14.74
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-1



SEMQuant results. Listed at 04:31:28 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B3-2

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

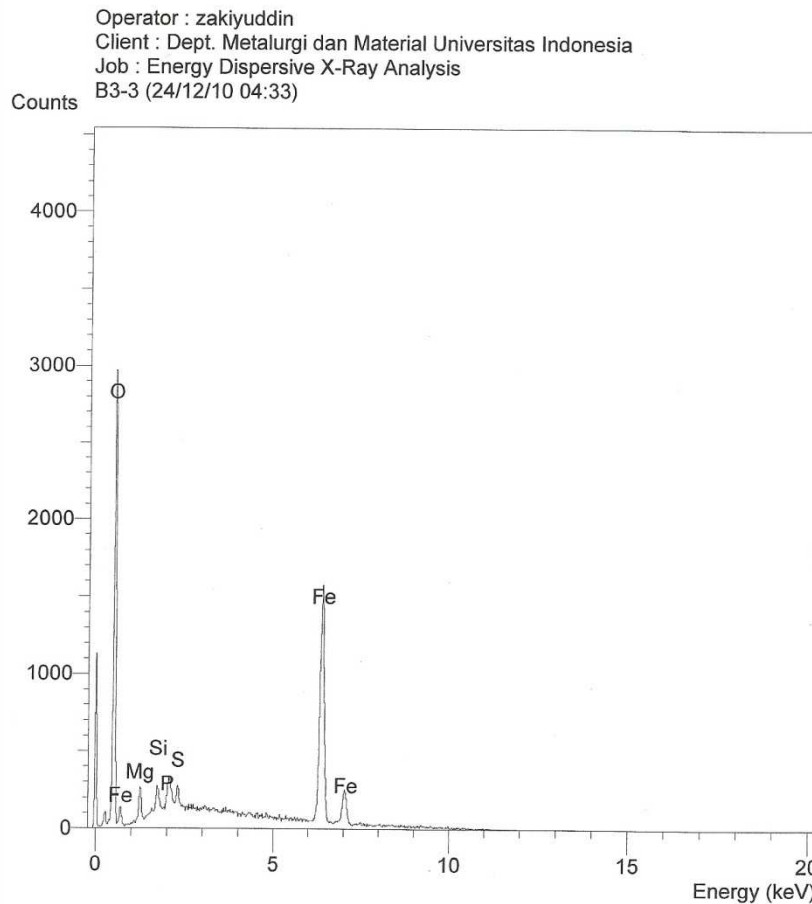
Standards :

O K	AL2O3	17/11/09
Mg K	MagOxide	22/03/06
Si K	Low Carbon Steel	13/09/06
P K	GaP	22/03/06
Ca K	Orthoclase	22/03/06
Fe K	FeS2	22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	48.24	62.54
Mg K	ED	17.75	15.14
Si K	ED	23.07	17.04
P K	ED	2.09	1.40
Ca K	ED	4.06	2.10
Fe K	ED	4.79	1.78
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-2



SEMQuant results. Listed at 04:34:45 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B3-3

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

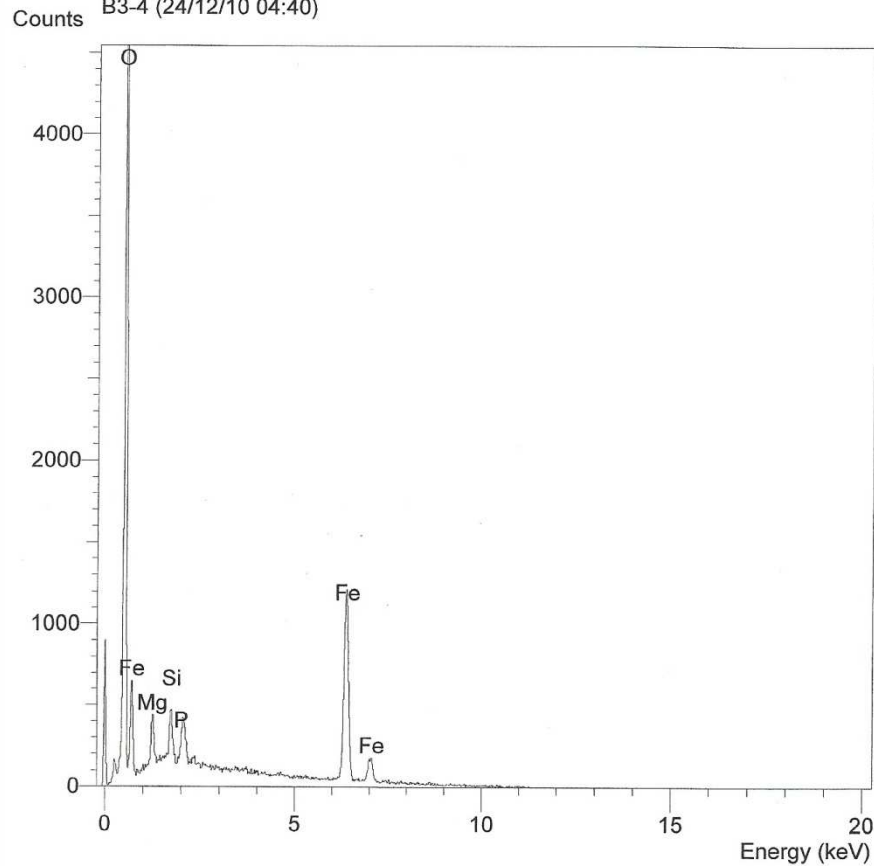
O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	12.95	33.46
Mg K	ED	1.22	2.07
Si K	ED	0.48	0.70
P K	ED	0.99	1.32
Fe K	ED	84.37	62.46
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-3

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 B3-4 (24/12/10 04:40)



SEMQuant results. Listed at 04:42:07 on 24/12/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: B3-4

System resolution = 60 eV

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

1 peak possibly omitted: 0.00 keV

Standards :

O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
O K	ED	25.42	52.89
Mg K	ED	1.74	2.39
Si K	ED	0.98	1.16
P K	ED	1.54	1.65
Fe K	ED	70.31	41.90
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO, titik uji ke-4

Lampiran 3

Hasil Pengujian Kadar Karbon



Laboratorium Pengujian tekMIRA

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINERAL DAN BATUBARA
Jl. Jenderal Sudirman 623 Bandung – 40211

Telepon : (022) 6030483 Faksimile : (022) 6003373 e-mail : lab_uji@tekMIRA.esdm.go.id

F 413.3



SERTIFIKAT ANALISIS
(CERTIFICATE OF ANALYSIS)
Terakreditasi No. LP-051-IDN tgl. 19 Juni 2009

Nomor / Number : 1489/LBB/XI/10 Tanggal / Date : 12 November 2010
Dibuat untuk / Certified for : Reza Miftahul Ulum
Fakultas Teknik UI
Kampus Baru UI Depok
Jenis contoh / Type of Sample : Kokas
Sifat / Kondisi Barang yang diuji / Description of sample : Berbutir Halus
Asal contoh / Origin of sample : -
Jumlah contoh / Amount of sample : 2 (Dua)
Nomor Laboratorium / Laboratory Number : 6428 s.d 6429 / 2010
Contoh diterima tanggal / Sample received on : 8 November 2010
Waktu pelaksanaan pengujian / Date of testing : 8 November 2010

HASIL ANALISIS / ANALYSIS RESULT :

No.	No. Lab	Tanda Contoh	Air Lembab	Abu	Zat Terbang	Karbon Padat	Belerang Total	Nilai Kalor
No.	Lab No.	Sample marks	Moisture in Air Dried Sample	Ash	Volatile Mater	Fixed Carbon	Total Sulfur	Calorific Value
			% adb	% adb	% adb	% adb	% adb	Cal/g adb
1	6428/10	Kokas A	0.51	14.13	0.54	84.82	0.37	6672
2	6429/10	Kokas C	8.75	13.71	9.37	68.17	0.64	5810
Standar Acuan :			ASTM D.3173	ASTM D.3174	ISO 562	ASTM D.3172	ASTM D.4239	ASTM D.5865

an. Manajer Teknis
Lab. Batubara,

Taty Hernawati
NIP. 19550706 197803 2 001

Catatan : 1. Hasil pengujian/analisis ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Notes These analysis result are only valid for the tested samples

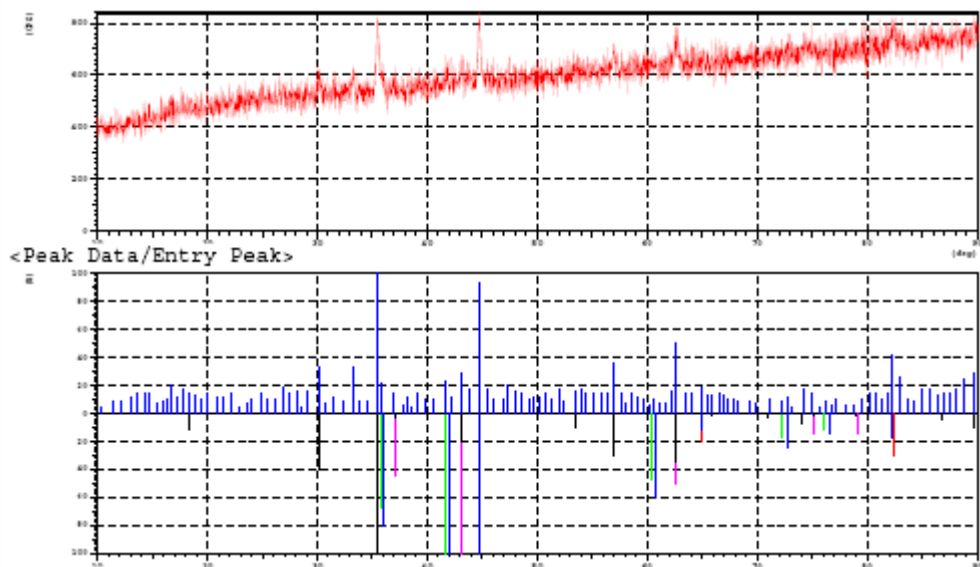
2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak (digandakan) tanpa izin dari Manajer Teknis

This Certificate shall not be reproduced (copied) without written permission of the Technical manager

Lampiran 4**Hasil Pengujian XRD****Deskripsi Sampel**

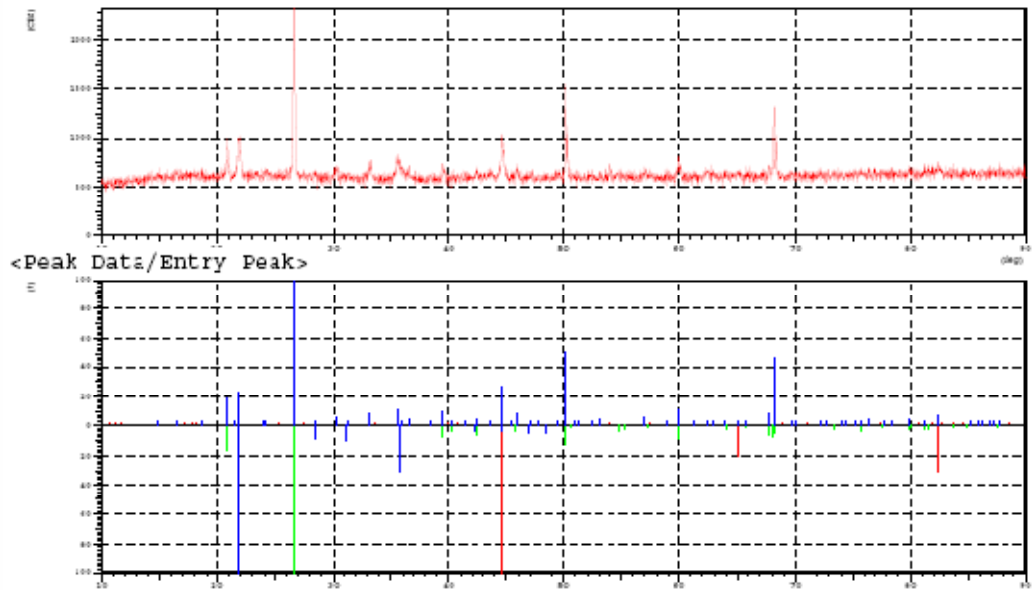
No.File	Keterangan
1	SiO ₂ (0%); MgO (0%); Kokas (12%)
2	SiO ₂ (20%); MgO (0%); Kokas (12%)
3	SiO ₂ (40%); MgO (0%); Kokas (12%)
4	SiO ₂ (0%); MgO (14%); Kokas (12%)
5	SiO ₂ (20%); MgO (14%); Kokas (12%)
6	SiO ₂ (40%); MgO (14%); Kokas (12%)
7	SiO ₂ (20%); MgO (14%); Kokas (12%) – Mula
8	SiO ₂ (40%); MgO (14%); Kokas (12%) – Mula
9	SiO ₂ (0%); MgO (14%); Kokas (12%) – Mula
10	SiO ₂ (0%); MgO (0%); Kokas (12%) – Mula
11	SiO ₂ (20%); MgO (0%); Kokas (12%) – Mula
12	SiO ₂ (40%); MgO (0%); Kokas (12%) – Mula

Sampel 1



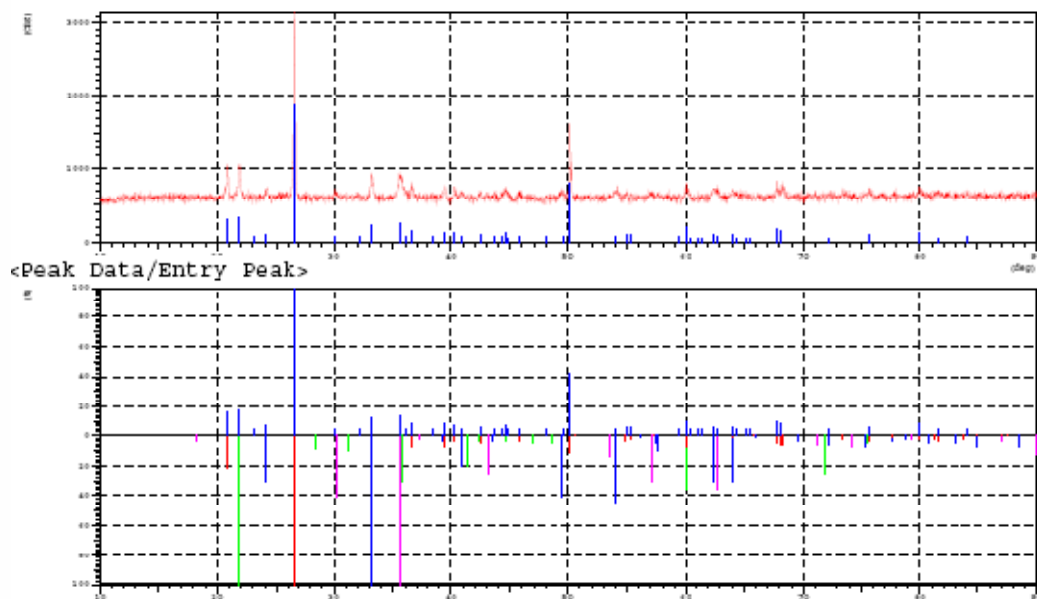
No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	6-0696	Fe Iron (Iron, syn)	0.940	1.000 (3/ 6)	7.88	0.976	0.905 0.883
2	19-0629	Fe+2Fe2+3O4 Iron Oxide (Magnetite, syn)	1.000	1.000 (15/26)	5.20	0.811	0.736 0.597
3	24-0712	MgNiO2 Magnesium Nickel Oxide	0.491	1.000 (5/10)	5.18	0.732	0.554 0.405
4	37-0474	(Fe,Ni) Iron Nickel (Kamacite)	0.946	1.000 (3/ 6)	7.89	0.923	0.790 0.729
5	74-1886	FeO (Wuestite, syn)	0.280	1.000 (5/ 5)	5.87	0.834	0.741 0.618
6	36-0398	MgFe2+3O4 Magnesium Iron Oxide (Magnesioferrite, di	0.975	1.000 (15/27)	4.50	0.823	0.681 0.560

Sampel 2



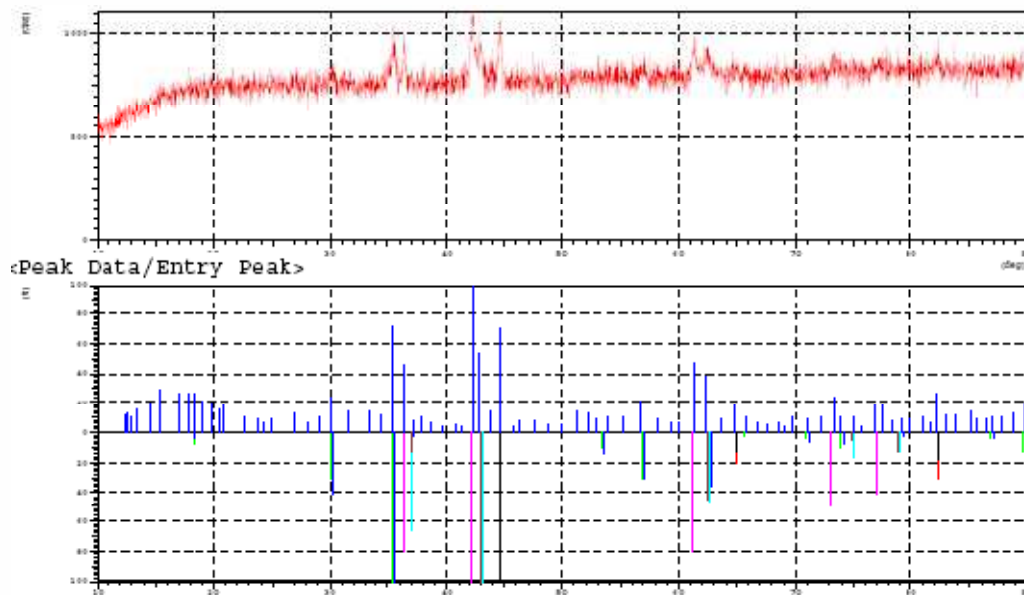
No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	6-0696	Fe	0.253	1.000 (3/ 6)	0.935	0.916	0.856
		Iron (Iron, syn)		7.88		Im-3m	
2	46-1045	SiO2	0.975	0.750 (21/58)	0.839	0.603	0.380
		Silicon Oxide (Quartz, syn)		2.65		P3221	
3	38-0448	SiO2.xH2O	0.278	0.875 (7/ 8)	0.755	0.459	0.303
		Silicate Hydrate (Opal-\ITA\RG)		-----		-----	

Sampel 3



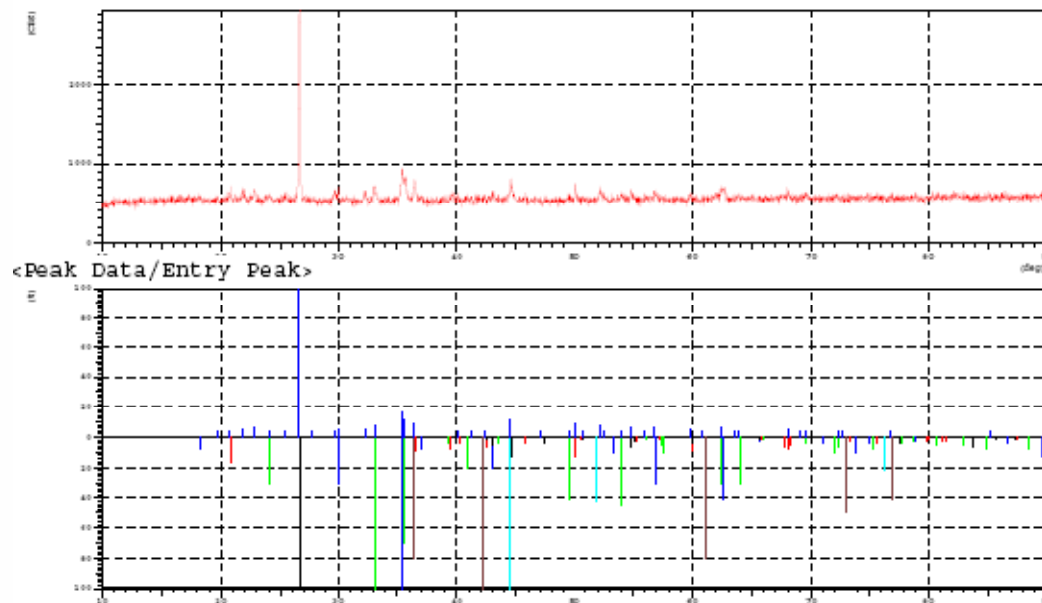
No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃ Iron Oxide (Hematite, syn)	0.177	0.583 (14/45)	0.746	0.601	0.261
2	17-0464	MgFe ₂ +3O ₄ Magnesium Iron Oxide (Magnesioferrite, or	0.127	0.308 (4/22)	0.659	0.810	0.164
3	78-2315	SiO ₂ (Quartz)	0.974	0.679 (19/28)	0.907	0.712	0.438
4	38-0448	SiO ₂ .xH ₂ O Silicate Hydrate (Opal-\ITA\RG)	0.294	0.625 (5/ 8)	-----	-----	-----

Sampel 4



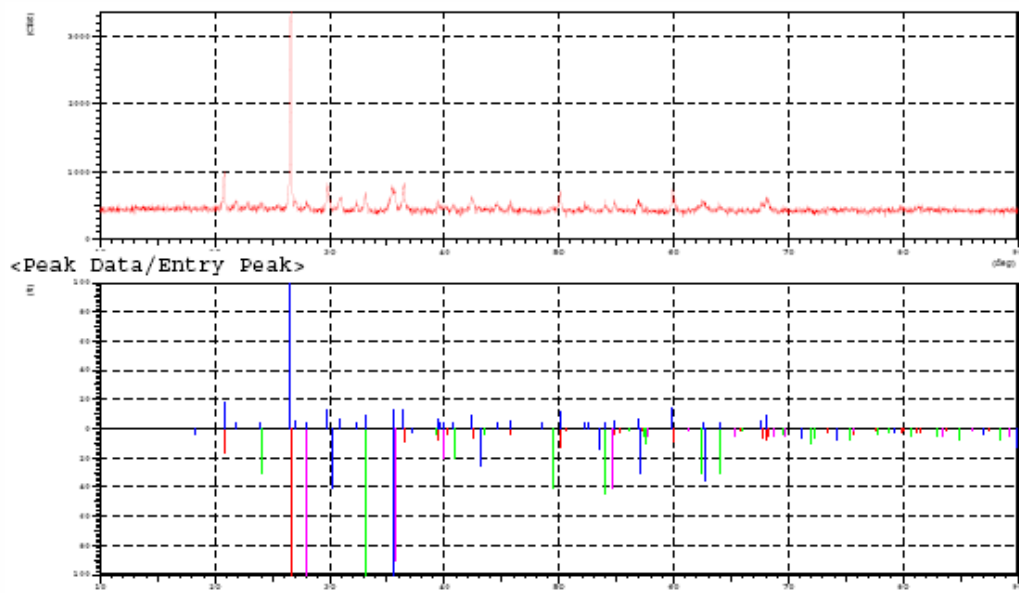
No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	6-0696	Fe Iron (Iron, syn)	0.760	1.000(3/ 6)	7.88	0.728	0.900 0.655
2	19-0629	Fe ₂ Fe ₂ O ₄ Iron Oxide (Magnetite, syn)	0.831	1.000(15/26)	5.20	0.776	0.634 0.492
3	17-0464	MgFe ₂ O ₄ Magnesium Iron Oxide (Magnesioferrite, or	0.791	1.000(13/22)	4.52	0.664	0.620 0.412
4	37-0474	(Fe,Ni) Iron Nickel (Kamacite)	0.769	1.000(3/ 6)	7.89	0.808	0.770 0.622
5	65-0476	MgO (Magnesia, syn)	0.640	1.000(5/10)	3.61	0.692	0.780 0.540
6	46-1312	FeO Iron Oxide (W\PIustite)	0.666	1.000(5/ 7)	6.03	0.720	0.749 0.540
7	65-2901	NiO	0.485	1.000(5/10)	6.72	0.758	0.647 0.490

Sampel 5



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)		DX	WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO ₂ Silicon Oxide (Quartz, syn)	0.850	0.464 (13/58)	0.719	0.731	0.244
2	33-0664	Fe ₂ O ₃ Iron Oxide (Hematite, syn)	0.139	0.500 (12/45)	0.768	0.603	0.231
3	19-0629	Fe ₂ Fe ₂ O ₄ Iron Oxide (Magnetite, syn)	0.165	0.267 (4/26)	0.888	0.935	0.221
4	4-0850	Ni Nickel (Nickel, syn)	0.129	1.000 (3/ 8)	0.425	0.835	0.355
5	26-1080	C Carbon	0.992	0.500 (7/20)	0.739	0.934	0.345
6	46-1312	FeO Iron Oxide (W\Piustite)	0.066	1.000 (5/ 7)	0.525	0.653	0.343

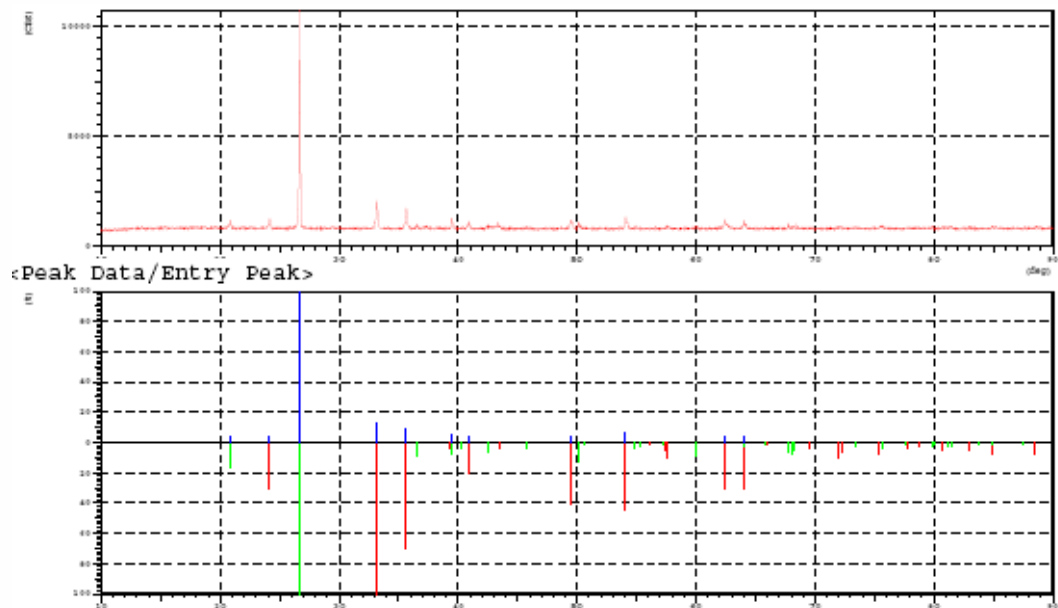
Sampel 6



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)		Dx	WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO ₂ Silicon Oxide (Quartz, syn)	0.968	0.500(14/58)	2.65	0.788	0.847 0.334
2	33-0664	Fe ₂ O ₃ Iron Oxide (Hematite, syn)	0.131	0.333(8/45)	5.27	0.784	0.681 0.178
3	17-0464	MgFe ₂₊₃ O ₄ Magnesium Iron Oxide (Magnesioferrite, or	0.174	0.385(5/22)	4.52	0.564	0.673 0.146
4	12-0697	MgH ₂ Magnesium Hydride	0.096	0.308(4/27)	1.42	0.727	0.622 0.139



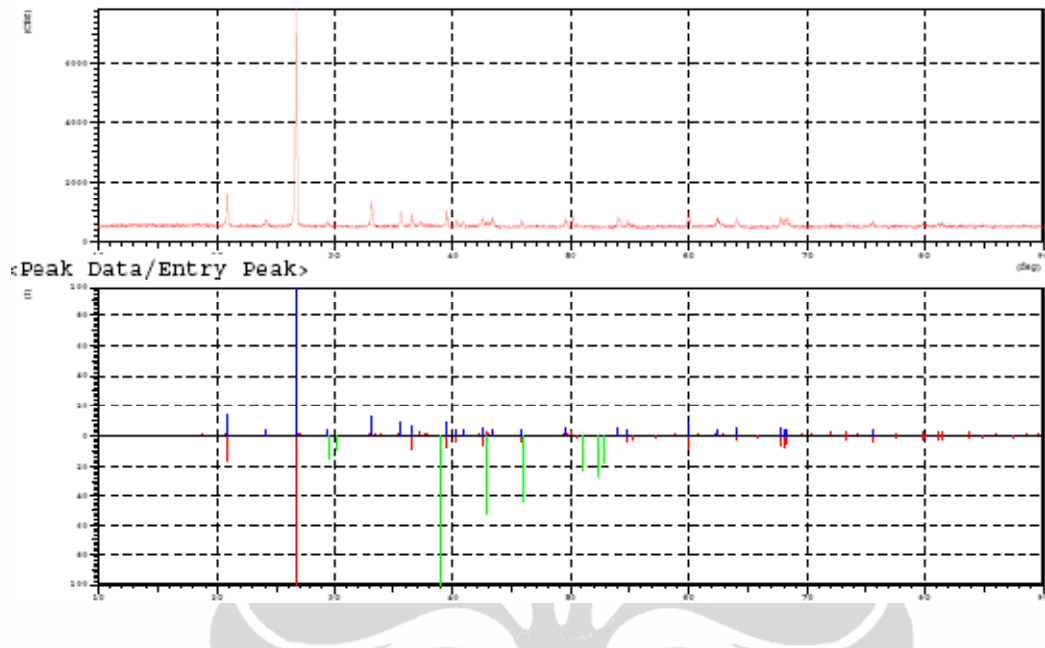
Sampel 7



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	DX		WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.130	0.375 (9/45)	0.932	0.838	0.293
		Iron Oxide (Hematite, syn)		5.27		R-3c	
2	46-1045	SiO ₂	0.881	0.143 (4/58)	0.985	0.790	0.111
		Silicon Oxide (Quartz, syn)		2.65		P3221	



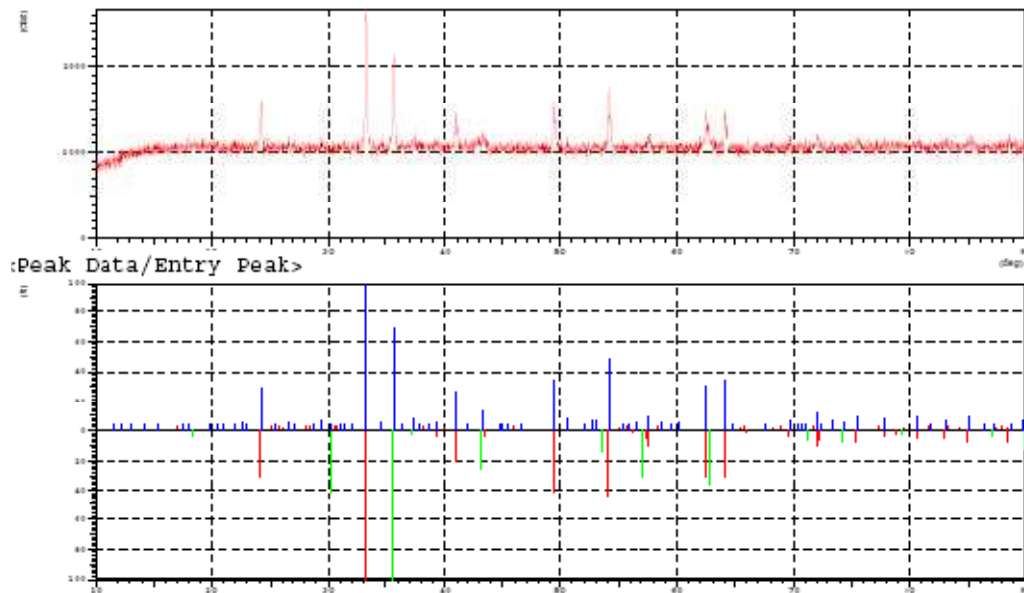
Sampel 8



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)		Dx	WT%	S.G.	
1	46-1045	SiO ₂	0.913	0.536(15/58)	0.984	0.874	0.461
		Silicon Oxide (Quartz, syn)		2.65		P3221	
2	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.145	0.458(11/45)	0.858	0.664	0.261
		Iron Oxide (Hematite, syn)		5.27		R-3c	

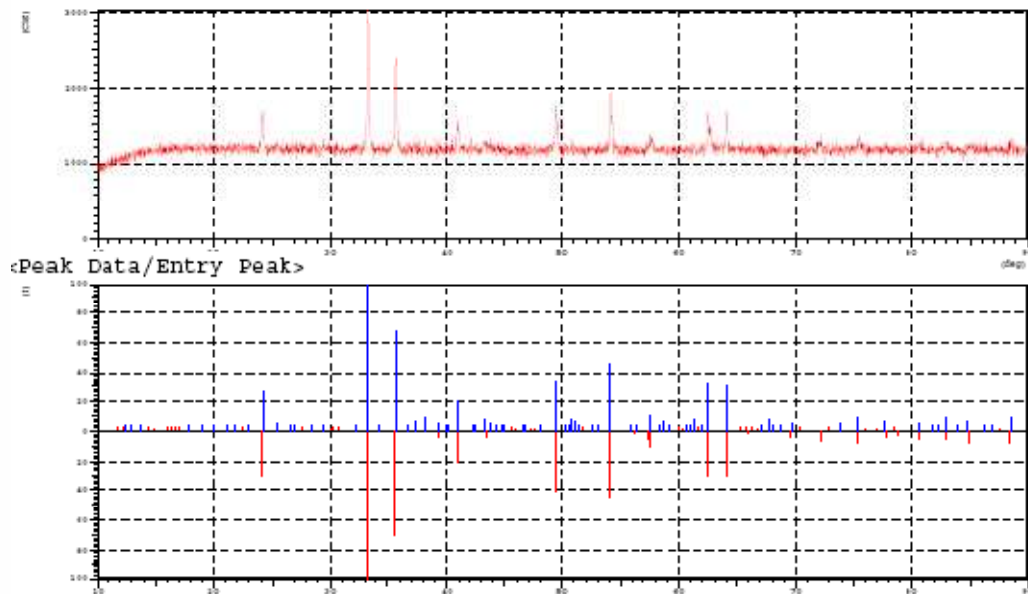


Sampel 9



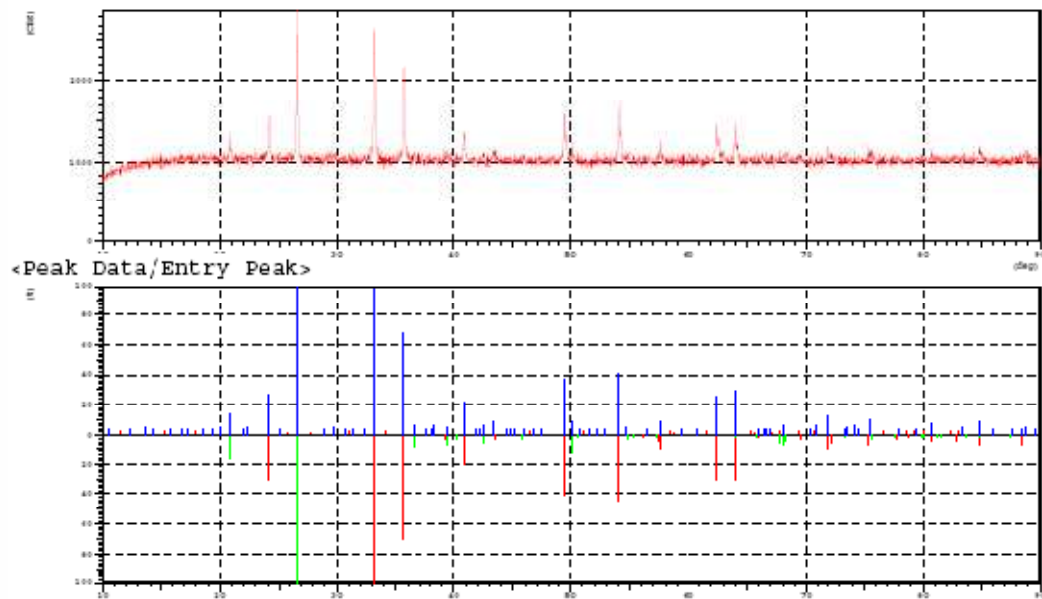
No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	DX		WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.963	0.875(21/45)	0.830	0.866	0.629
		Iron Oxide (Hematite, syn)		5.27		R-3C	
2	17-0464	MgFe ₂₊₃ O ₄	0.541	0.846(11/22)	0.640	0.644	0.349
		Magnesium Iron Oxide (Magnesioferrite, or		4.52		Fd-3m	

Sampel 10



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	Dx		WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.968	0.833(20/45)	0.862	0.915	0.657
		Iron Oxide (Hematite, syn)	5.27		R-3c		

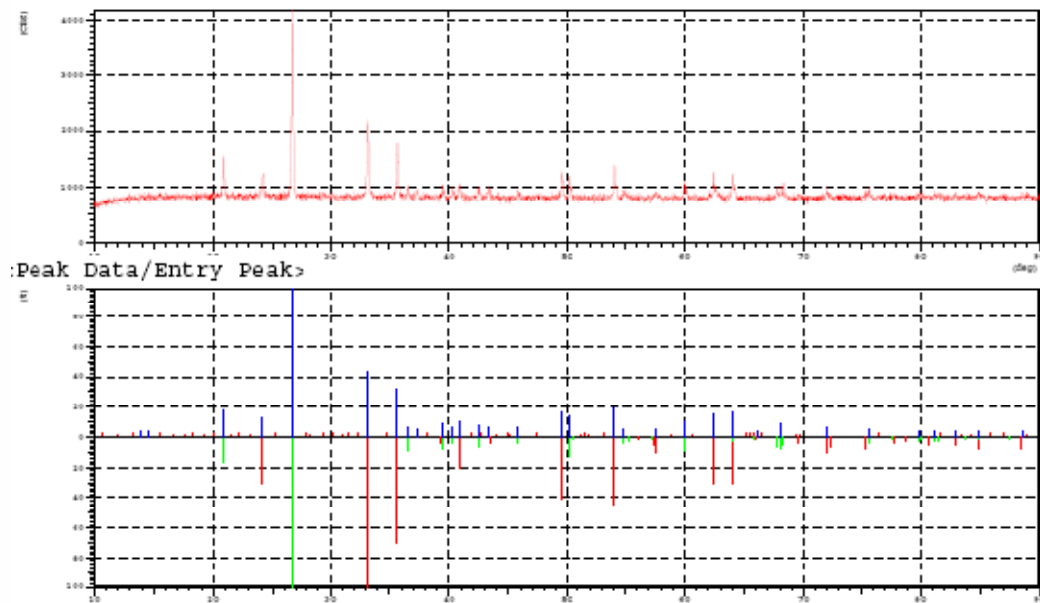
Sampel 11



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)		Dx	WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.939	0.792 (19/45)	0.864	0.902	0.617
		Iron Oxide (Hematite, syn)		5.27		R-3c	
2	46-1045	SiO ₂	0.918	0.786 (22/58)	0.713	0.628	0.352
		silicon oxide (Quartz, syn)		2.65		P3221	



Sampel 12



No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)	DX		WT%	S.G.	
1	33-0664	Fe ₂ O ₃	0.467	0.750(18/45)	0.832	0.842	0.526
		Iron Oxide (Hematite, syn)		5.27		R-3C	
2	46-1045	SiO ₂	0.984	0.643(18/58)	0.901	0.810	0.469
		Silicon Oxide (Quartz, syn)		2.65		P3221	



Lampiran 5

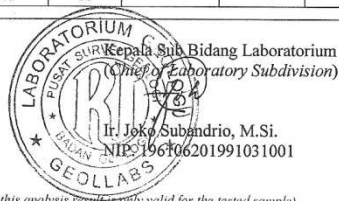
Hasil Pengujian XRF

4 dari 12
GL-F-PL-13-2.2-01-bLABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.idHASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010
Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: Mula mula 0% SiO ₂ , 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2811	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwana
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analyst)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	0.309	Si	%	-	0.015	
TiO ₂	%	0.0200	Ti	%	0.0120	0.0006	
Al ₂ O ₃	%	-	Al	%	-	-	
Fe ₂ O ₃	%	84.93	Fe	%	59.40	0.12	
MnO	%	0.313	Mn	%	0.243	0.012	
CaO	%	0.877	Ca	%	0.627	0.031	
MgO	%	0.0868	Mg	%	0.0523	0.0033	
Na ₂ O	%	0.094	Na	%	-	0.010	
K ₂ O	%	-	K	%	-	-	
P ₂ O ₅	%	0.0262	P	%	-	0.0013	
S	%	0.0860	S	%	-	0.0043	
LOI	%	10.32	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	2.45	Ni	%	1.93	0.06	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0153	Cu	%	0.0122	0.0014	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	0.0045	V	%	0.0025	0.0005	
Cr ₂ O ₃	%	0.0220	Cr	%	0.0151	0.0008	
Co ₂ O ₄	%	-	Co	%	-	-	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0451	Cl	%	0.0451	0.0023	
F	%	0.336	F	%	0.336	0.042	
Nb ₂ O ₅	%	0.0043	Nb	%	0.0030	0.0004	
Nd ₂ O ₃	%	-	Nd	%	-	-	



Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO sebelum proses kabotermik

10 dari 12
GL-F-PL-13-2.2-01-b

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205_7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@erdcs.esdm.go.id

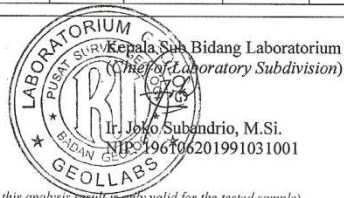
**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010
Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code) : 0% SiO ₂ 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date) : 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code) : 658/2.2/10/2817	Tanggal diuji (analyzed date) : 31 Desember 2010
Lokasi (location) : -	Metode uji (method) : GL-MU-2.2
Kedalaman (depth) : -	Preparator (preparator) : Unang Suwarna
Pemilik (property) : Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis) : Amung Mulyana
	Penyelenggara (supervisor) : Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	2.77	Si	%	-	0.08	
TiO ₂	%	0.0429	Ti	%	0.0257	0.0013	
Al ₂ O ₃	%	0.919	Al	%	0.486	0.024	
Fe ₂ O ₃	%	89.79	Fe	%	62.80	0.11	
MnO	%	0.367	Mn	%	0.284	0.014	
CaO	%	1.29	Ca	%	0.922	0.040	
MgO	%	0.352	Mg	%	0.212	0.011	
Na ₂ O	%	0.762	Na	%	-	0.038	
K ₂ O	%	0.0154	K	%	-	0.0012	
P ₂ O ₅	%	0.0548	P	%	-	0.0027	
S	%	0.549	S	%	-	0.027	
LOI	%	-	-	-	-	-	
ZnO	%	0.0072	Zn	%	0.0058	0.0011	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.84	Ni	%	1.44	0.05	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0190	Cu	%	0.0152	0.0014	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	0.0062	V	%	0.0035	0.0005	
Cr ₂ O ₃	%	0.0487	Cr	%	0.0333	0.0017	
Co ₂ O ₄	%	-	Co	%	-	-	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0124	Cl	%	0.0124	0.0008	
F	%	0.438	F	%	0.438	0.045	
Nb ₂ O ₅	%	0.0030	Nb	%	0.0021	0.0004	
SnO ₂	%	0.655	Sn	%	0.516	0.026	



Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

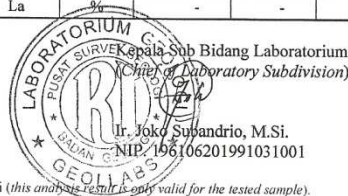
Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 0% MgO setelah proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**Jl. Diponegoro No. 57, Bandung. 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id**HASIL UJI KIMIA METODEDE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010
Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code) : Mula mula 20% SiO ₂ 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date) : 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code) : 658/2.2/10/2812	Tanggal diuji (analyzed date) : 31 Desember 2010
Lokasi (location) : -	Metode uji (method) : GL-MU-2.2
Kedalaman (depth) : -	Preparator (preparator) : Unang Suwarna
Pemilik (property) : Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analist) : Amung Mulyana
	Penyelia (supervisor) : Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	21.32	Si	%	-	0.20	
TiO ₂	%	0.0194	Ti	%	0.0116	0.0006	
Al ₂ O ₃	%	0.239	Al	%	0.126	0.006	
Fe ₂ O ₃	%	64.56	Fe	%	45.15	0.17	
MnO	%	0.249	Mn	%	0.193	0.010	
CaO	%	0.949	Ca	%	0.679	0.034	
MgO	%	0.0771	Mg	%	0.0465	0.0027	
Na ₂ O	%	0.131	Na	%	-	0.009	
K ₂ O	%	0.0091	K	%	-	0.0007	
P ₂ O ₅	%	0.0288	P	%	-	0.0014	
S	%	0.147	S	%	-	0.007	
LOI	%	10.00	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	2.12	Ni	%	1.67	0.06	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0128	Cu	%	0.0102	0.0010	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0043	Sr	%	0.0036	0.0004	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0188	Cr	%	0.0129	0.0006	
Co ₃ O ₄	%	0.0440	Co	%	0.0346	0.0020	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0382	Cl	%	0.0382	0.0019	
I	%	-	I	%	-	-	
CdO	%	-	Cd	%	-	-	
Ta ₂ O ₅	%	0.0143	Ta	%	0.0117	0.0022	
La ₂ O ₃	%	-	La	%	-	-	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO sebelum proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

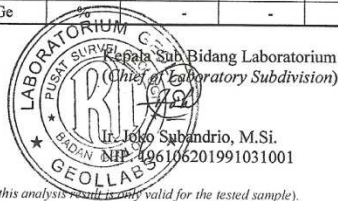
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: 20% SiO ₂ 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2818	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwana
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	41.25	Si	%	-	0.25	
TiO ₂	%	0.0320	Ti	%	0.0192	0.0010	
Al ₂ O ₃	%	0.624	Al	%	0.330	0.016	
Fe ₂ O ₃	%	51.60	Fe	%	36.09	0.17	
MnO	%	0.364	Mn	%	0.282	0.014	
CaO	%	1.88	Ca	%	1.34	0.05	
MgO	%	0.220	Mg	%	0.132	0.007	
Na ₂ O	%	1.02	Na	%	-	0.05	
K ₂ O	%	0.176	K	%	-	0.009	
P ₂ O ₅	%	0.0524	P	%	-	0.0026	
S	%	0.283	S	%	-	0.014	
LOI	%	-	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	2.07	Ni	%	1.63	0.06	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0155	Cu	%	0.0124	0.0009	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0162	Cr	%	0.0111	0.0007	
Co ₃ O ₄	%	0.0408	Co	%	0.0321	0.0016	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0094	Cl	%	0.0094	0.0008	
Ta ₂ O ₅	%	0.0134	Ta	%	0.0110	0.0020	
SnO ₂	%	0.316	Sn	%	0.249	0.012	
SeO ₂	%	-	Se	%	-	-	
GeO ₂	%	-	Ge	%	-	-	

**Catatan (notes):**

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 0% MgO setelah proses
kabotermik**

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODEDE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

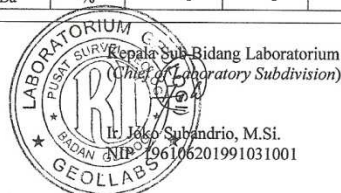
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: Mula mula 40% SiO ₂ 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2813	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analist)	: Amung Mulyana
		Penyelias (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	41.13	Si	%	-	0.25	
TiO ₂	%	0.0168	Ti	%	0.0101	0.0005	
Al ₂ O ₃	%	0.247	Al	%	0.131	0.007	
Fe ₂ O ₃	%	44.36	Fe	%	31.02	0.17	
MnO	%	0.174	Mn	%	0.135	0.007	
CaO	%	1.01	Ca	%	0.723	0.036	
MgO	%	0.0700	Mg	%	0.0422	0.0022	
Na ₂ O	%	0.134	Na	%	-	0.007	
K ₂ O	%	0.0108	K	%	-	0.0008	
P ₂ O ₅	%	0.0241	P	%	-	0.0012	
S	%	0.168	S	%	-	0.008	
LOI	%	10.10	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	2.45	Ni	%	1.93	0.06	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0075	Cu	%	0.0060	0.0008	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0048	Sr	%	0.0041	0.0003	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0146	Cr	%	0.0100	0.0005	
Co ₂ O ₄	%	0.0316	Co	%	0.0248	0.0015	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0300	Cl	%	0.0300	0.0015	
I	%	-	I	%	-	-	
CdO	%	-	Cd	%	-	-	
BaO	%	-	Ba	%	-	-	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO sebelum proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODEDE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

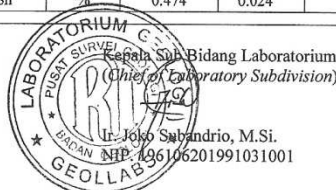
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: 40% SiO ₂ 0% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2819	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analist)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	44.45	Si	%	-	0.25	
TiO ₂	%	0.0266	Ti	%	0.0159	0.0007	
Al ₂ O ₃	%	0.210	Al	%	0.111	0.009	
Fe ₂ O ₃	%	50.62	Fe	%	35.40	0.17	
MnO	%	0.220	Mn	%	0.171	0.008	
CaO	%	1.33	Ca	%	0.951	0.042	
MgO	%	0.0727	Mg	%	0.0439	0.0036	
Na ₂ O	%	0.196	Na	%	-	0.029	
K ₂ O	%	0.0595	K	%	-	0.0035	
P ₂ O ₅	%	0.0216	P	%	-	0.0016	
S	%	0.0294	S	%	-	0.0018	
LOI	%	-	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	0.0035	Pb	%	0.0032	0.0007	
NiO	%	1.99	Ni	%	1.56	0.05	
ZrO ₂	%	0.0062	Zr	%	0.0046	0.0004	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0206	Cu	%	0.0165	0.0009	
As ₂ O ₃	%	0.0241	As	%	0.0183	0.0009	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0121	Cr	%	0.0083	0.0006	
Co ₃ O ₄	%	0.0318	Co	%	0.0250	0.0012	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0063	Cl	%	0.0063	0.0009	
Ta ₂ O ₅	%	0.0122	Ta	%	0.0100	0.0018	
Tl ₂ O ₃	%	0.0104	Tl	%	0.0093	0.0010	
SnO ₂	%	0.601	Sn	%	0.474	0.024	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 0% MgO setelah proses
kabotermik**

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: Mula mula 0% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2808	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	0.316	Si	%	-	0.019	
TiO ₂	%	0.0200	Ti	%	0.0120	0.0005	
Al ₂ O ₃	%	0.129	Al	%	0.068	0.006	
Fe ₂ O ₃	%	67.82	Fe	%	47.44	0.17	
MnO	%	0.235	Mn	%	0.183	0.009	
CaO	%	0.865	Ca	%	0.619	0.031	
MgO	%	14.36	Mg	%	8.66	0.13	
Na ₂ O	%	0.0332	Na	%	-	0.0082	
K ₂ O	%	0.0071	K	%	-	0.0006	
P ₂ O ₅	%	0.0194	P	%	-	0.0014	
S	%	0.0180	S	%	-	0.0010	
LOI	%	13.95	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.96	Ni	%	1.54	0.05	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0122	Cu	%	0.0097	0.0009	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0037	Sr	%	0.0031	0.0003	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0184	Cr	%	0.0126	0.0006	
Co ₂ O ₄	%	0.0409	Co	%	0.0321	0.0018	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0638	Cl	%	0.0638	0.0032	
Ta ₂ O ₅	%	0.0155	Ta	%	0.0127	0.0020	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO sebelum proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id**HASIL UJI KIMIA METODEDE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

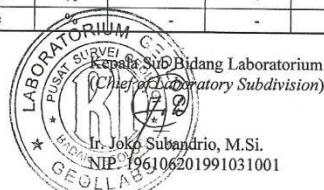
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: 0% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2814	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	0.758	Si	%	-	0.046	
TiO ₂	%	0.0360	Ti	%	0.0216	0.0010	
Al ₂ O ₃	%	0.323	Al	%	0.171	0.014	
Fe ₂ O ₃	%	78.43	Fe	%	54.86	0.16	
MnO	%	0.377	Mn	%	0.293	0.014	
CaO	%	1.35	Ca	%	0.968	0.042	
MgO	%	14.70	Mg	%	8.87	0.13	
Na ₂ O	%	0.296	Na	%	-	0.043	
K ₂ O	%	0.0096	K	%	-	0.0009	
P ₂ O ₅	%	0.0285	P	%	-	0.0020	
S	%	0.0672	S	%	-	0.018	
LOI	%	-	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.74	Ni	%	1.37	0.05	
ZrO ₂	%	0.0072	Zr	%	0.0053	0.0004	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0273	Cu	%	0.0218	0.0012	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0049	Sr	%	0.0041	0.0004	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0210	Cr	%	0.0144	0.0007	
Co ₂ O ₄	%	0.0481	Co	%	0.0378	0.0021	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0103	Cl	%	0.0103	0.0008	
Ta ₂ O ₅	%	0.0166	Ta	%	0.0136	0.0024	
SnO ₂	%	1.66	Sn	%	1.30	0.05	
SeO ₂	%	-	Se	%	-	-	
GeO ₂	%	-	Ge	%	-	-	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**Sampel dengan penambahan 0% SiO₂ dan 14% MgO setelah proses
kabotermik**

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: Mula mula 20% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2809	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	17.64	Si	%	-	0.20	
TiO ₂	%	0.0190	Ti	%	0.0113	0.0005	
Al ₂ O ₃	%	0.143	Al	%	0.0758	0.006	
Fe ₂ O ₃	%	50.57	Fe	%	35.37	0.17	
MnO	%	0.167	Mn	%	0.130	0.006	
CaO	%	0.941	Ca	%	0.674	0.033	
MgO	%	14.60	Mg	%	8.81	0.13	
Na ₂ O	%	0.0343	Na	%	-	0.0065	
K ₂ O	%	0.0071	K	%	-	0.0006	
P ₂ O ₅	%	0.0169	P	%	-	0.0011	
S	%	0.0203	S	%	-	0.0011	
LOI	%	13.64	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.90	Ni	%	1.49	0.05	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0089	Cu	%	0.0071	0.0006	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0124	Cr	%	0.0085	0.0005	
Co ₃ O ₄	%	0.0297	Co	%	0.0233	0.0012	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0610	Cl	%	0.0610	0.0030	
Ta ₂ O ₅	%	0.0112	Ta	%	0.0092	0.0015	
SeO ₂	%	-	Se	%	-	-	
GeO ₂	%	-	Ge	%	-	-	

Kepala Sub Bidang Laboratorium
(Chief of Laboratory Subdivision)
Ir. Joko Subandrio, M.Si.
NIP. 196106201991031001

Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO sebelum proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODEDE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

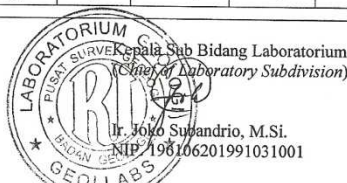
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: 20% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2815	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analist)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	20.97	Si	%	-	0.21	
TiO ₂	%	0.0367	Ti	%	0.0220	0.0009	
Al ₂ O ₃	%	0.293	Al	%	0.155	0.012	
Fe ₂ O ₃	%	53.78	Fe	%	37.61	0.17	
MnO	%	0.298	Mn	%	0.232	0.010	
CaO	%	1.26	Ca	%	0.904	0.038	
MgO	%	20.63	Mg	%	12.44	0.14	
Na ₂ O	%	0.177	Na	%	-	0.023	
K ₂ O	%	0.0516	K	%	-	0.0027	
P ₂ O ₅	%	0.0358	P	%	-	0.0023	
S	%	0.0404	S	%	-	0.010	
LOI	%	-	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.51	Ni	%	1.18	0.05	
ZrO ₂	%	0.0067	Zr	%	0.0050	0.0003	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0177	Cu	%	0.0141	0.0008	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	-	Sr	%	-	-	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0127	Cr	%	0.0087	0.0006	
Co ₃ O ₄	%	0.0330	Co	%	0.0259	0.0013	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0069	Cl	%	0.0069	0.0008	
Ta ₂ O ₅	%	0.0117	Ta	%	0.0096	0.0017	
SnO ₂	%	1.07	Sn	%	0.843	0.041	
SeO ₂	%	-	Se	%	-	-	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 20% SiO₂ dan 14% MgO setelah proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

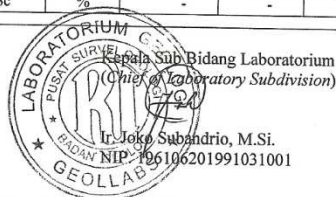
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code)	: Mula mula 40% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date)	: 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code)	: 658/2.2/10/2810	Tanggal diuji (analyzed date)	: 31 Desember 2010
Lokasi (location)	: -	Metode uji (method)	: GL-MU-2.2
Kedalaman (depth)	: -	Preparator (preparator)	: Unang Suwarna
Pemilik (property)	: Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis)	: Amung Mulyana
		Penyelia (supervisor)	: Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	36.67	Si	%	-	0.24	
TiO ₂	%	0.0095	Ti	%	0.0057	0.0004	
Al ₂ O ₃	%	0.151	Al	%	0.0802	0.006	
Fe ₂ O ₃	%	31.31	Fe	%	21.90	0.14	
MnO	%	0.105	Mn	%	0.0813	0.0036	
CaO	%	1.08	Ca	%	0.778	0.036	
MgO	%	14.63	Mg	%	8.83	0.12	
Na ₂ O	%	0.0333	Na	%	-	0.0054	
K ₂ O	%	0.0096	K	%	-	0.0007	
P ₂ O ₅	%	0.0142	P	%	-	0.0009	
S	%	0.0239	S	%	-	0.013	
LOI	%	13.96	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.77	Ni	%	1.39	0.05	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0041	Cu	%	0.0033	0.0005	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0035	Sr	%	0.0030	0.0002	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0060	Cr	%	0.0041	0.0004	
Co ₂ O ₄	%	0.0174	Co	%	0.0137	0.0007	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0532	Cl	%	0.0532	0.0027	
Ta ₂ O ₅	%	-	Ta	%	-	-	
La ₂ O ₃	%	-	La	%	-	-	
Sc ₂ O ₃	%	-	Sc	%	-	-	



Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO sebelum proses kabotermik

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

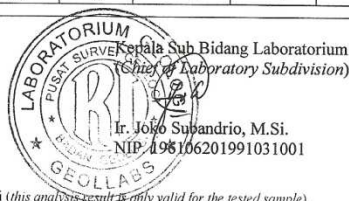
Nomer lab. (lab. number) : 683/L/GL/2.2/12/2010

Tanggal (date) : 31 Desember 2010

Kode sampel (sample code) : 40% SiO ₂ 14% MgO 12% kokas	Tanggal diterima (received date) : 09 Desember 2010
Kode lab. (lab. code) : 658/2.2/10/2816	Tanggal diuji (analyzed date) : 31 Desember 2010
Lokasi (location) : -	Metode uji (method) : GL-MU-2.2
Kedalaman (depth) : -	Preparator (preparator) : Unang Suwarna
Pemilik (property) : Reza Miftahul Ulum Universitas Indonesia	Analisis (analisis) : Amung Mulyana
	Penyelia (supervisor) : Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	42.75	Si	%	-	0.25	
TiO ₂	%	0.0232	Ti	%	0.0139	0.0006	
Al ₂ O ₃	%	0.2048	Al	%	0.108	0.008	
Fe ₂ O ₃	%	32.27	Fe	%	22.57	0.14	
MnO	%	0.214	Mn	%	0.166	0.007	
CaO	%	1.34	Ca	%	0.959	0.039	
MgO	%	18.84	Mg	%	11.37	0.13	
Na ₂ O	%	0.1015	Na	%	-	0.013	
K ₂ O	%	0.0900	K	%	-	0.0046	
P ₂ O ₅	%	0.0305	P	%	-	0.0019	
S	%	0.0389	S	%	-	0.010	
LOI	%	1.99	-	-	-	-	
ZnO	%	-	Zn	%	-	-	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	1.43	Ni	%	1.12	0.05	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	-	Hf	%	-	-	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0095	Cu	%	0.0076	0.0006	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0043	Sr	%	0.0036	0.0003	
V ₂ O ₅	%	-	V	%	-	-	
Cr ₂ O ₃	%	0.0091	Cr	%	0.0062	0.0005	
Co ₃ O ₄	%	0.0152	Co	%	0.0119	0.0008	
Ag ₂ O	%	-	Ag	%	-	-	
Cl	%	0.0047	Cl	%	0.0047	0.0008	
SnO ₂	%	0.325	Sn	%	0.256	0.013	
SeO ₂	%	-	Se	%	-	-	
GeO ₂	%	-	Ge	%	-	-	



Catatan (notes):
Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

Sampel dengan penambahan 40% SiO₂ dan 14% MgO setelah proses kabotermik