



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KINERJA REAKSI OKSIDA BESI DAN BESI
OLEH *RUST REMOVER X***

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains

FERRY BUDHI SUSETYO

0806477005

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
JAKARTA
NOVEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Ferry Budhi Susetyo
NPM : 0806477005
Tanda Tangan :
Tanggal : 27 November 2010

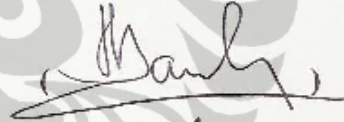
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Ferry Budhi Susetyo
NPM : 0806477005
Program Studi : Ilmu Material
Judul Tesis : Analisis Kinerja Reaksi Oksida Besi dan Besi
oleh *Rust Remover X*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Bahan-Bahan Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Bambang Soegijono M.Si



Penguji : Dr. Muhammad Hikam M.Sc



Penguji : Dr. Ir. M. Yudi Masduky S M.Sc



Penguji : Dr. Budhy Kurniawan



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Juli 2010

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 Sains pada Fakultas MIPA Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Bambang Soegijono, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
- (2) Dr. Muhammad Hikam M.Sc, selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan serta arahan kepada saya dalam penyelesaian tesis ini.
- (3) Dr. Ir. M. Yudi Masduky S M.Sc, selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan serta arahan kepada saya dalam penyelesaian tesis ini.
- (4) Dr. Budhy Kurniawan, selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan serta arahan kepada saya dalam penyelesaian tesis ini.
- (5) Kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan sepenuh hati serta kesabaran dan doa bagi saya.
- (6) My Brother, Fajar Budhi Darmawan S.E, M.B.A. Thanks doanya.
- (7) Teman-teman Material Sains Angkatan 2008 – 2009 yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.
- (8) Last but not least, Istri saya tercinta “Dhesi Aryani Susetyo” yang selalu sabar dan memberikan dukungan saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa berkah dan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang korosi.

Jakarta, 27 November 2010

Penulis

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

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

Nama : Ferry Budhi Susetyo
NPM : 0806477005
Program Studi : Ilmu material
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam
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 :

Analisis Kinerja Reaksi Pada Oksida Besi dan Besi oleh *Rust Remover X*

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 27 November 2010
Yang menyatakan



(Ferry Budhi Susetyo)

ABSTRAK

Nama : Ferry Budhi Susetyo
Program Studi : Ilmu Material
Judul : Analisis Kinerja Reaksi Oksida Besi dan Besi oleh *Rust Remover X*

Rust remover akan menghilangkan seluruh karat dari permukaan logam. Terdapat tiga metode dari *rust remover* yaitu: *rust remover* berbahan dasar asam (*acid base*), *shoot blasting* dan *rust remover X*. *Rust remover X* adalah sebuah produk yang berbahan dasar air (*water based*) sehingga relatif aman, efektif serta tidak berbahaya bagi lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kinerja *rust remover X* pada pelat besi berkarat, mengetahui kapan waktu *rust remover X* bekerja maksimal, mempelajari kinerja *rust remover X* pada oksida besi dan mengetahui unsur-unsur pada *rust remover X* dan *waste rust remover X*. Metodologi penelitian karakterisasi spesimen dengan menggunakan SEM, XRF dan XRD. Untuk karakterisasi XRD dilakukan sebelum dan sesudah perendaman. Kesimpulan penelitian ini adalah fasa-fasa pelat besi, sebelum di rendam adalah Fe 28,2 %, Fe₃O₄ 25,96 %, SiO₂ 39,43%, dan FeO₂ 6,4 %, fasa pelat besi, setelah di rendam adalah Fe 100 %, waktu *rust remover X* bekerja maksimal antara 60 menit sampai 90 menit, fasa-fasa oksida besi, sebelum di rendam adalah Fe₃O₄ 77,77 % dan FeO₂ 22,23 %, fasa-fasa oksida besi, setelah di rendam adalah Fe₃O₄ 66,18 % , FeO₂ 28,89 % dan FeS 4,93 %, unsur-unsur pada *rust remover X* adalah Na 4,71 %, P 54,15 %, S 39,87 %, K 0,38 %, Ca 0,57 %, Fe 0,32 % dan unsur-unsur *waste rust remover X* adalah P 26,03 %, S 12,44 %, Ca 0,38 %, Mn 0,98 %, Fe 59,96 %, dan Zr 0,21 %.

Kata kunci : Korosi, Oksida Besi, Besi, *Rust Remover X*

ABSTRACT

Name : Ferry Budhi Susetyo
Study Program: Material Science
Title : Analyze Performance Reaction of Iron Oxide and Iron
with X Rust Remover

Rust remover will lost all of the rust from the surface of metal. There are three type of the rust remover product: acid base rust remover, shoot blasting (sand blasting) and X rust remover. X rust remover is water based product, effective also save for environment. Aim of the research are to know performance rust X remover in rusty iron plate, Time rust remover X work best, performance X rust remover in iron oxide and know elements in X rust remover also waste X rust remover. Methodology this research are characterization specimen with SEM, XRF and XRD. For XRD characterization is do before and after immerse. Conclusions the research are iron phases before immerse are Fe 28,2 %, Fe_3O_4 25,96 %, SiO_2 39,43%, dan FeO_2 6,4 %, iron phases after immerse is Fe 100 %, *rust remover* X work best between 60 minutes until 90 minutes, iron oxide phase before immerse are Fe_3O_4 77,77 % dan FeO_2 22,23 %, %, iron oxide phase after immerse are Fe_3O_4 66,18 % , FeO_2 28,89 % and FeS 4,93 %, elements in X rust remover are Na 4,71 %, P 54,15 %, S 39,87 %, K 0,38 %, Ca 0,57 %, Fe 0,32 % and waste X rust remover are P 26,03 %, S 12,44 %, Ca 0,38 %, Mn 0,98 %, Fe 59,96 %, and Zr 0,21 %.

Key Word: Corrosion, Iron Oxide, Iron, X Rust Remover

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Korosi Pada Logam	3
2.1.1 Pendahuluan	3
2.1.2 Kenapa Material Terkorosi	4
2.1.3 Mengukur Korosi	6
2.2 <i>Rust Remover X</i>	6
2.2.1 <i>Chelating Agent</i>	6
2.2.2 Atribut Produk <i>Rust Remover X</i>	8
2.2.3 Cara Kerja <i>Rust Remover X</i>	9
2.2.4 Cara Menggunakan <i>Rust Remover X</i>	10
3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alur Proses Penelitian	11
3.2 Proses Penelitian	12
3.2.1 Bahan dan Persiapan Sampel	12
3.2.2 Alat Karakterisasi Uji Coba	12
3.2.2.1 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	13
3.2.2.2 <i>X-Ray Diffractometer (XRD)</i>	13
3.2.2.3 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	14
3.2.3 Proses Uji Coba	15
3.2.3.1 Plat Besi Berkarat	15
3.2.3.2 Oksida Besi	15
4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Plat Besi Berkarat	16
4.1.1 Hasil XRF	16
4.1.2 Hasil XRD	17
4.1.2.1 Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam	17
4.1.2.2 Setelah Pelat Besi Berkarat Direndam	19

4.1.2.3 Perbandingan Hasil XRD Sebelum dan Setelah Pelat Besi Direndam	21
4.1.3 Hasil Pengukuran Pengurangan Massa.....	22
4.2 Oksida Besi.....	24
4.2.1 Hasil XRF	24
4.2.2 Hasil XRD.....	24
4.2.2.1 Sebelum Oksida Besi Direndam.....	24
4.2.2.2 Setelah Oksida Besi Direndam.....	26
4.2.2.3 Perbandingan Hasil XRD Sebelum dan Setelah Oksida Besi Direndam.....	29
4.2.2 Hasil SEM.....	30
4.3 <i>Rust Remover X</i>	31
4.3.1 Hasil XRF <i>Rust Remover X</i>	31
4.3.2 Hasil XRF <i>Waste Rust Remover X</i>	32
5.KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	34
DAFTAR REFERENSI.....	35

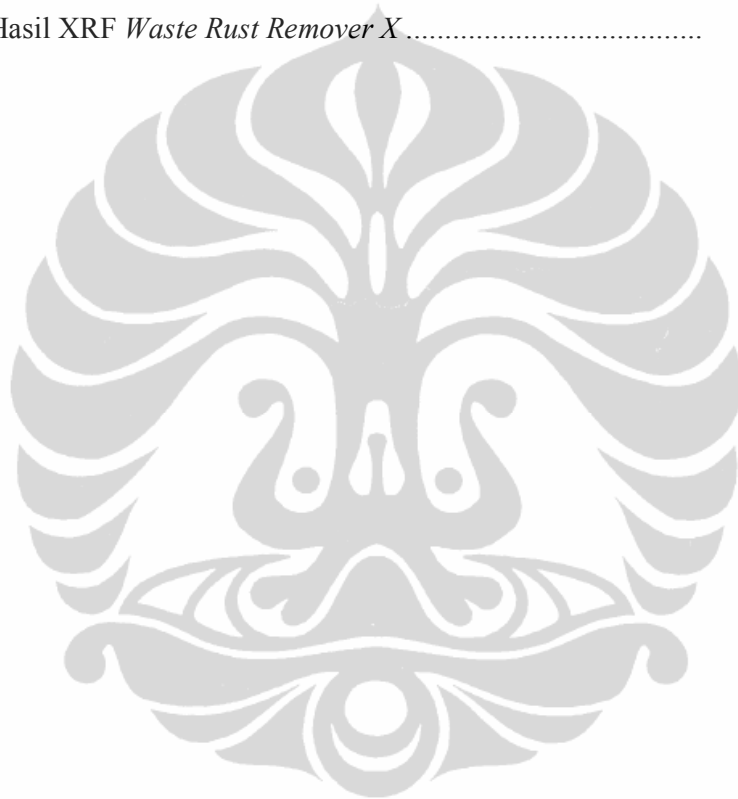
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Korosi Pada Logam.....	4
Gambar 2.2. Siklus Korosi	4
Gambar 2.3. Korosi Ringan Pada Jembatan Baja Paduan Ketika Proteksi Lapisan Luar Telah Hilang	5
Gambar 2.4. Cara kerja <i>rust remover X</i>	9
Gambar 3.1. Bagan Alur Proses Penelitian	11
Gambar 3.2. Dimensi Spesimen Pelat Berkarat.....	12
Gambar 3.3. <i>X-Ray Fluorescence</i> Laboratorium Material Science UI..	13
Gambar 3.4. <i>X-Ray Diffractometer</i> Laboratorium Material Science UI .	14
Gambar 3.5. Scanning Electron Microscope Laboratorium Material Science UI	14
Gambar 4.1. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam.....	17
Gambar 4.2. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam.....	17
Gambar 4.3. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam.....	18
Gambar 4.4. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam	18
Gambar 4.5. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah Pelat Besi Berkarat Direndam.....	19
Gambar 4.6. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Setelah Pelat Besi Berkarat Direndam.....	20
Gambar 4.7. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Setelah Pelat Besi Berkarat Direndam.....	20
Gambar 4.8. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Setelah Pelat Besi Berkarat Direndam	20

Gambar 4.9. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah dan Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam	21
Gambar 4.10. Grafik Massa vs Pengukuran Pelat Besi Berkarat	22
Gambar 4.11. Grafik Δm vs Pengukuran Pelat Besi Berkarat	23
Gambar 4.12. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Sebelum Oksida Besi Direndam	25
Gambar 4.13. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Sebelum Oksida Besi Direndam	25
Gambar 4.14. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Sebelum Oksida Besi Direndam	25
Gambar 4.15. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Sebelum Oksida Besi Direndam	26
Gambar 4.16. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah Oksida Besi Direndam	27
Gambar 4.17. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Setelah Oksida Besi Direndam	27
Gambar 4.18. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Setelah Oksida Besi Direndam	27
Gambar 4.19. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Setelah Oksida Besi Direndam	28
Gambar 4.20. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah dan Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam	29
Gambar 4.21. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 100 X.....	30
Gambar 4.22. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 500 X.....	30
Gambar 4.23. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 1000 X.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil XRF Pelat Besi Berkarat	16
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Pengurangan Massa Pelat Besi Berkarat .	22
Tabel 4.3. Hasil XRF Oksida Besi.....	24
Tabel 4.4. Hasil XRF <i>Rust Remover X</i>	31
Tabel 4.5. Hasil XRF <i>Waste Rust Remover X</i>	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil XRF Plat Besi Berkarat	36
Lampiran 2. Hasil XRF Oksida Besi.....	37
Lampiran 3. Hasil XRF <i>Waste Rust Remover X</i>	38
Lampiran 4. Hasil XRF <i>Waste Rust Remover X</i>	39
Lampiran 5. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Pelat Besi Berkarat Sebelum Direndam <i>Rust Remover X</i>	40
Lampiran 6. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Pelat Besi Berkarat Setelah Direndam <i>Rust Remover X</i>	42
Lampiran 7. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Oksida Besi Sebelum Direndam <i>Rust Remover X</i>	43
Lampiran 8. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Oksida Besi Setelah Direndam <i>Rust Remover X</i>	44
Lampiran 9. <i>Technical Data Specification Rust Remover X</i>	46
Lampiran10. Daftar Istilah	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan fenomena kerusakan suatu material akibat material tersebut bereaksi secara kimia dengan lingkungan yang tidak mendukung. Korosi dapat berlangsung apabila semua komponen sel elektrokimia tersedia yaitu anoda, katoda sirkuit eksternal (penghubung antara anoda dan katoda), sirkuit internal (elektrolit). Katoda (+) dan anoda (-) adalah logam yang sejenis atau berlainan yang mempunyai perbedaan potensial. Apabila salah satu dari komponen tersebut di atas tidak ada, maka korosi tidak akan berlangsung. Lingkungan yang tidak mendukung yang dapat menyebabkan korosi dapat berupa kadar pH yang rendah, banyaknya kandungan unsur klorida bebas, sulfat dan beberapa faktor lingkungan lainnya. (Ashadi, 2002)

Korosi menjadi penyebab utama kerusakan material yang umumnya terbuat dari logam sehingga menimbulkan kerugian. Korosi dapat berlangsung apabila semua komponen sel elektrokimia tersedia yaitu tersedianya katoda dan anoda serta elektrolit dalam kadar yang cukup. Dengan adanya elektrolit maka akan terjadi perpindahan elektron dari anoda menuju katoda akibat perbedaan potensial antara keduanya. Korosi secara umum mempunyai pengertian sebagai kerusakan yang terjadi pada material yang terjadi akibatnya adanya reaksi kimia. (Sulistiyoweni W, 2002)

Rust remover akan menghilangkan seluruh karat dari permukaan logam. Terdapat tiga metode dari *rust remover* yaitu: *rust remover* berbahan dasar asam (*acid base*), *shoot blasting* dan *rust remover X*. Metode pertama adalah menghilangkan karat dengan menggunakan *rust remover acid base*, metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan tambahan biaya dalam penggunaannya seperti memerlukan alat pelindung diri. Kemudian metode yang kedua adalah metode *sand blasting*, metode ini dapat melemahkan properties dari material karena aplikasinya dengan benturan mekanis melalui media pasir silika. Metode *sand blasting* juga akan mengurangi ketebalan dari permukaan material yang dibersihkan serta menyebabkan permukaan menjadi kasar. Kedua metode

penghilangan karat yaitu metode *rust remover acid base* dan metode *sand blasting* berbahaya bagi kesehatan serta membutuhkan prosedur yang khusus dalam pengolahan limbahnya. (GDP *Rust Remover X Sales Kit*, 2006)

1.2 Perumusan Masalah

Rust remover X adalah sebuah produk yang berbahan dasar air (water based) sehingga relatif aman, efektif serta tidak berbahaya bagi lingkungan (*Rust Remover X Technical Data Sheet*). Untuk itu maka akan dilakukan penelitian secara akademisi guna mengetahui seberapa besar kinerja dari *rust remover X*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja *rust remover X* pada pelat besi berkarat
2. Mengetahui kapan waktu *rust remover X* bekerja maksimal
3. Mengetahui kinerja *rust remover X* pada oksida besi
4. Mengetahui unsur-unsur pada *rust remover X* dan *waste rust remover X*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada pelat besi berkarat yang diambil langsung dari lapangan.
2. Penelitian ini menggunakan oksida besi (*scale*) yang diambil langsung dari besi H *beam* di lapangan.
3. Penelitian ini menggunakan *rust remover X*

BAB 2

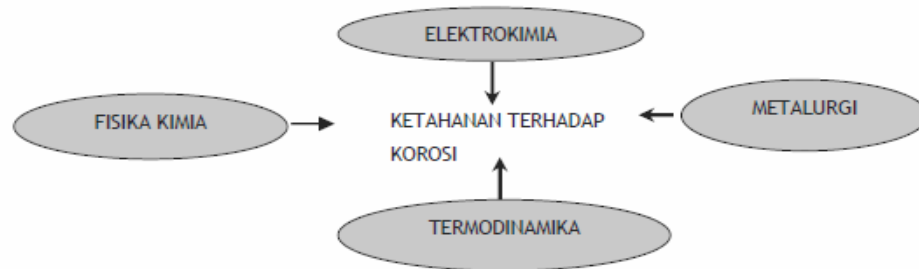
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi Pada Logam

2.1.1 Pendahuluan

Korosi adalah reaksi kimia atau reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang mengakibatkan penurunan kualitas dari material dan sifatnya. Dengan beberapa pengecualian unsur logam ditemukan pada ikatan kimia alamiah dengan elemen lainnya. Sebagai contoh, besi pada umumnya ditemukan di alam dalam bentuk *iron ore* seperti *iron oxide*. Bentuk kombinasi ini memiliki energi kimia yang rendah dan sangat stabil. Besi dapat dihasilkan dari *iron ore* melalui proses peleburan temperatur tinggi. Panas yang ditambahkan ketika peleburan akan memecah ikatan antara besi dan oksigen. Sebagai hasilnya, logam dan logam lainnya digunakan dalam aplikasi struktur memiliki energi yang tinggi jika dibandingkan dengan kondisi aslinya serta relatif tidak stabil. (Jenkins, 2005)

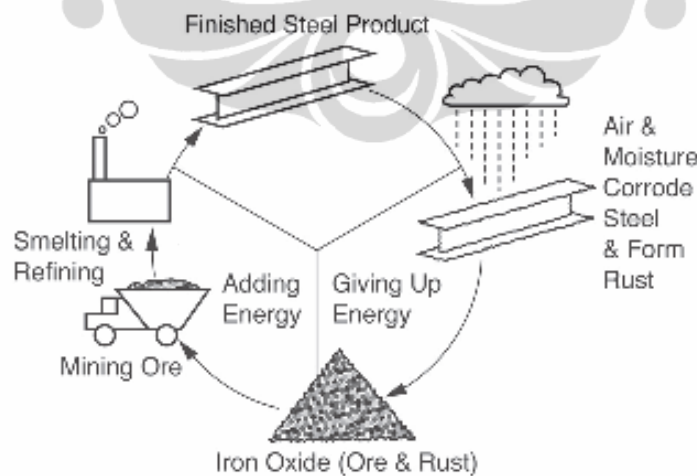
Proses korosi yang terjadi pada material yang terbuat dari bahan logam disebabkan karena adanya proses pelepasan elektron pada logam (anoda) yang kemudian elektron tersebut diterima oleh logam lain (katoda). Proses tersebut terjadi apabila adanya zat yang bersifat sebagai elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar listrik. Korosi adalah suatu fenomena yang kompleks yang terjadi tidak hanya pada material yang terbuat dari metal namun korosi secara umum diketahui terjadi pada permukaan metal yang disebut *general corrosion*. Seiring dengan perkembangan zaman dan pengetahuan maka para ahli metalurgi telah mempunyai cara bagaimana membuat suatu unsur yang mempunyai ketahanan diri terhadap serangan korosi. Kemampuan suatu bahan untuk dapat tahan dari proses korosi tergantung dari beberapa faktor, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. (Sulistyoweni W, 2002)



Gambar 2.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Korosi Pada Logam
(Fontana, 1986)

2.1.2 Kenapa Material Terkorosi (Jenkins, 2005)

Korosi merupakan proses alamiah. Seperti air mengalir ke permukaan yang lebih rendah, seluruh proses alamiah akan bergerak ke arah energi yang lebih rendah. Jadi besi dan baja memiliki kecenderungan untuk bergabung dengan elemen kimia lainnya untuk bergerak ke energi yang lebih rendah. Besi dan baja akan sering berikatan dengan oksigen, membentuk *iron oxide* atau karat memiliki susunan kimia yang sama dengan *iron ore*. Gambar 2.2 menunjukkan ilustrasi dari siklus dari pemurnian korosi dari besi dan baja. Ketika karat terbentuk dari besi atau struktur baja, logam akan kehilangan dari permukaannya, mengurangi *cross section* dan kekuatan.



Gambar 2.2. Siklus Korosi
(Jenkins, 2005)

Beberapa logam seperti emas dan platina memiliki level energi yang rendah saat dalam bentuk logam jika dibandingkan ketika digabungkan dengan unsur kimia lainnya. Logam tersebut kadang ditemukan di alam dalam bentuk logam dan tidak cenderung bergabung dengan unsur kimia lainnya. Kedua logam tersebut sangat *resistant* dengan korosi dalam kondisi lingkungan alami. Material tersebut kebal terhadap korosi dari lingkungan alami.

Logam dan paduan lain ketika dalam kondisi energi yang tinggi mereka dalam bentuk logam resistan terhadap korosi yang terbentuk lapisan pasif (biasanya oksida) pada permukaan. Lapisan tersebut terbentuk melalui proses alami yang menyerupai korosi dan biasanya tidak terlihat dengan menggunakan mata telanjang. *Stainless steel*, paduan *aluminium* dan *titanium* adalah logam yang memiliki kondisi energi tinggi pada saat berbentuk logam. Namun relatif resistan pada korosi disebabkan oleh bentuk lapisan pasif pada permukaannya. Bagaimanapun khususnya pada kasus *stainless steel* dan paduan *aluminium* lapisan ini tidak kebal pada seluruh lingkungan natural dan dapat rusak pada satu atau lebih lingkungan khusus. Kerusakan lapisan pasif sering berlangsung sangat cepat, korosi yang terlokalisir disebabkan oleh aktifitas elektrokimia bagian dari permukaan yang tetap pasif. Gambar 2.3 menunjukkan korosi terlokalisir dan sangat cepat.



Gambar 2.3. Korosi Ringan Pada Jembatan Baja Paduan Ketika Proteksi Lapisan Luar Telah Hilang.
(Jenkins, 2005)

2.1.3 Mengukur Korosi (Jenkins, 2005)

Cara-cara yang digunakan untuk mengukur korosi adalah sebagai berikut:

a. Mengukur Pengurangan Berat

Pengukuran pengurangan berat adalah cara yang paling banyak dilakukan untuk mengukur korosi. Mula-mula sampel dibersihkan untuk melepas seluruh kontaminan. Setelah dibersihkan kemudian diukur berat mula-mula. Kemudian dilakukan proses pengkorosian dan dibersihkan kembali dan diukur kembali berat selama periode waktu tertentu. Jika tidak terjadi korosi maka tidak akan terjadi pengurangan berat.

b. Mengukur Dimensi Sampel

Dimensi dari sampel diukur sebelum dan sesudah proses korosi. Jika tidak ada perubahan dengan dimensinya berarti tidak ada korosi yang terjadi.

c. Observasi Visual

Bahkan jumlah kecil korosi dapat segera terlihat karena kasarnya permukaan.

d. Analisis Kimia

Deposit pada permukaan dan lingkungan diperiksa produk korosinya. Jika deposit pada permukaan dan lingkungan hasilnya negatif untuk produk korosinya dapat diasumsikan tidak terjadi korosi.

2.2 *Rust Remover X*

2.2.1 *Chelating Agent* (<http://en.wikipedia.org/wiki/Chelating>)

Chelates adalah senyawa kimia yang membentuk senyawa yang mudah larut, molekul kompleks dengan beberapa ion logam, menonaktifkan ion dalam larutan sehingga tidak dapat bereaksi dengan unsur lainnya atau ion yang membentuk presipitasi atau endapan. (ASTM A380, 2000).

Hampir semua pameran biokimia kemampuan untuk melarutkan logam tertentu kation. Dengan demikian, protein, polisakarida, dan asam *polynucleic* adalah ligan *polydentate* sangat baik untuk ion logam banyak. Selain *chelators*

adventif, beberapa biomolekul diproduksi secara spesifik mengikat logam tertentu. *Histidin*, *malat* dan *phytochelat*in adalah *chelators* khas digunakan oleh tanaman.

Hampir semua fitur *metalloenzymes* logam yang *chelated* , biasanya untuk peptida atau kofaktor dan kelompok prostetik. *Chelating agent* tersebut meliputi porfirin cincin di *hemoglobin* dan zat hijau. Banyak spesies mikroba menghasilkan pigmen yang larut dalam air yang berfungsi sebagai *chelating agent*, disebut *siderophores*. Sebagai contoh, jenis *pseudomonas* diketahui mensekresikan *pyocyanin* dan *pyoverdin* yang mengikat besi. *Enterobactin* diproduksi oleh *E. coli*, adalah *chelating agent* kuat yang dikenal.

Dalam geologi, kimia pelapukan dihubungkan dengan *chelating agent* organik, seperti peptida dan gula, bahwa ekstrak ion logam dari mineral dan batuan. Banyak logam kompleks di lingkungan dan di alam terikat dalam suatu bentuk cincin *chelate*, umpamanya dengan asam humat atau protein. Maka *chelates* logam relevan dengan mobilisasi logam dalam tanah, penyerapan dan akumulasi logam ke tanaman dan mikro organisme. Selektif *chelation* dari logam berat relevan untuk bioremediasi, contohnya penghapusan Cs dari limbah radioaktif.

Chelators digunakan dalam analisis kimia, sebagai pelunak air, dan merupakan bahan dalam banyak produk komersial seperti shampo dan makanan pengawet. Asam sitrun digunakan untuk melunakkan air di sabun dan binatu deterjen. Sebuah *chelator* sintesis umum adalah EDTA. *Fosfonat* juga dikenal *chelating agent*. *Chelators* digunakan dalam program pengolahan air dan khususnya di *steam engineering*, seperti sistem pengolahan air boiler: *Chelant* sistem pengolahan air .

Terapi *chelation* adalah penggunaan *chelating agent* untuk detoksifikasi beracun agen logam seperti air raksa, arsenikum, dan memimpin dengan mengkonversi mereka ke bentuk kimia inert yang dapat dikeluarkan tanpa interaksi lebih lanjut dengan tubuh , dan telah disetujui oleh *U. S. Food and Drug Administration* (FDA) pada tahun 1991. *Chelation* juga digunakan sebagai pengobatan untuk autisme, meskipun praktik ini kontroversial karena dukungan ilmiah yang lemah untuk kemanjurannya, kurangnya persetujuan U.S. FDA, dan mematkan efek samping. Meskipun mereka dapat bermanfaat dalam kasus-kasus

keracunan logam berat, *chelating agent* juga bisa berbahaya. CDC Amerika Serikat melaporkan bahwa penggunaan disodium EDTA bukan kalsium EDTA telah mengakibatkan korban jiwa karena *hypocalcemia*.

Katalis homogen sering *chelated* kompleks. Sebuah contoh yang khas adalah *ruthenium (II) klorida chelated* dengan BINAP yang digunakan dalam *Noyori asymmetric hydrogenation* dan *asymmetric isomerization*. Yang terakhir ini memiliki penggunaan praktis dari pembuatan sintetik (-) menthol.

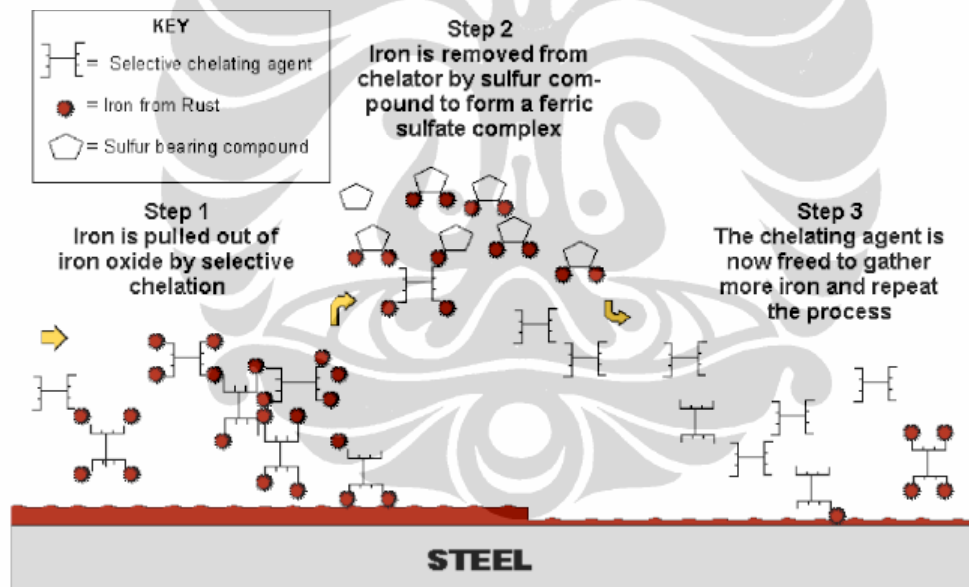
2.2.2 Atribut Produk *Rust Remover X* (GDP *Rust Remover X Sales Kit*, 2006)

Rust remover X merupakan terobosan revolusioner yang memiliki keuntungan secara signifikan melalui proses yang antik. Metode seperti *acid treatment* dan *media blasting* merupakan metode yang cukup lama dan dapat membahayakan bagi pengguna dan barang yang akan dihilangkan karatnya, memerlukan perlengkapan khusus serta memerlukan penanganan khusus dalam limbahnya. Keuntungan dari *rust remover X* adalah:

1. Dapat menghilangkan karat ringan selama lima menit perendaman
2. *Non-toxic* dan *non-corrosive*
3. Tidak berbau pekat
4. *Non-flammable* dan tidak mengandung *Volatile Organic Compounds* (VOC)
5. Mudah digunakan, hanya rendam bagian yang berkarat ke dalam cairan pada temperatur ruangan
6. Tidak memerlukan perlengkapan khusus dalam penggunaannya serta aman bagi kulit
7. *Biodegradable* dan *water soluble*
8. Tidak akan bereaksi pada logam yang tidak berkarat
9. Tidak akan member efek pada plastik, PVC dan cat tertentu
10. Dapat dibuang langsung pada saluran pembuangan air
11. Dapat menjadi *inhibitor* dalam waktu yang relatif sedikit

2.2.3 Cara Kerja *Rust Remover X* (GDP *Rust Remover X Sales Kit*, 2006)

Rust remover X bekerja melalui selektif *chelating agent* pada pH 6,0 sampai 7,1 (netral). Proses ini dimana molekul sintesis dalam jumlah besar membentuk ikatan dengan logam dan menahan mereka dalam larutan seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 Kebanyakan *chelating agent* mengikat berbagai macam metal. Unsur aktif dalam *rust remover X* mengikat besi secara eksklusif. Unsur aktif tersebut dapat melepas besi dari *iron oxide* tetapi terlalu lemah untuk melepas besi dari baja, dimana baja memiliki ikatan yang lebih kuat. Sekali *chelating agent* melepas besi kemudian molekul organik *sulfur* menarik besi jauh dari *chelator* dan membentuk *ferritic sulfate* kompleks. *Chelating agent* yang bebas dapat kembali melepas besi dari karat.

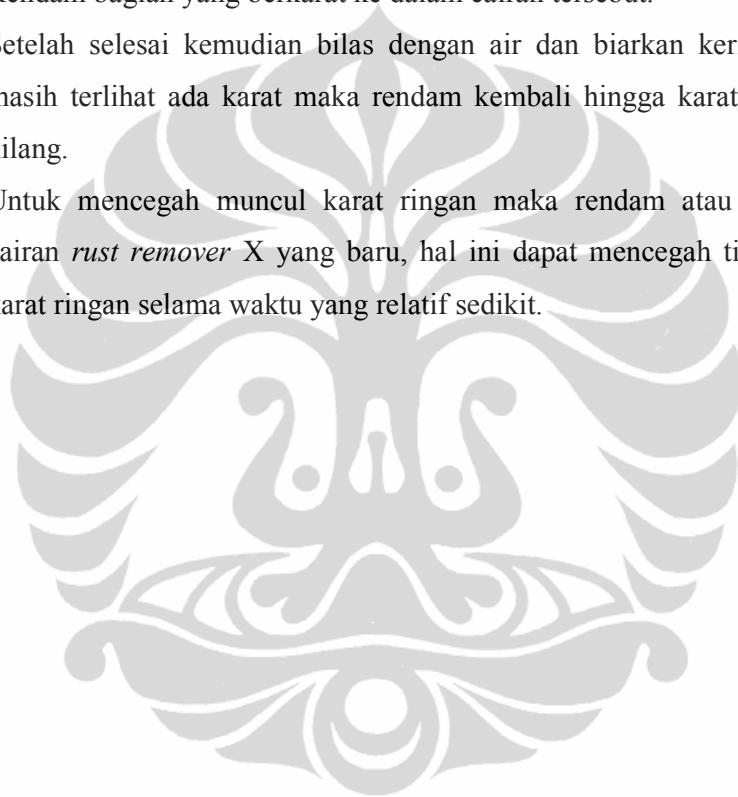


Gambar 2.4. Cara kerja *rust remover X*
(GDP *Rust Remover X Sales Kit*, 2006)

2.2.4 Cara Menggunakan *Rust Remover X* (GDP *Rust Remover X Sales Kit*, 2006)

Rust remover X adalah *water based* yang aman efektif dan mudah digunakan. Merupakan cairan dapat masuk ke dalam celah (*crevice*) maupun lubang (*pitting*). Ada empat tahapan untuk menggunakan *rust remover X*, yaitu.

1. Tuang cairan *rust remover X* ke dalam wadah.
2. Rendam bagian yang berkarat ke dalam cairan tersebut.
3. Setelah selesai kemudian bilas dengan air dan biarkan kering. Jika masih terlihat ada karat maka rendam kembali hingga karat tersebut hilang.
4. Untuk mencegah muncul karat ringan maka rendam atau semprot cairan *rust remover X* yang baru, hal ini dapat mencegah timbulnya karat ringan selama waktu yang relatif sedikit.

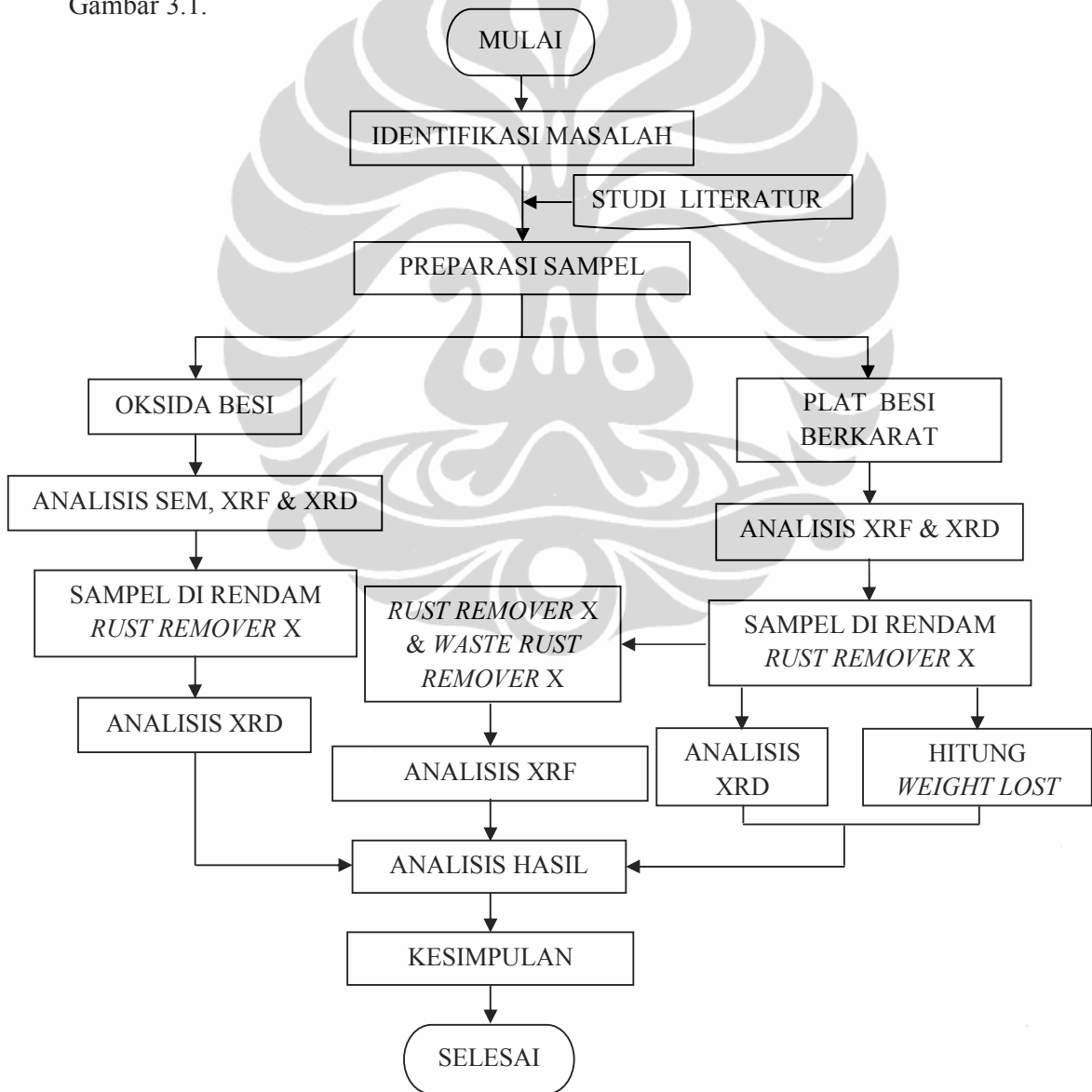


BAB 3 METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini berisikan langkah-langkah dalam melakukan penelitian dari awal hingga selesai dengan tujuan untuk mendapatkan sistematika pelaksanaan penelitian secara lebih jelas dan terarah.

3.1 Alur Proses Penelitian

Alur proses penelitian ini dapat dilihat secara lengkap dan jelas pada Gambar 3.1.



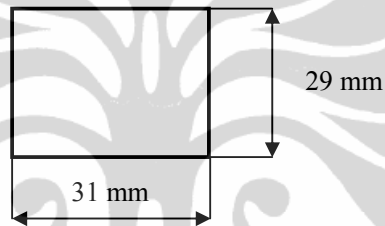
Gambar 3.1. Bagan Alur Proses Penelitian

3.2 Proses Penelitian

Proses-proses yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan dan Persiapan Sampel

Langkah yang pertama adalah mempersiapkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua macam, yang pertama adalah pelat besi berkarat yang belum diketahui jenisnya. Kemudian yang kedua adalah oksida besi yang diambil dari permukaan besi yang berkarat. Pelat besi yang berkarat dengan ketebalan 1,2 mm kemudian dipotong dengan dimensi seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Dimensi Spesimen Pelat Berkarat

Untuk bahan penelitian dari oksida besi (*scale*), bahan tersebut diambil dari permukaan besi H beam. Besi tersebut merupakan jembatan pipa PDAM di daerah Tanjung Priok. Setelah diambil kemudian oksida besi yang masih berbentuk *scale* dihaluskan dengan menggunakan mesin mill selama 15 menit. Secara visual menyerupai bentuk kopi bubuk dan jika di rasakan dengan menggunakan tangan akan terasa halus, namun tidak dilakukan pengukuran seberapa halus spesimen yang dihasilkan.

3.2.2 Alat Karakterisasi Uji Coba

Pada penelitian ini membutuhkan alat-alat yang digunakan untuk mengetahui unsur, senyawa maupun morfologi dari spesimen. Alat-alat yang digunakan dalam karakterisasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.2.1 *X-Ray Fluorescence (XRF)*

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung pada pelat besi berkarat dan oksida besi.

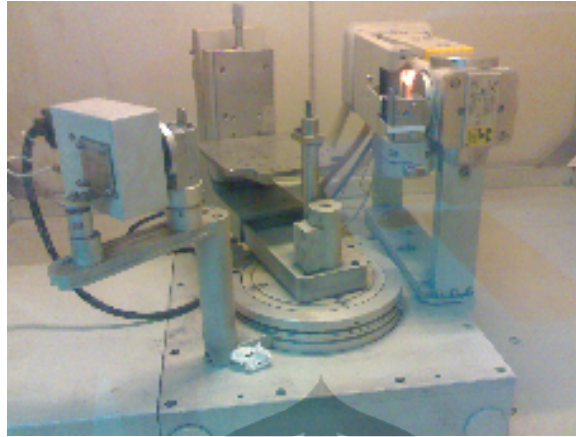


Gambar 3.3. *X-Ray Fluorescence* Laboratorium *Material Science* UI.

Alat XRF yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk *JEOL Element Analyzer JSX-3211* dapat dilihat pada Gambar 3.3 Alat ini menggunakan tegangan sebesar 30.0 kV dengan besarnya arus yang digunakan 0.035 mA. Pengukuran dilakukan dalam kondisi vakum selama 110 menit.

3.2.2.2 *X-Ray Diffractometer (XRD)*

X-Ray Diffractometer yang digunakan dalam penentuan senyawa pelat besi berkarat dan oksida besi adalah Philips PW 3710/40kv, dapat dilihat pada Gambar 3.4 Beroperasi pada tegangan 40 kV dengan arus sebesar 30 mA. Berkas $\text{Co-K}\alpha$ digunakan sebagai sumber radiasi dengan panjang gelombang elektromagnetik λ sebesar 1,78897 Å. *Scan step* XRD dilakukan sebesar $0,02^\circ$, mulai dari sudut 2θ sebesar 25.00° hingga 99.86° . Gambar dari XRD yang ada di Laboratorium *Material Science* Universitas Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. *X-Ray Diffractometer* Laboratorium *Material Science* UI

Selain informasi mengenai struktur kristal dari kurva XRD, dapat diketahui pula mengenai parameter kisi, fasa yang terbentuk, serta *space group* dari mengolah data XRD yang ada menggunakan program Match 10 dan GSAS.

3.2.2.3 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan untuk melihat morfologi luar dan topografi oksida besi. SEM yang digunakan adalah merek JSM-5310LV dengan tegangan yang digunakan adalah 35kV dengan perbesaran maksimum 35000. Gambar SEM yang ada di Laboratorium *Material Science* Universitas Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. *Scanning Electron Microscope* Laboratorium *Material Science* UI

3.2.3 Proses Uji Coba

Proses uji coba yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu pertama uji coba pada pelat besi berkarat dan kedua uji coba pada oksida besi.

3.2.3.1 Pelat Besi Berkarat

Pertama yang dilakukan dalam proses uji coba adalah karakterisasi dengan menggunakan XRF guna mengetahui komposisi unsur dari spesimen pelat besi berkarat. Setelah diketahui kemudian dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD guna mengetahui fasa atau senyawa yang terjadi.

Spesimen yang telah dikarakterisasi dengan menggunakan XRF dan XRD kemudian direndam dalam 240 ml cairan *rust remover X*. Kemudian dilakukan pengukuran pengurangan massa spesimen dengan interval waktu 30 menit selama empat jam menggunakan timbangan Bosc SAE 200. Setelah selesai dilakukan pengukuran pengurangan massa kemudian dikarakterisasi kembali dengan menggunakan XRD.

Setelah selesai semua dilakukan kemudian *rust remover X* dan *waste rust remover X* dikarakterisasi dengan menggunakan XRF guna mengetahui komposisi unsur-unsurnya.

3.2.3.2 Oksida Besi

Pertama yang dilakukan dalam proses uji coba adalah karakterisasi dengan menggunakan XRF guna mengetahui komposisi unsur dari spesimen oksida besi yang telah dihaluskan dengan menggunakan mesin mill. Langkah selanjutnya kemudian dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD guna mengetahui fasa atau senyawa yang terjadi.

Spesimen oksida besi yang telah dikarakterisasi dengan menggunakan XRF dan XRD kemudian direndam dalam 240 ml cairan *rust remover X* selama dua jam. Spesimen oksida besi yang direndam sebanyak 30 gram. Setelah selesai kemudian dikarakterisasi kembali dengan menggunakan XRD.

BAB 4

ANALISIS HASIL & PEMBAHASAN

Analisis hasil ini dilakukan berdasarkan hasil dari pengolahan data. Hal ini dilakukan guna mendapatkan penyelesaian masalah dari penelitian ini.

4.1 Pelat Besi Berkarat

Karakterisasi pada plat besi berkarat dilakukan dengan dua alat yaitu menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *X-Ray Diffractometer (XRD)*.

4.1.1 Hasil XRF

Setelah dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRF kemudian didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil XRF Pelat Besi Berkarat

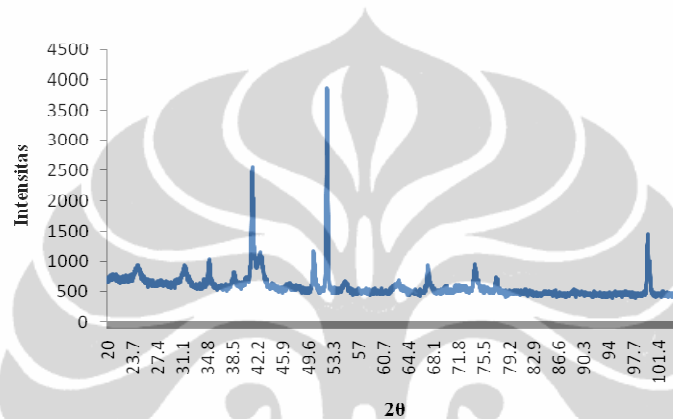
No	No Atom	Komposisi Kimia	wt %	at/mole (%)
1	13	Al	2,0862	2,9350
2	14	Si	4,3333	10,3455
3	16	S	0,2348	1,0505
4	20	Ca	1,0415	2,6642
5	25	Mn	0,0672	0,1108
6	26	Fe	92,1892	82,8115

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa unsur Fe memiliki persentase berat yang paling besar, yang kemudian diikuti oleh Si, Al, Ca, S dan Mn. Namun perlu dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD untuk mengetahui fasa atau senyawa yang ada.

4.1.2 Hasil XRD

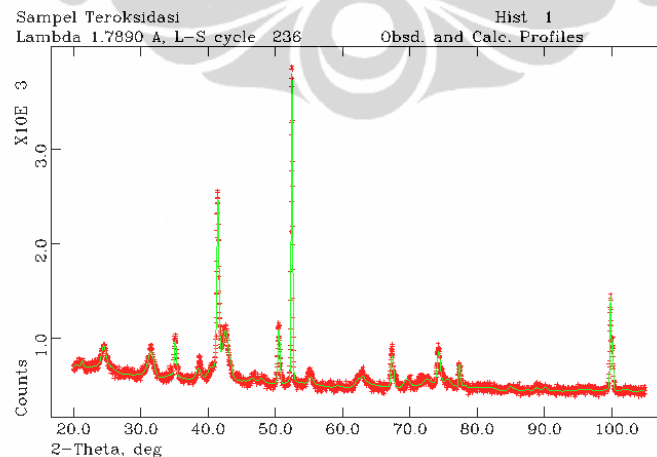
4.1.2.1 Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam

Karakterisasi ini dilakukan sebelum pelat besi berkarat direndam ke dalam cairan *rust remover X* dengan menggunakan XRD. Hasil keluaran dari XRD kemudian dikonversi dengan menggunakan *software* Bella sehingga menghasilkan Gambar 4.1.

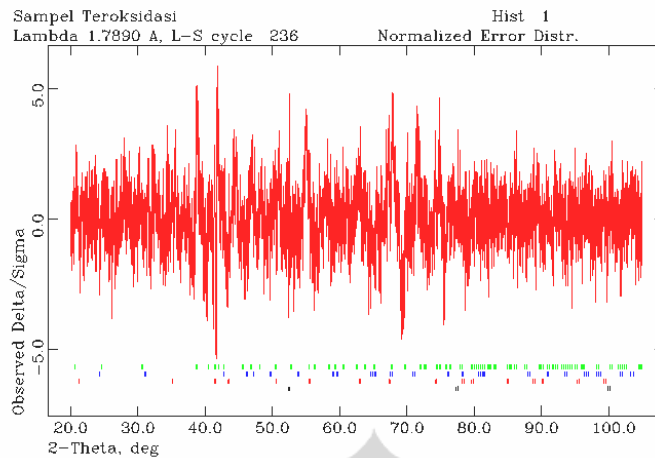


Gambar 4.1. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam

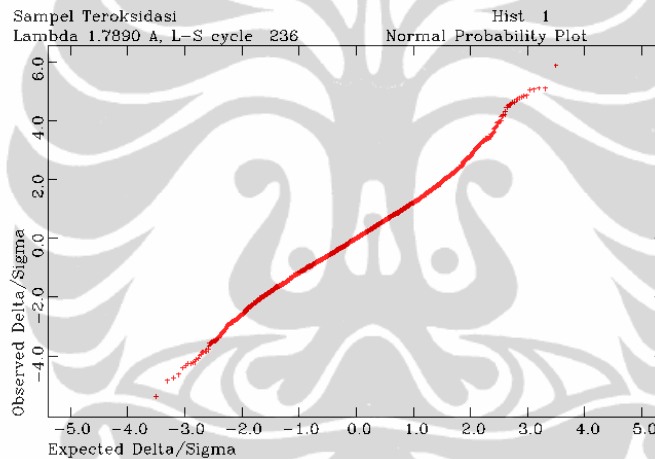
Pada hasil *refinement* dengan menggunakan GSAS akan menghasilkan Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.2. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam



Gambar 4.3. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Sebelum Pelat Besi Berkarat Diredam



Gambar 4.4. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Sebelum Pelat Besi Berkarat Diredam

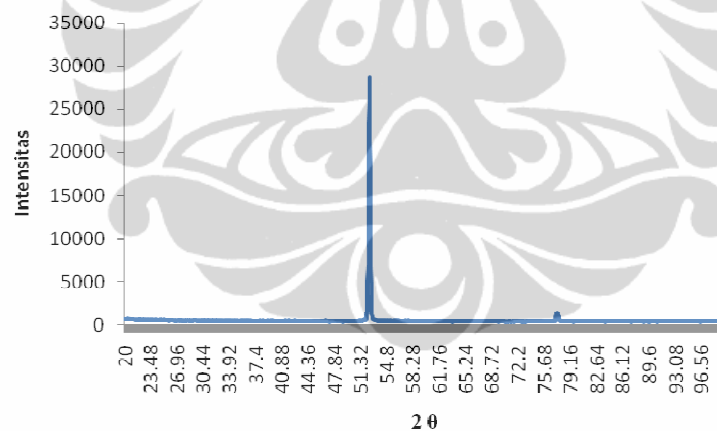
Identifikasi fasa dari pola difraksi sinar X pada sampel pelat besi berkarat sebelum diredam mengandung fasa Fe, Fe_3O_4 , SiO_2 dan FeO_2 yang berturut-turut memiliki fraksi berat Fe adalah 28,2 %, Fe_3O_4 adalah 25,96 %, SiO_2 adalah 39,43%, dan FeO_2 adalah 6,4 %. Untuk fasa Fe dengan parameter kisi $a=2.8665 \text{ \AA}$, struktur kristal kubik, dan *space group* $I m \bar{3} m$. (G., Wyckoff R. W. 1963) Fasa Fe_3O_4 dengan parameter kisi $a=8.4045 \text{ \AA}$, struktur kristal kubik, dan *space group* $F d \bar{3} m$. (H., Fjellvag 1996) Fasa SiO_2 dengan parameter kisi $a=4.9137 \text{ \AA}$ $b=4.9137 \text{ \AA}$ $c=5.4047$, struktur kristal heksagonal, dan *space group* $P 32 2 1$. (K.,

Kihara, 1990) Sedangkan fasa FeO_2 dengan parameter kisi $a=4.6250 \text{ \AA}$ $b=9.9900 \text{ \AA}$ $c=3.0370 \text{ \AA}$, struktur kristal ortorombik, dan *space group* $Pbnm$. (T., Nagai, 2003)

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa grafik relatif membentuk garis lurus secara horizontal. Demikian juga pada Gambar 4.4 relatif membentuk garis lurus sehingga dapat dikatakan parameter yang direfine sudah mendekati profil yang diinginkan. Proses *refinement* dengan GSAS dilakukan sampai iterasi 236 *cycles*. Konvergensi tercapai dengan *chisquare* sebesar 1,7 dan *wRp* sebesar 0,0535 atau 5,35 %.

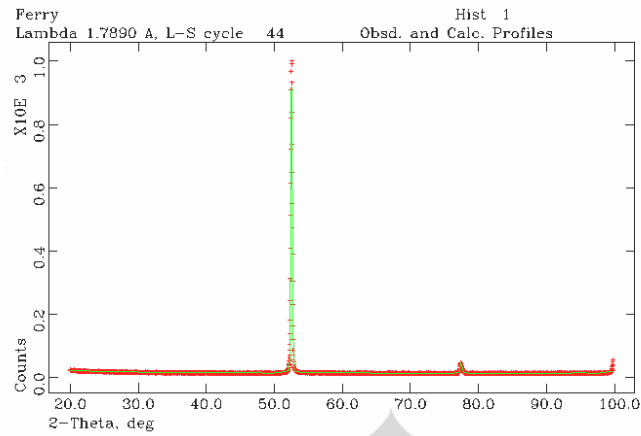
4.1.2.2 Setelah Pelat Besi Berkarat Diredam

Karakterisasi ini dilakukan setelah plat besi berkarat diredam ke dalam cairan *rust remover X* selama empat jam dengan menggunakan XRD. Hasil keluaran dari XRD kemudian dikonversi dengan menggunakan *software* Bella sehingga menghasilkan Gambar 4.5.

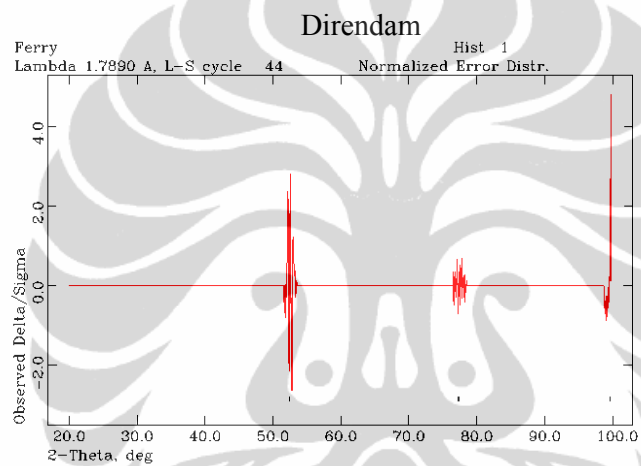


Gambar 4.5. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah Pelat Besi Berkarat Diredam

Pada hasil *refinement* dengan menggunakan GSAS akan menghasilkan Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

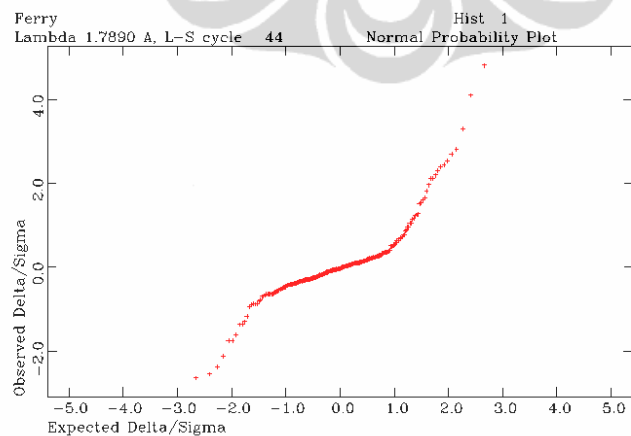


Gambar 4.6. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Setelah Pelat Besi Berkarat



Gambar 4.7. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Setelah Pelat

Besi Berkarat Diredam



Gambar 4.8. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Setelah Pelat Besi

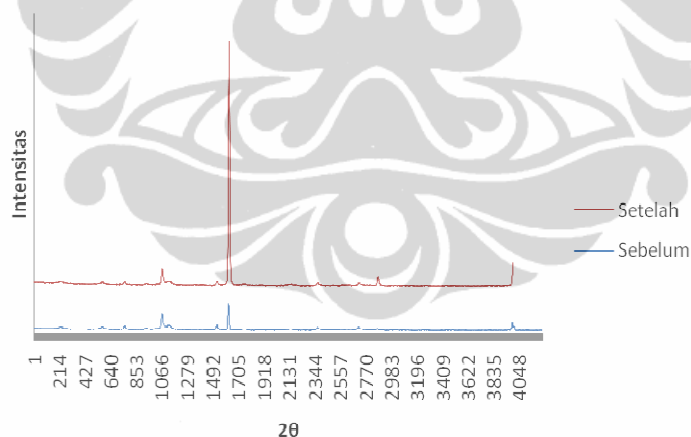
Berkarat Diredam

Identifikasi fasa dari pola difraksi sinar X pada sampel pelat besi berkarat setelah direndam mengandung fasa Fe yang memiliki fraksi berat 100%. Fasa Fe dengan parameter kisi $a=2.8665 \text{ \AA}$, struktur kristal kubik, dan *space group* $I m \bar{3} m$. (G.,Wyckoff R. W. 1963)

Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat bahwa grafik relatif membentuk garis lurus secara horizontal. Demikian juga pada Gambar 4.8 relatif membentuk garis lurus sehingga dapat dikatakan parameter yang direfine sudah mendekati profil yang diinginkan. Proses *refinement* dengan GSAS dilakukan sampai iterasi 44 *cycles*. Konvergensi tercapai dengan *chisquare* 0,8686 dan *wRp* 0,0675 atau 6,75 %.

4.1.2.3 Perbandingan Hasil XRD Sebelum dan Setelah Pelat Besi Direndam

Dari data XRD pada sub bab 4.1.2.1 (sebelum pelat besi berkarat direndam selama empat jam) dapat dilihat bahwa fraksi berat fasa Fe adalah 28,2 %, Fe_3O_4 adalah 25,96 %, SiO_2 adalah 39,43%, dan FeO_2 adalah 6,4 %. Dapat dilihat lengkap pada Gambar 4.20.



Gambar 4.9. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah dan Sebelum Pelat Besi Berkarat Direndam

Namun jika kita lihat pada sub bab 4.1.2.2 (setelah pelat besi berkarat direndam selama empat jam) maka sudah tidak terlihat lagi fasa SiO_2 . Hal ini disebabkan karena fasa SiO_2 berada pada permukaan fasa Fe_3O_4 dan FeO_2 , sehingga ketika atom Fe pada Fe_3O_4 dan FeO_2 dilepas oleh *chelating agent*, fasa

SiO_2 ikut terlepas dari permukaan Fe_3O_4 dan FeO_2 . *Chelating agent* hanya mengikat Fe yang kemudian akan bersenyawa dengan S sehingga akan timbul ikatan FeS. Pada analisis ini FeS tidak terdeteksi, karena senyawa FeS berada pada endapan cairan *rust remover X*.

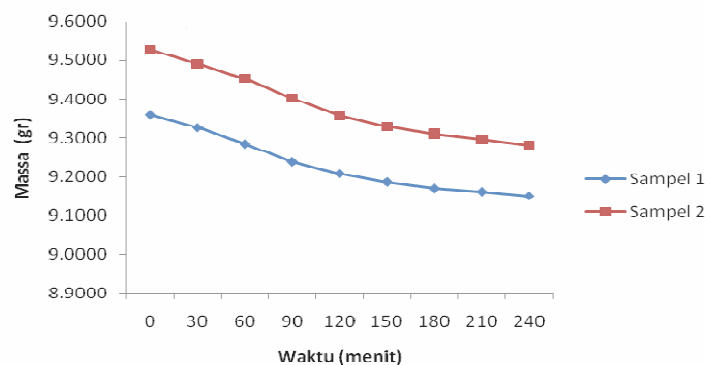
4.1.3 Hasil Pengukuran Pengurangan Massa

Pengukuran pengurangan massa ini dilakukan guna mengetahui berapa besar pengurangan massa dengan interval waktu 30 menit. Metodenya yaitu, spesimen tersebut direndam selama empat jam, kemudian setiap 30 menit dilakukan pengukuran massa. Luas permukaan sampel (1) dan sampel (2) masing-masing adalah 1942 mm^2 . Hasil dari pengukuran massa dapat dilihat Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Pengurangan Massa Pelat Besi Berkarat

No	Waktu (menit)	Sampel 1	Δm Sampel 1	Sampel 2	Δm Sampel 2
1	0	9.3604	0	9.5288	0
2	30	9.3270	0.0334	9.4914	0.0374
3	60	9.2846	0.0424	9.4530	0.0384
4	90	9.2386	0.0460	9.4024	0.0506
5	120	9.2080	0.0306	9.3586	0.0438
6	150	9.1860	0.0220	9.3290	0.0296
7	180	9.1696	0.0164	9.3106	0.0184
8	210	9.1612	0.0084	9.2960	0.0146
9	240	9.1500	0.0112	9.2806	0.0154

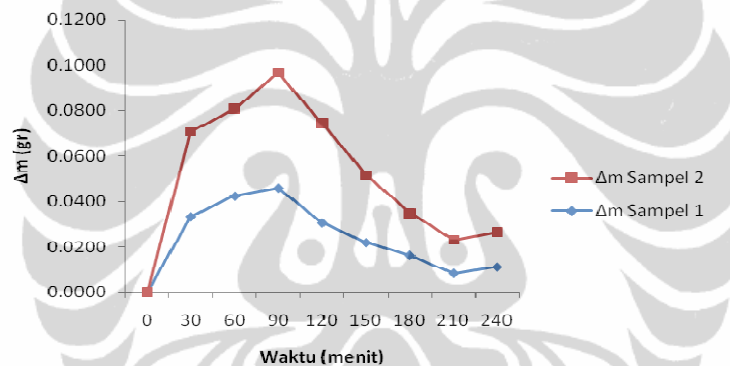
Jika tabel tersebut dikonversi menjadi sebuah grafik, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Grafik Massa vs Waktu Perendaman Pelat Besi Berkarat

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat terlihat bahwa terjadi penurunan berat pada sampel (1) dan sampel (2) saat perendaman selama 240 menit. Pengukuran massa awal sampel (1) sebesar 9.3604 gram kemudian setelah direndam selama 240 menit massa sampel (1) menjadi 9.1500 gram. Sehingga jika diambil rata-rata maka besarnya pengurangan massa yang terjadi adalah sebesar 0,0263 gram per 30 menit dengan luas permukaan 1942 mm².

Pengukuran massa awal sampel (2) sebesar 9.5288 gram kemudian setelah direndam selama 240 menit massa sampel (1) menjadi 9.2806 gram. Sehingga jika diambil rata-rata maka besarnya pengurangan massa yang terjadi adalah sebesar 0,0310 gram per 30 menit dengan luas permukaan 1942 mm².



Gambar 4.11. Grafik Δm vs Waktu Perendaman Pelat Besi Berkarat

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat terlihat bahwa pada sampel (1) pada pengukuran menit ke 30 Δm sebesar 0.0334 gram. Kemudian pada pengukuran menit ke 60 terlihat Δm mulai meningkat hingga puncaknya pada pengukuran menit ke 90 sebesar 0.0460 gram. Namun pada pengukuran menit ke 120 hingga menit ke 210 Δm terlihat semakin menurun dan naik kembali pada saat pengukuran menit ke 240.

Sedangkan untuk sampel (2) dapat terlihat pada gambar 4.11 bahwa pada pengukuran menit ke 30 Δm sebesar 0.0374 gram. Kemudian pada pengukuran menit ke 60 terlihat Δm mulai meningkat hingga puncaknya pada pengukuran menit ke 90 sebesar 0.0506 gram. Namun pada pengukuran menit ke 120 hingga menit ke 210 Δm terlihat semakin menurun dan naik kembali pada saat pengukuran menit ke 240.

Berdasarkan pernyataan di atas dan tren garis yang terjadi pada Gambar 4.11 dapat dinyatakan bahwa waktu *rust remover X* bekerja maksimal antara 60 menit sampai 90 menit. Sedangkan untuk selanjutnya *rust remover X* akan menurun kinerjanya, namun pada 210 menit hingga 240 terjadi kenaikan kinerja kembali namun tidak signifikan jika dibandingkan dengan rentang waktu 60 menit sampai 90 menit.

4.2 Oksida Besi

Karakterisasi pada oksida besi dilakukan dengan dua alat yaitu menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *X-Ray Diffractometer (XRD)*.

4.2.1 Hasil XRF

Setelah dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRF kemudian didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3. Hasil XRF Oksida Besi

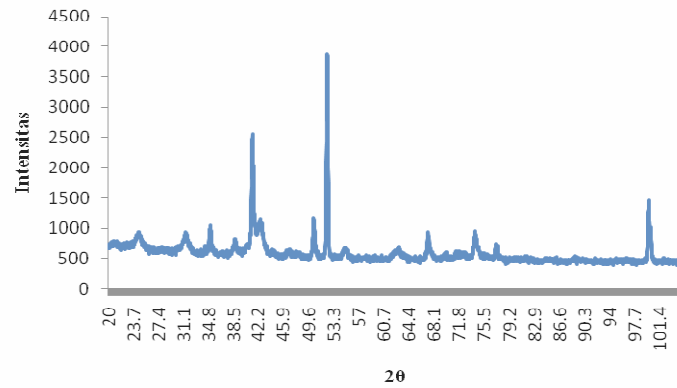
No	No Atom	Komposisi Kimia	wt %	at/mole (%)
1	14	Si	1,8068	3,4958
2	26	Fe	96,3851	93,7852

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa unsur Fe memiliki persentase berat yang paling besar, yang kemudian diikuti oleh Si. Namun perlu dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRD untuk mengetahui fasa atau senyawa yang ada.

4.2.2 Hasil XRD

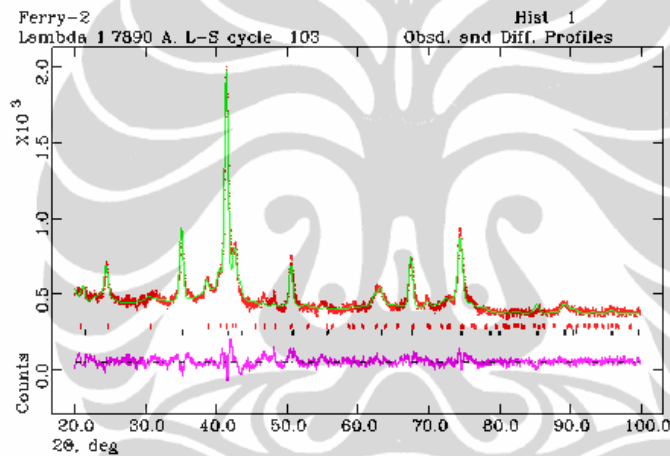
4.2.2.1 Sebelum Oksida Besi Direndam

Karakterisasi ini dilakukan sebelum oksida besi direndam ke dalam cairan *rust remover X* dengan menggunakan XRD. Hasil keluaran dari XRD kemudian dikonversi dengan menggunakan *software Bella* sehingga menghasilkan Gambar 4.12.

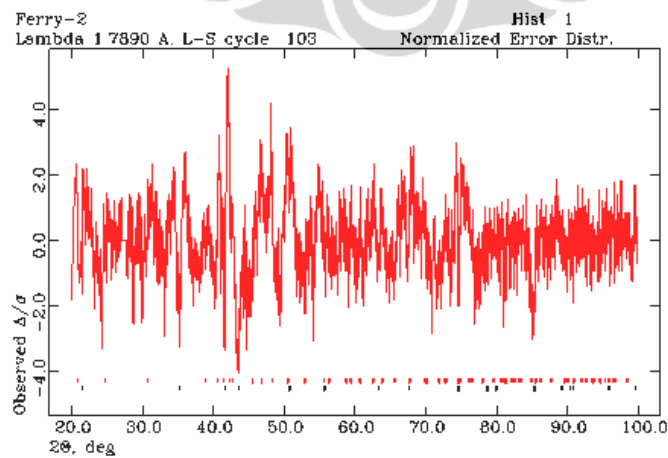


Gambar 4.12. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Sebelum Oksida Besi Direndam

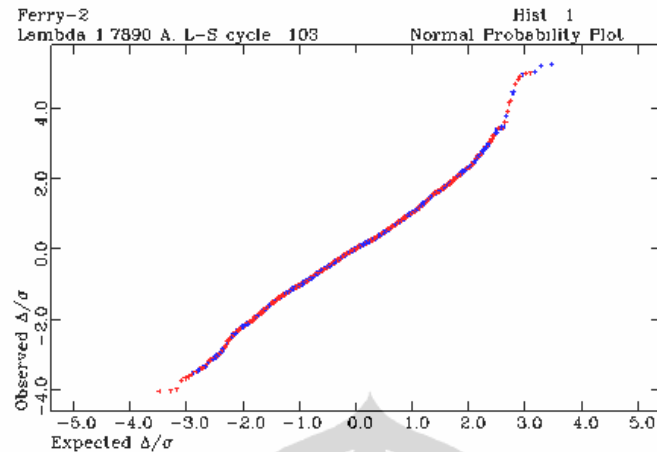
Pada hasil *refinement* dengan menggunakan GSAS akan menghasilkan tiga gambar yaitu Gambar 4.13, Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.13. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Sebelum Oksida Besi Direndam



Gambar 4.14. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Sebelum Oksida Besi Direndam



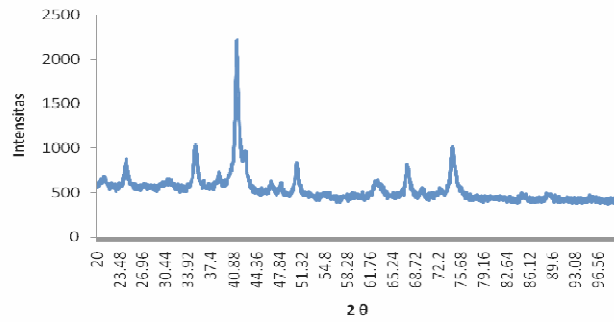
Gambar 4.15. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Sebelum Oksida Besi Direndam

Identifikasi fasa dari pola difraksi sinar X pada sampel oksida besi sebelum direndam mengandung fasa Fe_3O_4 , dan FeO_2 yang berturut-turut memiliki fraksi berat fasa Fe_3O_4 adalah 77,77 % dan FeO_2 adalah 22,23 %. Untuk fasa Fe_3O_4 dengan parameter kisi $a=8.3873 \text{ \AA}$, struktur kristal kubik, dan *space group* $Fd\bar{3}m$ (H., Fjellvag, 1996) Sedangkan fasa FeO_2 dengan parameter kisi $a=4.6250 \text{ \AA}$ $b=9.9900 \text{ \AA}$ $c=3.0370 \text{ \AA}$, struktur kristal ortorombik, dan *space group* $Pbnm$. (T., Nagai, 2003)

Berdasarkan Gambar 4.14 terlihat bahwa grafik relatif membentuk garis lurus secara horizontal. Demikian juga pada Gambar 4.15 relatif membentuk garis lurus sehingga dapat dikatakan parameter yang direfine sudah mendekati profil yang diinginkan. Proses *refinement* dengan GSAS dilakukan sampai iterasi 103 *cycles*. Konvergensi tercapai dengan *chisquare* 1.24 dan wRp 0,0516 atau 5,16 %.

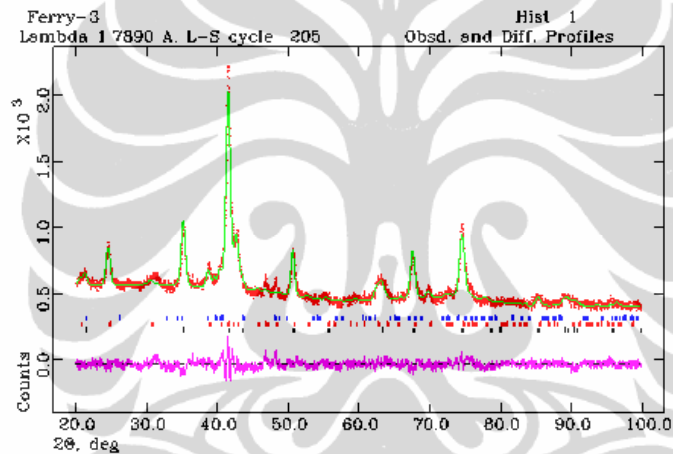
4.2.2.2 Setelah Oksida Besi Direndam

Karakterisasi ini dilakukan setelah oksida besi direndam ke dalam cairan *rust remover X* dengan menggunakan XRD. Hasil keluaran dari XRD kemudian dikonversi dengan menggunakan *software* Bella sehingga menghasilkan Gambar 4.16.

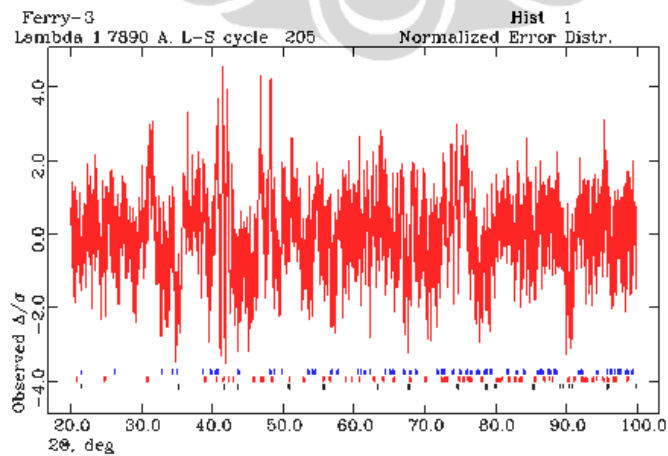


Gambar 4.16. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah Oksida Besi Diredam

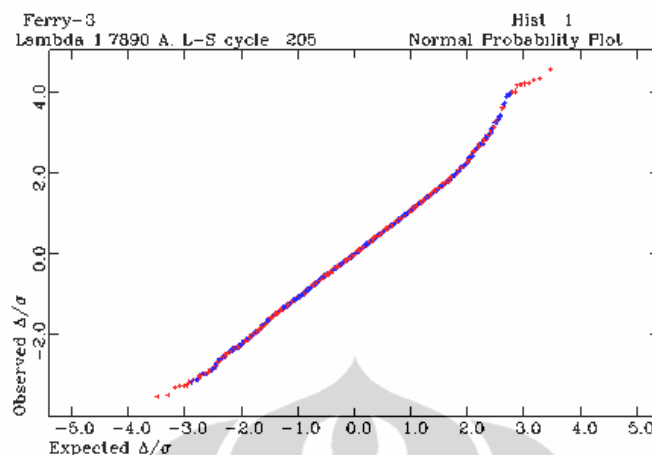
Pada hasil *refinement* dengan menggunakan GSAS akan menghasilkan tiga gambar yaitu Gambar 4.17, Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.



Gambar 4.17. Grafik Keluaran Dari Aplikasi GSAS Setelah Oksida Besi Diredam



Gambar 4.18. Grafik Cacahan Intensitas Terhadap 2θ Oleh GSAS Setelah Oksida Besi Diredam



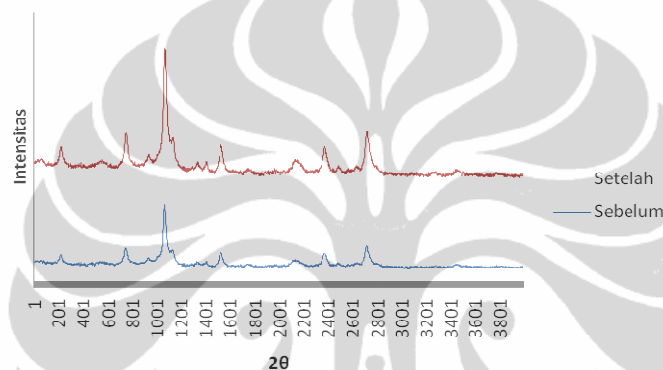
Gambar 4.19. Grafik Distribusi Kesalahan Ternormalisasi Setelah Oksida Besi Direndam

Identifikasi fasa dari pola difraksi sinar X pada sampel oksida besi setelah direndam mengandung fasa Fe_3O_4 , FeO_2 , dan FeS yang berturut-turut memiliki fraksi berat fasa Fe_3O_4 adalah 66,18 % , FeO_2 adalah 28,89 % dan FeS adalah 4,93 %. Untuk fasa Fe_3O_4 dengan parameter kisi $a=8.3873 \text{ \AA}$, struktur kristal kubik, dan *space group* $Fd\bar{3}m$ (H., Fjellvag, 1996) Fasa FeO_2 dengan parameter kisi $a=4.6250 \text{ \AA}$ $b=9.9900 \text{ \AA}$ $c=3.0370 \text{ \AA}$, struktur kristal ortorombik, dan *space group* $Pbnm$ (T., Nagai, 2003) Sedangkan fasa FeS dengan parameter kisi $a=5.9630 \text{ \AA}$, $c=11.7540 \text{ \AA}$ struktur kristal heksagonal, dan *space group* $P\bar{6}2c$ (H. E., King, 1982)

Berdasarkan Gambar 4.18 terlihat bahwa grafik relatif membentuk garis lurus secara horizontal. Demikian juga pada Gambar 4.19 relatif membentuk garis lurus sehingga dapat dikatakan parameter yang direfine sudah mendekati profil yang diinginkan. Proses *refinement* dengan GSAS dilakukan sampai iterasi 205 *cycles*. Konvergensi tercapai dengan *chisquare* 1.245 dan *wRp* 0,0480 atau 4,8 %.

4.2.2.3 Perbandingan Hasil XRD Sebelum dan Setelah Oksida Besi Direndam

Dari data XRD pada sub bab 4.2.2.1 (sebelum oksida besi direndam selama dua jam) dan 4.2.2.3 (setelah oksida besi direndam selama dua jam) dapat dilihat bahwa fraksi berat awal fasa Fe_3O_4 77,77 % menjadi Fe_3O_4 66,18 % sehingga terdapat pengurangan fraksi berat Fe_3O_4 sebesar 11,59 %. Fraksi berat awal fasa FeO_2 22,23 % menjadi FeO_2 28,89 % sehingga terdapat kenaikan fraksi berat FeO_2 sebesar 6,66%. Kemudian terbentuk fasa baru dengan fraksi berat FeS 4,93 %. Dapat dilihat lengkap pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Grafik Intensitas Terhadap 2θ Setelah dan Sebelum Oksida Besi Direndam

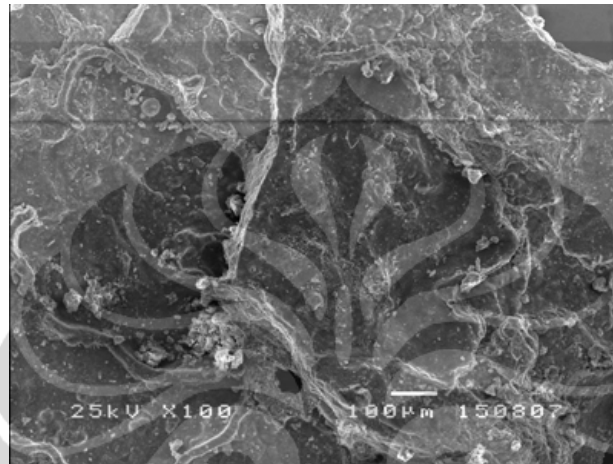
Jika kita lihat kembali pada hasil perbandingan sub bab 4.1.2.3 terlihat bahwa fasa FeS tidak terdeteksi sedangkan pada sub bab 4.2.2.3 terdeteksi adanya fasa FeS . Hal ini disebabkan karena oksida besi yang direndam, terlebih dahulu diletakkan pada *filter paper* sehingga fasa FeS yang terbentuk tetap berada pada *filter paper* tersebut.

Dengan perendaman selama dua jam didapatkan pengurangan fraksi berat Fe_3O_4 sebesar 11,59 %. Namun terdapat penambahan fraksi berat FeO_2 sebesar 6,66%. Secara reaksi kimia, fraksi berat dari oksida besi dapat dijelaskan sebagai berikut $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{S} \rightarrow 2\text{FeO}_2 + \text{FeS} + \text{O}_2$.

Menurut analisis saya ketika fraksi berat Fe_3O_4 menjadi 0 % maka kemudian dilanjutkan dengan reaksi kimia $\text{FeO}_2 + \text{S} \rightarrow \text{FeS} + \text{O}_2$. Berdasarkan reaksi dua reaksi di atas, fasa Fe_3O_4 dan FeO_2 akan berubah seluruhnya kedalam fasa FeS jika dilakukan perendaman yang lebih lama.

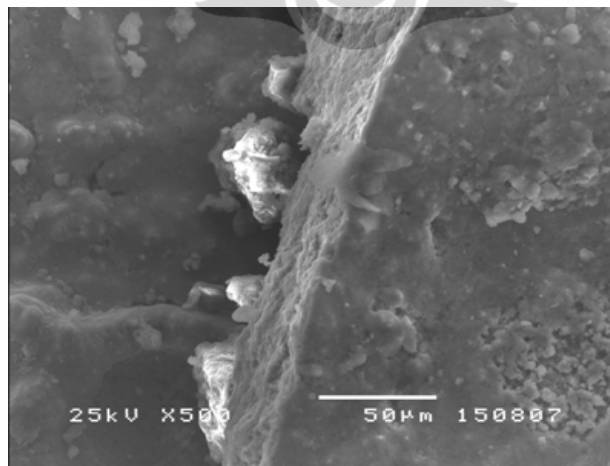
4.2.3 Hasil SEM

SEM dilakukan pada oksida besi yang masih dalam bentuk *scale* sebelum dihaluskan dengan mesin mill. SEM ini dapat memperlihatkan topografi permukaan oksida besi. SEM dengan variasi perbesaran 100 X, 500 X dan 1000 X dapat dilihat pada Gambar 4.21.



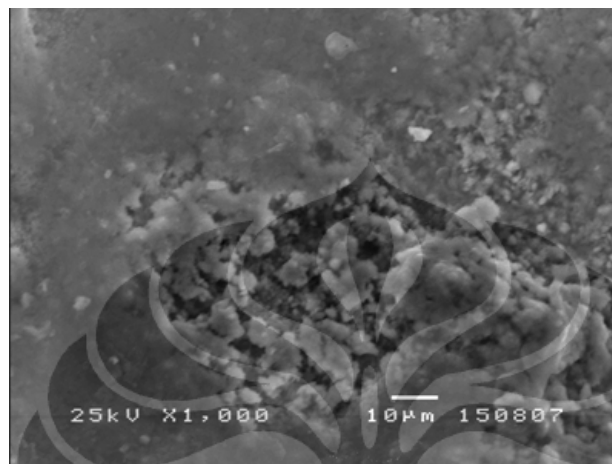
Gambar 4.21. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 100 X

Berdasarkan Gambar 4.21 terlihat hasil SEM dengan perbesaran 100 X. Terlihat morfologi permukaan oksida besi yang tidak rata. Ada permukaan yang menyerupai garis berwarna putih. Permukaan tersebut dapat dilihat lebih jelas pada perbesaran 500 X, Gambar 4.22.



Gambar 4.22. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 500 X

Pada Gambar 4.22 terlihat permukaan yang berwarna putih lebih jelas. Permukaan tersebut merupakan lapisan dari oksida. Jika kita lihat pada hasil XRD, terdapat dua jenis oksida yang ada yaitu Fe_3O_4 dan FeO_2 . Lapisan yang berwarna putih tersebut adalah Fe_3O_4 yang akan bertransformasi menjadi Fe_2O_3 .



Gambar 4.23. Hasil SEM Oksida Besi Perbesaran 1000 X

Pada Gambar 4.23 Fe_3O_4 terlihat sebagai butiran atau bintik putih, sedangkan yang berada dibawah bintik atau gumpalan putih adalah FeO_2 .

4.3 *Rust Remover X*

4.3.1 Hasil XRF *Rust Remover X*

Rust remover X dikarakterisasi dengan menggunakan XRF dengan hasil pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil XRF *Rust Remover X*

No	No Atom	Komposisi Kimia	wt %	at/mole (%)
1	11	Na	4.7069	6.3461
2	15	P	54.1480	54.1877
3	16	S	39.8690	38.5419
4	19	K	0.3791	0.3006
5	20	Ca	0.5762	0.1780
6	26	Fe	0.3207	0.1780

Berdasarkan Tabel 4.4. terlihat ada enam unsur yang di dedeteksi oleh XRF dimana terdapat tiga unsur yang terbesar yaitu, P, S dan Na.

4.3.2 Hasil XRF *Waste Rust Remover X*

Waste dari *rust remover X* dikarakterisasi dengan XRD, namun tidak terdeteksi karena bersifar amorf. Untuk itu dilakukan karakterisasi dengan menggunakan XRF dengan hasil pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil XRF *Waste Rust Remover X*

No	No Atom	Komposisi Kimia	wt %	at/mole (%)
1	15	P	26.0263	36.0387
2	16	S	12.4400	16.6401
3	20	Ca	0,3762	0,4026
4	25	Mn	0,9854	0,7693
5	26	Fe	59.9633	46.0511
6	40	Zr	0,2089	0,0982

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat ada enam unsur yang di dedeteksi oleh XRF dimana terdapat tiga unsur yang terbesar yaitu, Fe, P dan S. Dari ketiga unsur yang besar relatif tidak berbahaya jika kita buang langsung ke saluran air, bahkan fosfor (P) dalam konsentrasi yang relatif tidak terlalu banyak dapat berfungsi menjadi pupuk.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian serta analisis hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Fraksi berat awal fasa Fe 28,2 %, Fe₃O₄ 25,96 %, SiO₂ 39,43%, dan FeO₂ 6,4 %. Setelah direndam selama empat jam fasa SiO₂ sudah tidak terlihat karena fasa SiO₂ berada pada permukaan fasa Fe₃O₄ dan FeO₂ sehingga ketika atom Fe pada Fe₃O₄ dan FeO₂ dilepas oleh *chelating agent*, fasa SiO₂ ikut terlepas dari permukaan Fe₃O₄ dan FeO₂. *Chelating agent* hanya mengikat Fe yang kemudian akan bersenyawa dengan S sehingga akan timbul ikatan FeS. Pada analisis ini FeS tidak terdeteksi, karena senyawa FeS berada pada endapan *cairan rust remover X*.
2. Waktu *rust remover X* bekerja maksimal antara 60 menit sampai 90 menit. Sedangkan untuk selanjutnya *rust remover X* akan menurun kinerjanya, namun pada 210 menit hingga 240 terjadi kenaikan kinerja kembali namun tidak signifikan jika dibandingkan dengan rentang waktu 60 menit sampai 90 menit.
3. Fraksi berat awal fasa Fe₃O₄ 77,77 % menjadi Fe₃O₄ 66,18 % sehingga terdapat pengurangan fraksi berat Fe₃O₄ sebesar 11,59 %. Fraksi berat awal fasa FeO₂ 22,23 % menjadi FeO₂ 28,89 % sehingga terdapat kenaikan fraksi berat FeO₂ sebesar 6,66%. Kemudian terbentuk fasa baru dengan fraksi berat FeS 4,93 %. Jika kita lihat kembali pada hasil perbandingan sub bab 4.1.2.3 terlihat bahwa fasa FeS tidak terdeteksi sedangkan pada sub bab 4.2.2.3 terdeteksi adanya fasa FeS. Hal ini disebabkan karena oksida besi yang direndam ke dalam cairan terlebih dahulu diletakkan pada *filter paper* sehingga fasa FeS yang terbentuk tetap berada pada *filter paper* tersebut.
4. Unsur-unsur pada *rust remover X* yang terdeteksi oleh XRF adalah Na 4,71 %, P 54,15 %, S 39,87 %, K 0,38 %, Ca 0,57 %, Fe 0,32 %.

Sedangkan pada *waste rust remover X* yang terdeteksi oleh XRF adalah P 26,03 %, S 12,44 %, Ca 0,38 %, Mn 0,98 %, Fe 59,96 %, dan Zr 0,21 %.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

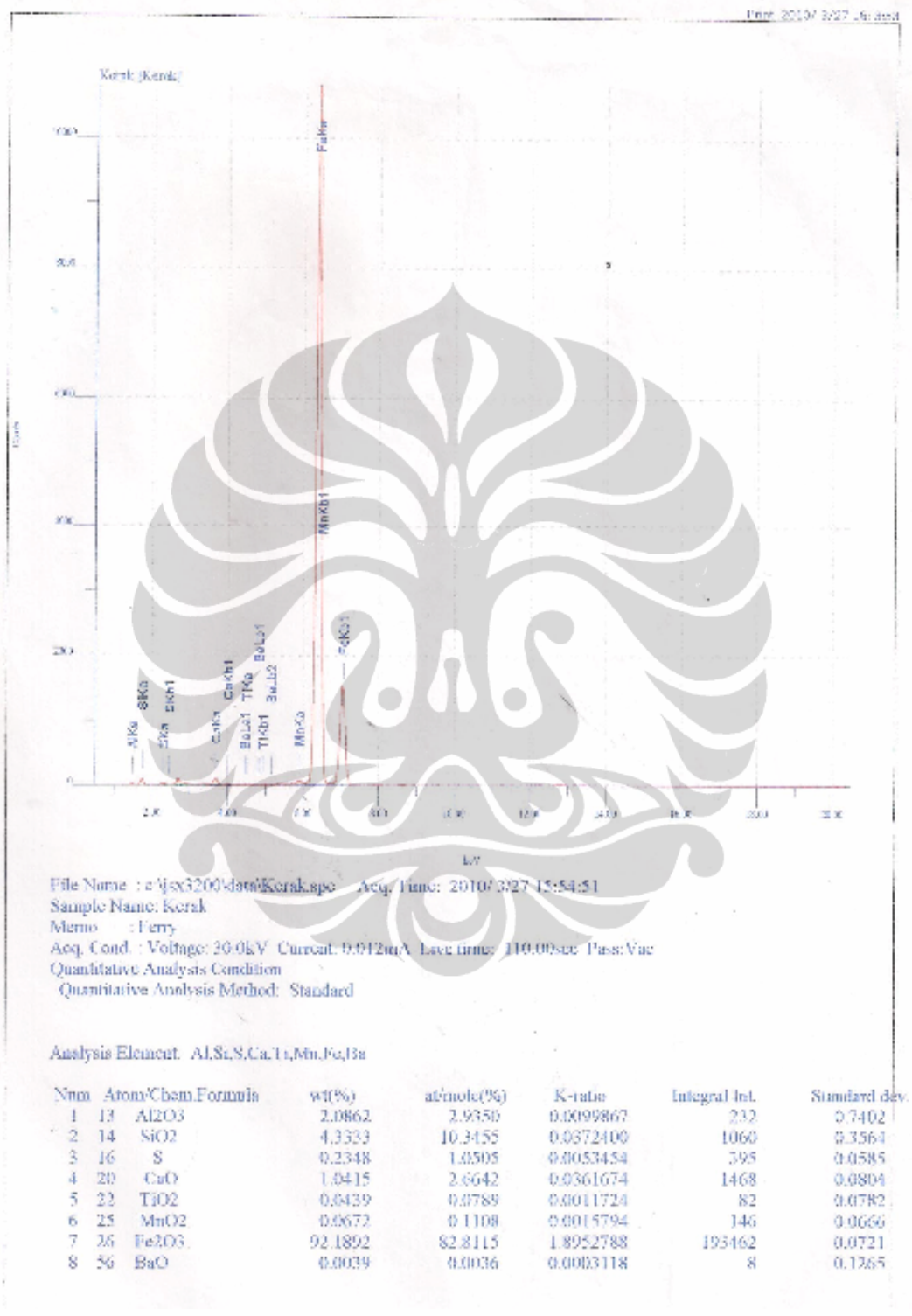
1. Dalam perendaman pelat besi berkarat dengan luas 1942 mm² cukup diperlukan waktu selama empat jam.
2. Diperlukan waktu yang lebih lama lagi dalam perendaman oksida besi.
3. Unsur-unsur dalam *waste rust remover X* relatif tidak berbahaya sehingga bisa langsung dibuang ke dalam saluran air.



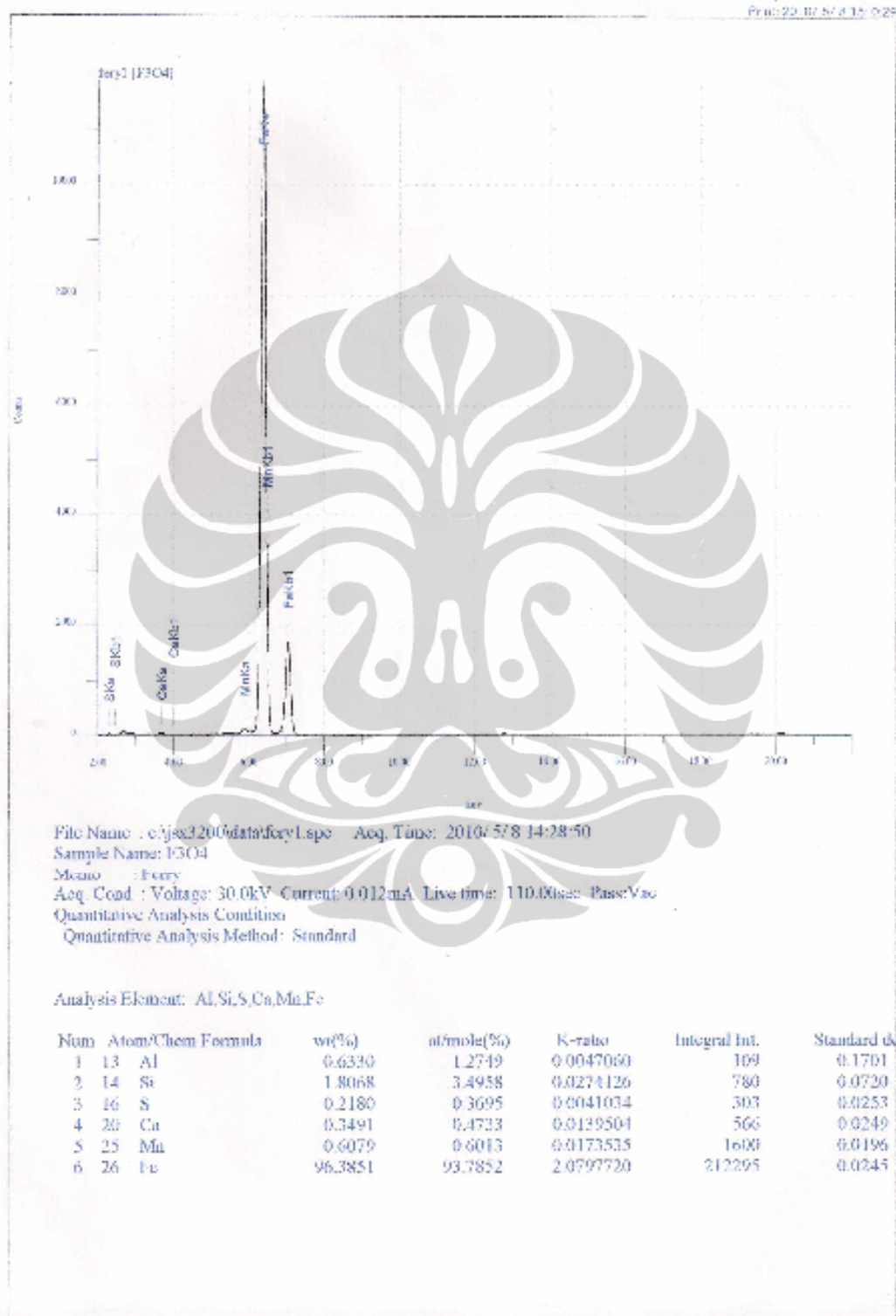
DAFTAR REFERENSI

- Anonim. "Rust Remover X Technical Data Sheet" Harris International Laboratories, Inc
- Anonim. (2006) "GDP Rust Remover X Sales Kit" Harris International Laboratories, Inc
- Ashadi, Henki W., W, Sulistyoweni, Gusniani, Irma (2002). "Pengaruh Unsur Unsur Kimia Korosif Terhadap Laju Korosi Tulangan Beton II. Di Dalam Lumpur Rawa".
- ASTM A380 (2000) "Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems"
- Chelation
<http://en.wikipedia.org/wiki/Chelating>
- Fontana, M.G. (1986) "Corrosion Engineering", McGraw Hill, New York.
- G., Wyckoff R. W. (1963), "Second edition. Interscience Publishers, New York, New York Sample at T = 298 K Body centered cubic, bcc, structure", Crystal Structures 1, 7-83
- H. E., King, C. T., Prewitt, (1982) "High-pressure and high-temperature polymorphism of iron sulfides (FeS) Sample: T = 294 K, P = 0.0001 GPa", Acta Crystallographica, Section B 38, 1877-1887
- H., Fjellvag, F., Gronvold, S., Stolen, C., Hauback B. (1996) "On the crystallographic and magnetic structures of nearly stoichiometric iron monoxide Locality: synthetic Sample: T = 298 K", Journal of Solid State Chemistry 124, 52-57
- Jenkins, James F., Drisko, Richard W. (2005) "Bridge Construction Manual"
- K., Kihara, (1990) "An X-ray study of the temperature dependence of the quartz structure Sample: at T = 298 K", European Journal of Mineralogy 2, 63-77
- T., Nagai, H., Kagi, T., Yamanaka, (2003) "Variation of hydrogen bonded O...O distances in goethite at high pressure Sample at P = 0 GPa", American Mineralogist 88, 1423-1427
- W., Sulistyoweni, Ashadi, Henki W., Wicaksono, Andri Krisnadi (2002). "Pengaruh Unsur Unsur Kimia Korosif Terhadap Laju Korosi Tulangan Beton I. Di Dalam Air Rawa".

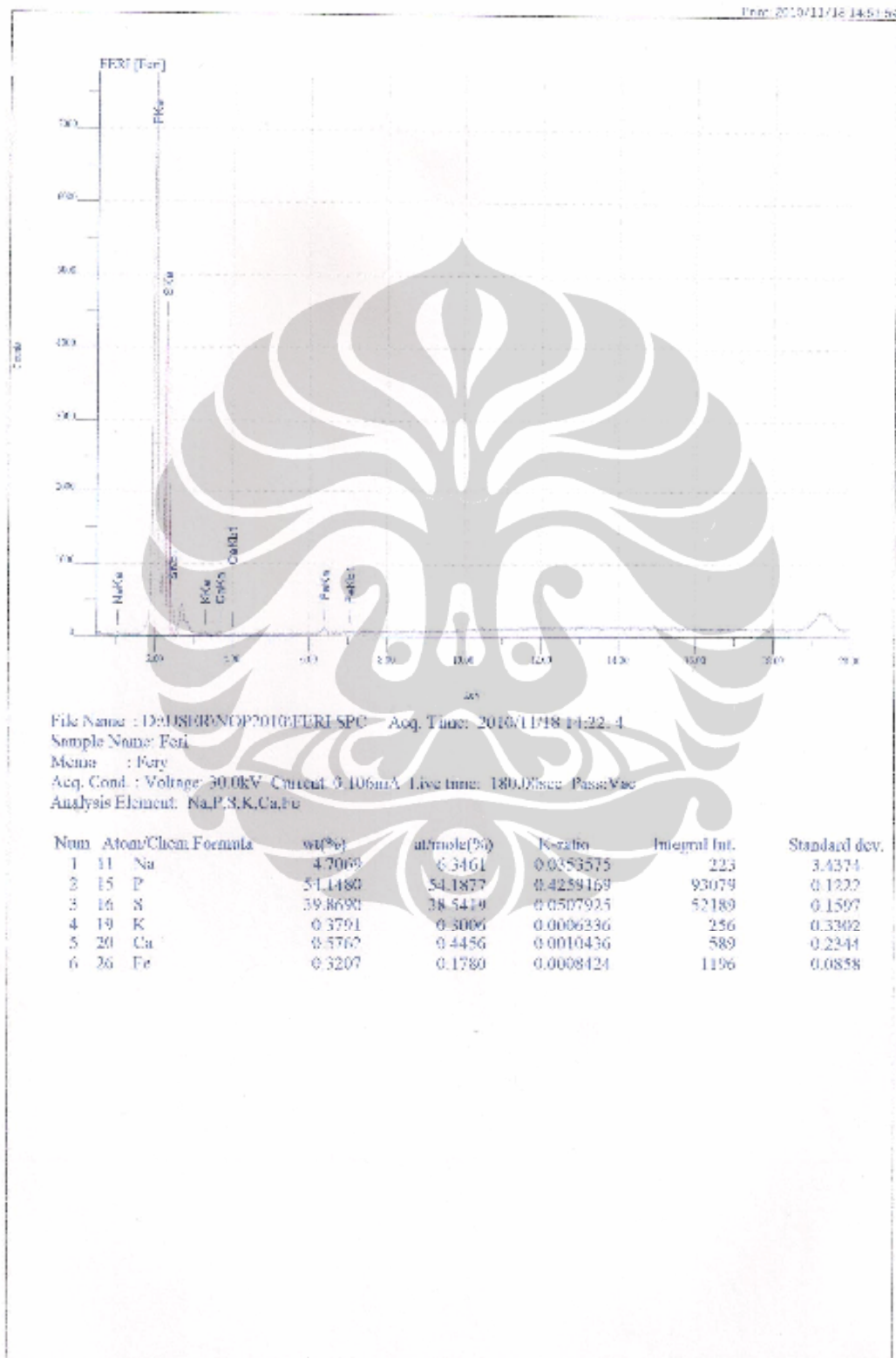
Lampiran 1. Hasil XRF Plat Besi Berkarat

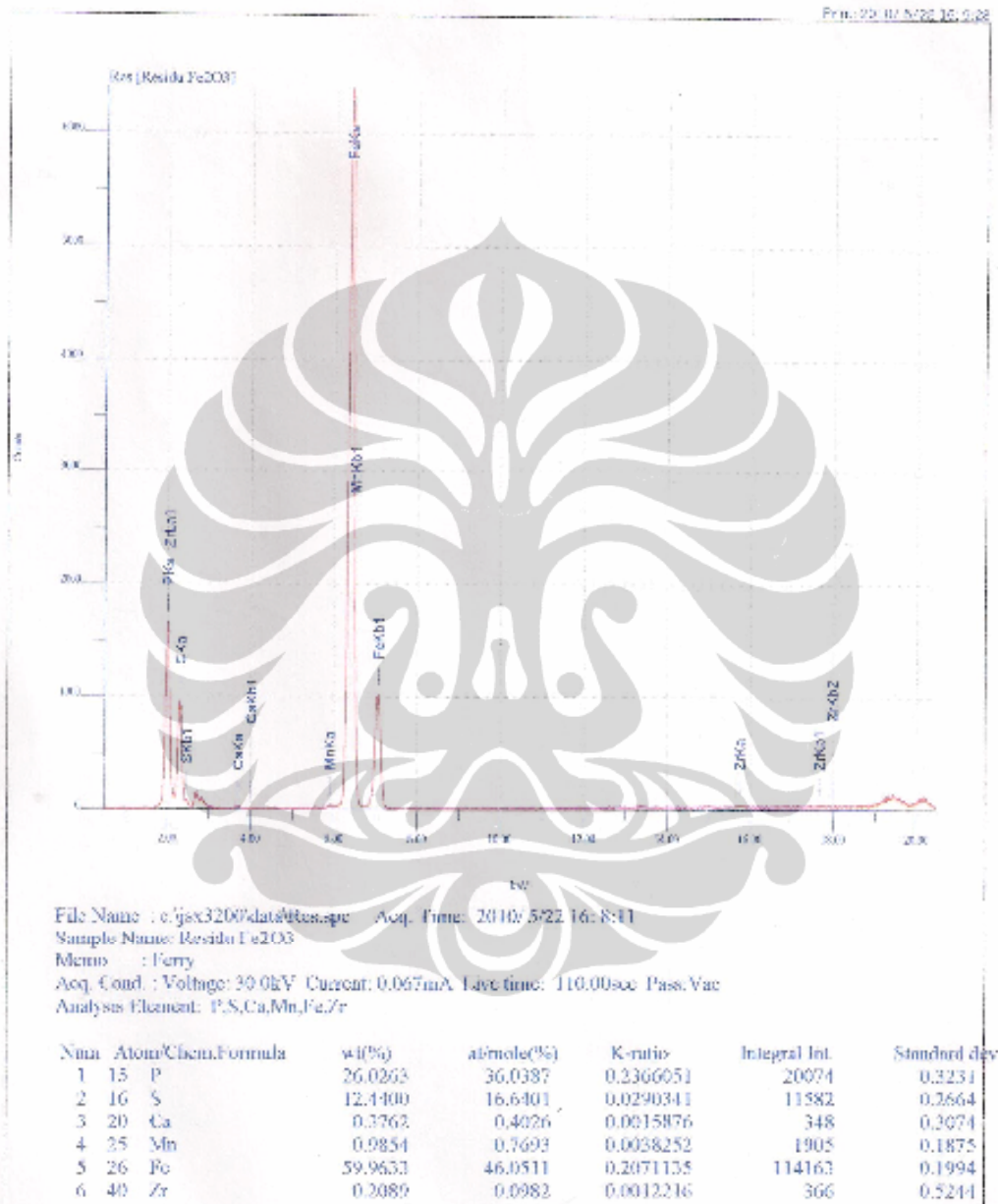


Lampiran 2. Hasil XRF Oksida Besi



Lampiran 3. Hasil XRF *Rust Remover X*



Lampiran 4. Hasil XRF *Waste Rust Remover X*

Lampiran 5. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Pelat Besi Berkarat Sebelum Direndam *Rust Remover X*

1Sampel Teroksidasi GENLES Version Win32 Jul 11 10:32:53 2010 Page 11

Restraint data statistics:
No restraints used

Powder data statistics		Fitted		-Bknd		Average	
	Bank Ndata	Sum(w*d**2)	wRp	Rp	wRp	Rp	DWd Integral
Hstgm	1 PXC	1 4247	7143.5	0.0535	0.0415	0.0528	0.0450 1.194 0.745
Powder totals		4247	7143.5	0.0535	0.0415	0.0528	0.0450 1.194

No serial correlation in fit at 90% confidence for $1.926 < DWd < 2.074$
Cycle 236 There were 4247 observations.
Total before-cycle CHI^{**2} (offset/sig) = $7.1435E+03$ ($3.2102E+01$)
Reduced CHI^{**2} = 1.700 for 46 variables

Reflection data statistics
Histogram 1 Type PXC Nobs = 351 $R(F^{**2}) = 0.1294$
After matrix normalization and Marquardt modification:
Full matrix recip. condition value & $-\log_{10} = 0.1516E-01$ 1.82

The value of the determinant is $3.0492 \times 10.0^{**(-3)}$

Atom parameters for phase no. 1
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 111.694, density: 7.894gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 2
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 1852.296, density: 5.215gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 3
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 180.252, density: 2.649gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 4
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 351.380, density: 4.179gm/cm**3

Phase/element fractions for phase no. 1

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 89.9826
Sigmas : 0.596811
Shift/esd: 0.00
Wt. Frac.: 0.31188
Sigmas : 0.142342E-02

Phase/element fractions for phase no. 2

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 4.69146
Sigmas : 0.448150E-01
Shift/esd: 0.02
Wt. Frac.: 0.26966
Sigmas : 0.188131E-02

(lanjutan)

1Sampel Teroksidasi GENLES Version Win32 Jul 11 10:33:05 2010 Page 12

Phase/element fractions for phase no. 3

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 44.7341
Sigmas : 1.40914
Shift/esd: 0.00
Wt. Frac.: 0.25022
Sigmas : 0.590978E-02

Phase/element fractions for phase no. 4

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 15.4289
Sigmas : 0.319646
Shift/esd: 0.01
Wt. Frac.: 0.16823
Sigmas : 0.289901E-02
Phase/element fraction sum(shift/error)**2 : 0.00

CPU times for matrix build 11.88 sec; matrix inversion 0.00 sec
Final variable sum((shift/esd)**2) for cycle 236: 0.00 Time: 11.88 sec

Convergence was achieved

Lampiran 6. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Pelat Besi Berkarat Setelah Diredam *Rust Remover X*

1Ferry GENLES Version Win32 May 22 12:16:28 2010 Page 6

Restraint data statistics:
No restraints used

Powder data statistics				Fitted		-Bknd		Average	
	Bank	Ndata	Sum(w*d**2)	wRp	Rp	wRp	Rp	DWd	Integral
Hstgm 1	PXC 1	3991	346.39	0.0675	0.0470	0.0843	0.0634	0.938	0.705
Powder totals		3991	346.39	0.0675	0.0470	0.0843	0.0634	0.938	

No serial correlation in fit at 90% confidence for $1.903 < DWd < 2.097$
Cycle 44 There were 3991 observations.
Total before-cycle CHI^{**2} (offset/sig) = $3.4639E+02$ ($-4.0776E+01$)
Reduced CHI^{**2} = $0.8686E-01$ for 3 variables

Reflection data statistics
Histogram 1 Type PXC Nobs = 6 $R(F^{**2}) = 0.0376$
After matrix normalization and Marquardt modification:
Full matrix recip. condition value & $-\log_{10} = 0.1789E-02$ 2.75

The value of the determinant is $7.1425 \times 10.0^{**}(-3)$

Atom parameters for phase no. 1

	frac	x	y	z	100*Uiso
100*U11	100*U22	100*U33	100*U12	100*U13	100*U23

Calculated unit cell formula weight: 111.694, density: 7.873gm/cm**3

Phase/element fractions for phase no. 1

Hist Elem:	1 1 PXC
Fraction :	214.971
Sigmas :	0.555169
Shift/esd:	0.00
Wt. Frac.:	1.00000
Sigmas :	0.983792E-10
Phase/element fraction sum(shift/error)**2 :	0.00

CPU times for matrix build 0.11 sec; matrix inversion 0.00 sec
Final variable sum((shift/esd)**2) for cycle 44: 0.00 Time: 0.11 sec

Convergence was achieved

Lampiran 7. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Oksida Besi Sebelum Direndam *Rust Remover X*

1Ferry-2 GENLES Version Win32 Jun 06 15:50:52 2010 Page 8

Restraint data statistics:
No restraints used

Powder data statistics			Fitted		-Bknd		Average				
	Bank	Ndata	Sum(w*d**2)	wRp	Rp	wRp	Rp	DWd Integral			
Hstgm	1	PXC	1	3991	4972.1	0.0516	0.0401	0.0600	0.0497	0.371	0.871
Powder totals			3991	4972.1	0.0516	0.0401	0.0600	0.0497	0.371		

No serial correlation in fit at 90% confidence for $1.903 < DWd < 2.097$
Cycle 103 There were 3991 observations.
Total before-cycle CHI^{**2} (offset/sig) = $4.9721E+03$ ($1.1032E+01$)
Reduced CHI^{**2} = 1.247 for 4 variables

Reflection data statistics
Histogram 1 Type PXC Nobs = 172 $R(F^{**2})$ = 0.2296
After matrix normalization and Marquardt modification:
Full matrix recip. condition value & $-\log_{10}$ = 0.7367 0.13

The value of the determinant is $9.7538*10.0^{**}(-1)$

Atom parameters for phase no. 1

	frac	x	y	z	100*Uiso
100*U11	100*U22	100*U33	100*U12	100*U13	100*U23

Calculated unit cell formula weight: 1852.296, density: 5.270gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 2

	frac	x	y	z	100*Uiso
100*U11	100*U22	100*U33	100*U12	100*U13	100*U23

Calculated unit cell formula weight: 351.380, density: 4.195gm/cm**3

Phase/element fractions for phase no. 1

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 8.92851
Sigmas : 0.448491E-01
Shift/esd: 0.00
Wt. Frac.: 0.77771
Sigmas : 0.868372E-03

Phase/element fractions for phase no. 2

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 13.4525
Sigmas : 0.199905
Shift/esd: 0.00
Wt. Frac.: 0.22229
Sigmas : 0.256893E-02
Phase/element fraction sum(shift/error)**2 : 0.00

CPU times for matrix build 1.22 sec; matrix inversion 0.00 sec
Final variable sum((shift/esd)**2) for cycle 103: 0.01 Time: 1.22 sec

Convergence was achieved

Lampiran 8. Hasil Keluaran Aplikasi GSAS Oksida Besi Setelah Direndam Rust Remover X

1 Ferry-3 GENLES Version Win32 Jun 06 19:07:52 2010 Page 13

Restraint data statistics:
No restraints used

Powder data statistics		Fitted		-Bknd		Average	
	Bank Ndata	Sum(w*d**2)	wRp	Rp	wRp	Rp	DWd Integral
Hstgm 1	PXC 1	3991	4926.7	0.0480	0.0384	0.0579	0.0467 0.924
Powder totals		3991	4926.7	0.0480	0.0384	0.0579	0.0467 0.462

No serial correlation in fit at 90% confidence for $1.919 < DWd < 2.081$
Cycle 205 There were 3991 observations.
Total before-cycle CHI^{**2} (offset/sig) = $4.9267E+03$ ($1.0913E+01$)
Reduced CHI^{**2} = 1.245 for 35 variables

Reflection data statistics
Histogram 1 Type PXC Nobs = 303 $R(F^{**2}) = 0.1686$
After matrix normalization and Marquardt modification:

5 Columns of the 35 Column matrix are 0.0
Full matrix recip. condition value & $-\log_{10} = 0.1388E-07$ 7.86
Variable 1BK 2 was not refined
Variable 1BK 7 was not refined
Variable 1BK14 was not refined
Variable 1BK 4 was not refined
Variable 1BK 9 was not refined

The value of the determinant is $3.5318 \times 10.0^{**}(-24)$

Atom parameters for phase no. 1
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 1852.296, density: 5.278gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 2
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
Calculated unit cell formula weight: 351.380, density: 4.229gm/cm**3

Atom parameters for phase no. 3
frac x y z 100*Uiso
100*U11 100*U22 100*U33 100*U12 100*U13 100*U23
FE (1) Values : 1.000 0.379000 0.055000 0.123000 5.878
Sigmas : 1.085
Shft/esd: 1.42
Fe4 moved 0.00A sum(shift/e.s.d)**2 : 2.00

S (2) Values : 1.000 0.000000 0.000000 0.000000 8.065
Sigmas : 3.941
Shft/esd: 3.58
S1 moved 0.00A sum(shift/e.s.d)**2 : 12.81

S (3) Values : 1.000 0.333000 0.667000 0.021000 56.154
Sigmas : 7.572
Shft/esd: 1.16
S2 moved 0.00A sum(shift/e.s.d)**2 : 1.35

1 Ferry-3 GENLES Version Win32 Jun 06 19:07:54 2010 Page 14

S (4) Values : 1.000 0.665000 -0.004000 0.250000 -9.000
Sigmas : 0.979

(lanjutan)

```

Shft/esd: -1.78
S3 moved 0.00A sum(shift/e.s.d)**2 : 3.18

Atomic parameter sum(shift/error)**2 for phase 3 : 19.34
Calculated unit cell formula weight: 1311.364, density: 5.708gm/cm**3

Phase/element fractions for phase no. 1

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 8.99451
Sigmas : 0.481707E-01
Shift/esd: 0.12
Wt. Frac.: 0.66179
Sigmas : 0.119871E-02

Phase/element fractions for phase no. 2

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 20.6946
Sigmas : 0.273726
Shift/esd: 0.23
Wt. Frac.: 0.28885
Sigmas : 0.271699E-02

Phase/element fractions for phase no. 3

Hist Elem: 1 1 PXC
Fraction : 0.947700
Sigmas : 0.00000
Shift/esd: 0.00
Wt. Frac.: 0.49366E-01
Sigmas : 0.00000
Phase/element fraction sum(shift/error)**2 : 0.07

CPU times for matrix build 2.25 sec; matrix inversion 0.00 sec
Final variable sum((shift/esd)**2) for cycle 205: 33.47 Time:
2.25 sec

```

Lampiran 9. *Technical Data Specification Rust Remover X*

Performance

- *Rapidly removes rust from ferrous metal and stainless steel.*
- *Non-corrosive, non-flammable, non-toxic*
- *Biodegradable, Contains no VOC's or HAP's*
- *Contains no solvents, acids, bases or hazardous ingredients*
- *Works at room temperature, requires no special equipment*
- *Easy and safe to use*
- *Safe on soft metals, plastic, rubber, PVC and other surfaces unharmed by water alone*
- *Inhibits rust from reforming for up to 4 weeks*
- *Will not pit or discolor un-rusted steel*
- *Patent Pending*

Directions

Pre-clean item to remove oil and dirt. Rinse item and immerse item fully in rust remover X for 20 minutes. Check progress periodically. Once rust is removed, rinse item with water. To prevent re-rusting simply dip the item back in rust remover X solution and allow to dry. Deeply rusted parts (5mm or deeper) may require overnight soaking. rust remover X can be used over and over until performance drops off. When ready to dispose of spent rust remover X, only the iron content of the solution will dictate disposal method. In most cases, it can be safely put down the drain.

Properties

<i>Appearance</i>	<i>Yellow liquid</i>
<i>Odor</i>	<i>Slight odor</i>
<i>Foam</i>	<i>Slight</i>
<i>pH @ 1%</i>	<i>6.0 – 7.1</i>
<i>Environmental Data</i>	<i>Biodegradable, Iron content dictates disposal Method</i>

Lampiran 10. Daftar Istilah

ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>
BINAP	<i>Bidentate Phosphine</i>
CDC	<i>Center for Disease Control and Prevention</i>
EDTA	<i>Ethylenediaminetetraacetic acid</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
GDP	<i>Global Distribution Partner</i>
GSAS	<i>General Structure Analysis System</i>
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
PVC	<i>PoliVinyl Chloride</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
VOC	<i>Volatile Organic Compound</i>
XRD	<i>X-Ray Diffractometer</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>