



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSTRAK DAUN KENIKIR (*COSMOS CAUDATUS*
KUNTH) SEBAGAI *GREEN CORROSION INHIBITOR* PADA
BAJA KARBON DALAM LARUTAN 0.5M H₂SO₄**

TESIS

**SARMIN
0906579563**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSTRAK DAUN KENIKIR (*COSMOS CAUDATUS*
KUNTH) SEBAGAI *GREEN CORROSION INHIBITOR* PADA
BAJA KARBON DALAM LARUTAN 0.5M H₂SO₄**

TESIS

**Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister
Teknik**

**SARMIN
0906579563**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Sarmin

NPM : 0906579563

Tanda Tangan :

Tanggal : 17 Juni 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Sarmin
NPM : 0906579563
Program Studi : Metalurgi dan Material
Judul Thesis : Studi Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos Caudatus Kunth*) sebagai *Green Corrosion Inhibitor* pada Baja Karbon dalam Larutan 0.5M H₂SO₄

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi S, DEA



(.....)

Penguji : Ir. Andi Rustandi, MT



(.....)

Penguji : Ir. Rini Riastuti, MSc



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Sutopo, MSc



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Juni 2011

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat unyuk mencapai gelar Magister Teknik, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material pada 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) Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi Soedarsono DEA, dan Ir. Andi Rustandi, MSc atas segala bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.
- (2) Orang tua, keluarga dan teman-teman saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 17 Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Sarmin

NPM : 0906579563

Program Studi : Korosi dan Proteksi

Departemen : Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik

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 :

Studi Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos Caudatus Kunth*) sebagai *Green Corrosion Inhibitor* pada Baja Karbon dalam Larutan 0.5M H₂SO₄

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 : Depok

Pada tanggal : 17 Juni 2011

Yang menyatakan



(Sarmin)

ABSTRAK

Nama : Sarmin
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Studi Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos Caudatus Kunth*) sebagai *Green Corrosion Inhibitor* pada Baja Karbon dalam Larutan 0.5M H₂SO₄

Tesis ini mempelajari mengenai pengaruh injeksi ekstrak daun kenikir sebagai green corrosion inhibitor pada baja karbon dalam larutan 0.5M H₂SO₄. Dengan pengujian *weight loss* diperlihatkan bahwa inhibitor ekstrak daun kenikir mampu menurunkan laju korosi dengan efisiensi 71.66 % pada konsentrasi inhibitor sebesar 4000 ppm. Dari pengujian polarisasi ditunjukkan bahwa inhibitor ekstrak daun kenikir menggeser kurva polarisasi ke arah anodik dan katodik (*mixed type inhibitor*), yang menunjukkan ciri utama sebagai inhibitor dari bahan organik. Pengujian dengan FTIR dan EDX memperkuat dugaan bahwa inhibitor ekstrak daun kenikir sebagai inhibitor adsorpsi / *film forming*.

Kata kunci :

Korosi, Inhibitor, Kenikir, Asam Sulfat

ABSTRACT

Name : Sarmin
Study Program : Metalurgy and Material
Judul : Study of Cosmos (*Cosmos Caudatus Kunth*) Leaf Extracts
as *Green Corrosion Inhibitor* for Carbon Steel in 0.5M
H₂SO₄

This thesis is intended to study the influences of cosmos leaf extract injection as corrosion inhibitor for carbon steel in 0.5M H₂SO₄. By weight loss analysis, it show that inhibitor from cosmos leaf extract can reduce corrosion rate with efficiency up to 71.66 % under inhibitor injection about 4000 ppm. With polarization, it is shown that inhibitor shift polarisation curves for both of anodic and cathodic polarisation (mixed type inhibitor), shows that inhibitor have characteristic as inhibitor from organic material. FTIR and EDX analysis can be concluded that inhibitor from cosmos leaf extract act inhibition by adsorption/film forming corrosion inhibitor.

Key Words :

Corrosion, Inhibitor, Cosmos, Sulfuric Acid

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Korosi.....	5
2.2 Corrosion Inhibitor.....	9
2.3 Kenikir.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Persiapan sampel.....	16
3.2 Prosedur Pengujian.....	19
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	22
4.1 Karakterisasi Sampel.....	22
4.2 Weight Loss.....	23
4.3 Uji Polarisasi.....	32
4.4 Uji FTIR.....	33
4.5 Uji SEM/EDX.....	34

BAB V PEMBAHASAN.....	37
5.1 Korosifitas Lingkungan.....	37
5.2 Unjuk Kerja Inhibitor.....	38
5.3 Mekanisme Inhibisi.....	42
BAB VI KESIMPULAN.....	47
DAFTAR REFERENSI.....	48



DAFTAR GAMBAR

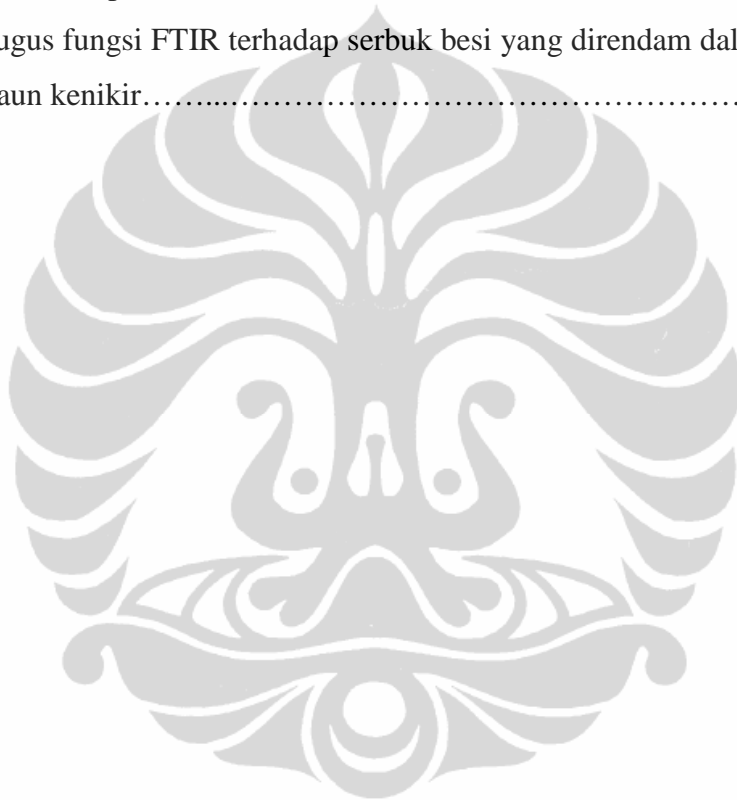
Gambar 1.1	Molekul flavonoid kuersetin.....	3
Gambar 2.1	Diagram skematik sel elektrokimia besi.....	5
Gambar 2.2	Diagram Pourbaix besi (Fe).....	7
Gambar 2.3	Contoh ilustrasi inhibitor adsorpsi.....	13
Gambar 2.3	Foto tanaman kenikir.....	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	15
Gambar 3.2	Sketsa sampel weight loss.....	17
Gambar 3.3	Skematik uji polarisasi.....	21
Gambar 4.1	Foto uji perendaman.....	23
Gambar 4.2	Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ tanpa inhibitor.....	23
Gambar 4.3	Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	24
Gambar 4.4	Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	24
Gambar 4.5	Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	24
Gambar 4.6	Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	25
Gambar 4.7	Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ tanpa inhibitor.....	25
Gambar 4.8	Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	25
Gambar 4.9	Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	26
Gambar 4.10	Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	26
Gambar 4.11	Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	26
Gambar 4.12	Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ tanpa inhibitor.....	27

Gambar 4.13	Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	27
Gambar 4.14	Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	27
Gambar 4.15	Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	28
Gambar 4.16	Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	28
Gambar 4.17	Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ tanpa inhibitor.....	28
Gambar 4.18	Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	29
Gambar 4.19	Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	29
Gambar 4.20	Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	29
Gambar 4.21	Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H ₂ SO ₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir.....	30
Gambar 4.22	Grafik laju korosi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir.....	31
Gambar 4.23	Grafik efisiensi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir.....	31
Gambar 4.24	Kurva polarisasi pada larutan H ₂ SO ₄ tanpa inhibitor.....	32
Gambar 4.25	Kurva polarisasi pada larutan H ₂ SO ₄ dengan inhibitor 4000ppm ekstrak daun kenikir.....	32
Gambar 4.26	Grafik spektrum FTIR ekstrak daun kenikir.....	33
Gambar 4.27	Grafik spektrum FTIR serbuk besi yang direndam pada ekstrak daun kenikir.....	34
Gambar 4.28	Grafik pengujian EDX terhadap sampel tanpa inhibitor	34
Gambar 4.29	Grafik pengujian EDX terhadap sampel dengan inhibitor ekstrak daun kenikir.....	34
Gambar 4.30	Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari tanpa inhibitor.....	36

Gambar 4.31 Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari dengan inhibitor 4000ppm ekstrak daun kenikir.....	36
Gambar 4.31 Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari dengan inhibitor 4000ppm ekstrak daun kenikir.....	36
Gambar 5.1 Diagram Pourbaix Fe dengan dan tanpa inhibitor	37
Gambar 5.2 Grafik laju korosi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir.....	39
Gambar 5.3 Grafik efisiensi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir.....	39
Gambar 5.4 SEM sampel perendaman 7 hari tanpa inhibitor	40
Gambar 5.5 SEM sampel perendaman 7 hari dengan inhibitor 4000ppm ekstrak daun kenikir.....	41
Gambar 5.6 SEM sampel perendaman 7 hari dengan inhibitor 6000ppm ekstrak daun kenikir.....	41
Gambar 5.7 Kurva polarisasi baja karbon dalam 0.5M H ₂ SO ₄ dengan dan tanpa inhibitor.....	42
Gambar 5.8 Grafik spektrum FTIR ekstrak daun kenikir	43
Gambar 5.9 Grafik spektrum FTIR serbuk besi yang direndam pada ekstrak daun kenikir.....	44
Gambar 5.10 Grafik pengujian EDX tanpa inhibitor	45
Gambar 5.11 Grafik pengujian EDX dengan inhibitor ekstrak daun kenikir.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Komposisi campuran ekstrak daun kenikir dan H ₂ SO ₄	18
Tabel 4.1	Komposisi kimia sampel baja karbon.....	22
Tabel 4.2	Tabel pH, TDS dan kandungan O ₂	22
Tabel 4.3	Data perhitungan laju korosi (<i>weight loss</i>).....	30
Tabel 4.4	Parameter polarisasi.....	33
Tabel 5.1	Parameter polarisasi.....	43
Tabel 5.2	Gugus fungsi FTIR terhadap serbuk besi yang direndam dalam ekstrak daun kenikir.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LAPORAN PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA

LAMPIRAN 2 POLARISASI

LAMPIRAN 3 FTIR

LAMPIRAN 4 EDX



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Larutan asam sangat lazim digunakan dalam dunia industri. Diantaranya adalah untuk *acid pickling*, *acid cleaning*, *acid descaling* dan juga *oil-well acidizing*[1]. Ketika larutan asam bertemu dengan baja karbon, korosi yang berat bisa terjadi. Korosi dapat didefinisikan sebagai degradasi material atau sifatnya oleh reaksi elektrokimia ketika berinteraksi dengan lingkungannya. Untuk korosi dapat terjadi, ada tiga elemen dasar yang harus ada, yaitu elektrolit, anoda dan katoda[2, 3].

Salah satu cara untuk mengontrol dan mencegah korosi adalah dengan *corrosion inhibitor*, dimana dengan penambahan zat kimia tertentu dalam jumlah yang sedikit ke dalam lingkungan dapat mengurangi agresifitas lingkungan atau menurunkan laju korosi. Inhibitor bekerja dengan penyerapan ion atau molekul ke dalam permukaan logam. Mereka mengurangi laju korosi dengan menaikkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik, mengurangi laju difusi reaktan ke dalam permukaan logam atau mengurangi tahanan listrik dari permukaan logam.

Seiring dengan menguatnya permasalahan lingkungan, penelitian banyak ditujukan kepada aplikasi inhibitor yang ramah lingkungan. Inhibitor berbasis kromat mulai ditinggalkan karena bersifat racun dan karsinogen. Banyak *corrosion inhibitor* alternatif dikembangkan untuk mengurangi pengaruh buruk terhadap manusia, hewan dan lingkungan pada umumnya. Penggunaan inhibitor yang ramah lingkungan bervariasi dari penggunaan logam jarang seperti lanthanum dan cerium [4] sampai kepada senyawa organik seperti amin. Lebih jauh lagi, pemanfaatan *green inhibitor* dari bahan herbal [5] seperti madu marak dikembangkan[6].

Penelitian yang dilakukan oleh Khamis[7] telah membuktikan bahwa bahan herbal merupakan jenis baru *corrosion inhibitor* yang bekerja pada baja pada korosi asam. Dia telah meneliti berbagai rempah-rempah semacam ketumbar, seledri ataupun jintan hitam. Von Fraunhofer[8] juga telah melakukan penelitian ekstrak tembakau sebagai *corrosion inhibitor*. Beberapa tumbuhan lain

yang mudah dibuat ekstrak seperti tumbuhan pacar (*Henna*) [9], lada hitam[10] ataupun kemangi[11] telah pula diteliti.

Teh hijau dengan polifenolnya juga telah dilakukan penelitian sebagai inhibitor[12]. Demikian juga dengan lidah buaya yang mampu menghibisi seng pada larutan HCl[13]. Ekstrak daun persik (*Nuclea latifolia*) dan salam koja (*Murraya koenigii*) juga efektif menghibisi baja dalam H₂SO₄ [14, 15]. R. Saratha [16] telah melakukan penelitian tentang inhibisi korosi baja karbon dalam 1M H₂SO₄ dengan menggunakan ekstrak daun srigading (*night jasmine*). Dengan metode *weight loss* dan studi polarisasi, diketahui bahwa ekstrak daun srigading merupakan inhibitor yang baik yang berperilaku sebagai *mixed type inhibitor* dengan efisiensi mencapai 90%. Dinyatakan bahwa daun srigading mengandung *tannic acid* dan *flavonoid polifenol*.

Di sekitar kita, banyak tanaman yang secara tradisional banyak diyakini berkhasiat sebagai antioksidan alami. Salah satunya adalah daun kenikir yang banyak dimanfaatkan sebagai lalapan. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh CRCC Fakultas Farmasi UGM, dinyatakan bahwa ekstrak metanolik daun kenikir banyak mengandung *flavonoid* dan *glikosida kuersetin*[17]. Dengan kandungan kimianya, diharapkan ekstrak daun kenikir (*Cosmos caudatus Kunth*) bisa juga digunakan sebagai *acidic corrosion inhibitor*. Untuk itu, penelitian lebih lanjut mengenai hal ini perlu dilakukan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Penelitian kali ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh ekstrak daun kenikir sebagai inhibitor pada lingkungan asam sebagai berikut:

1. Laju korosi baja karbon dalam 0.5M H₂SO₄ tanpa inhibitor.
2. Laju korosi baja karbon dalam 0.5M H₂SO₄ dengan inhibitor ekstrak daun kenikir.

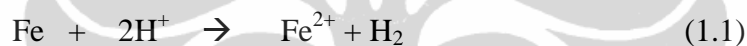
1.3 TUJUAN PENELITIAN

Dari penelitian kali ini dimaksudkan untuk mempelajari mekanisme dan morfologi korosi dari ekstrak daun kenikir sebagai inhibitor dalam 0.5M H₂SO₄ dengan tujuan :

1. Mengetahui laju korosi dan morfologi produk korosi baja karbon dalam larutan H₂SO₄.
2. Mengetahui efisiensi ekstrak daun kenikir sebagai *corrosion inhibitor* pada larutan H₂SO₄ beserta morfologi produk korosinya.
3. Mengetahui mekanisme inhibisi ekstrak daun kenikir.

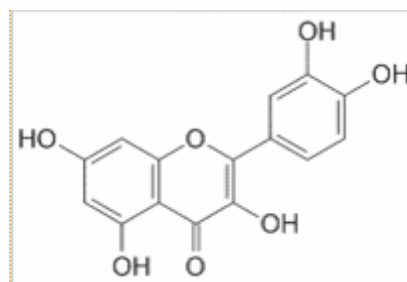
1.4 HIPOTESIS

Acid corrosion adalah korosi material pada lingkungan asam, sebagian besar material logam akan terkorosi pada lingkungan yang asam. Baja karbon sebagai salah satu material teknik sangat rentan terhadap korosi pada lingkungan asam. Besi sebagai komponen utama bereaksi dengan ion – ion hidrogen membentuk ion – ion besi disertai pembentukan gas H₂ dengan mekanisme reaksi seperti berikut.



Selama proses reaksi ini ion – ion besi terlarut kedalam larutan dan mengakibatkan kehilangan berat (*weight loss*) pada besi. Laju korosi material dalam lingkungan asam dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya, konsentrasi atau pH larutan asam, temperatur dan jenis *corrosion inhibitor*.

Corrosion inhibitor dari senyawa organik umumnya bekerja dengan mekanisme absorpsi dari molekul dan ion pada permukaan logam. Senyawa organik yang mempunyai unsur P, Se, S, N dan O memperlihatkan inhibisi dengan efisiensi yang baik [2, 5]. Sesuai dengan penelitian dari CRCC Fakultas Farmasi UGM, ekstrak daun kenikir mengandung senyawa flavonoid dan glikosida kuersetin[17]. Struktur molekul flavonoid kuersetin bisa digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.1 Molekul flavonoid kuersetin [17]

Heteroatom O dari flavonoid kuersetin diharapkan memungkinkan terjadinya adsorpsi yang menjadi ciri umum *corrosion inhibitor* dari senyawa organik.

1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan diatas maka penelitian kali dilakukan pada larutan H₂SO₄ dengan bahan uji baja karbon dan dibatasi pada:

1. Tekanan operasi selama percobaan dianggap konstan pada tekanan atmosferik (1 atm).
2. Temperatur percobaan dianggap konstan pada temperature ruang.
3. Konsentrasi H₂SO₄ 0.5 Molar.
4. Konsentrasi ekstrak daun kenikir bervariasi dari 0, 1000, 2000, 4000, dan 6000 ppm.
5. Variabel waktu perendaman adalah 3 hari, 7 hari, 11 hari dan 13 hari.
6. Laju korosi diukur berdasarkan *weight loss* pada kupon.
7. Morfologi korosi permukaan logam diamati dengan SEM.
8. Mekanisme inhibisi diamati dengan polarisasi, FTIR dan EDX.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

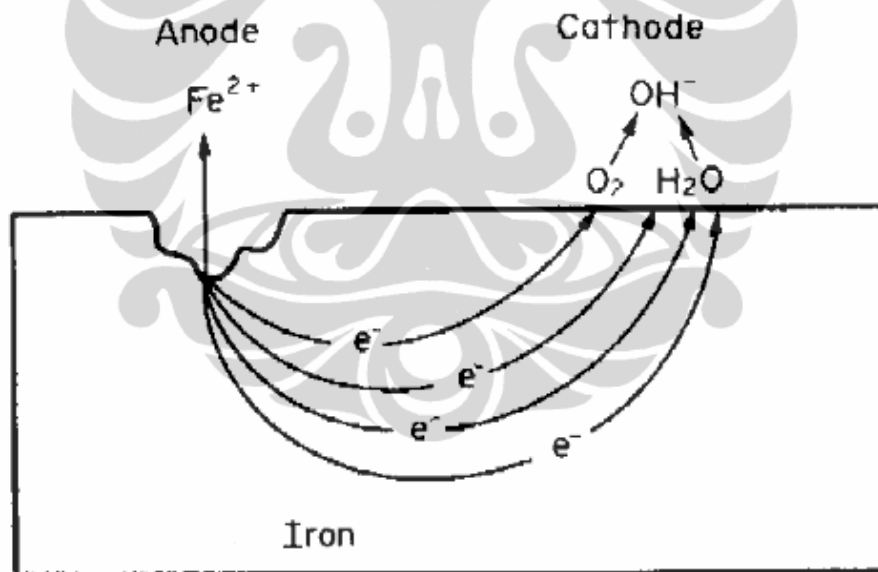
2.1 KOROSI

2.1.1 Definisi Korosi

Korosi dapat didefinisikan sebagai degradasi material atau sifatnya oleh reaksi elektrokimia ketika berinteraksi dengan lingkungannya [2,3]. Korosi mengembalikan logam kepada kondisi yang sama atau bahkan identik dengan mineral dimana logam diekstraksi. Oleh karenanya, korosi juga sering disebut dengan metalurgi ekstraksi terbalik[18].

Untuk korosi dapat terjadi, ada tiga elemen dasar yang harus terpenuhi [2]:

- Elektrolit, yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik
- Anoda, yaitu material/logam mengalami oksidasi (logam yang terkorosi)
- Katoda, bagian logam mengalami reduksi (logam yang tidak terkorosi)



Gambar 2.1 Diagram skematik sel elektrokimia besi[3]

2.1.2 Reaksi Anodik [2]

Anoda adalah sisi logam yang terkorosi dimana desolusi logam berlangsung. Logam terdesolusi dan memindahkan ion logam ke dalam larutan. Atom bermuatan positif terlepas dari permukaan dan masuk ke dalam elektrolit

sebagai ion. Elektron sebagai arus listrik mengalir ke katoda yang akan mengkonsumsi elektron. Proses ini dikenal sebagai proses oksidasi.

Reaksi anodik pada logam secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :



Sebagai contoh logam besi (Fe), reaksi anodik akan berlangsung seperti :



2.1.3 Reaksi Katodik[2]

Elektron mencapai katoda melalui logam. Reaksi katodik adalah reaksi yang mengkonsumsi elektron sehingga disebut juga sebagai proses reduksi. Sebagai contoh, ion H^{+} yang terdapat pada elektrolit asam akan membentuk gas hidrogen.

Bentuk reaksi katodik yang mungkin terjadi pada korosi sebagai berikut :

- a. Evolusi hidrogen pada lingkungan asam



- b. Reduksi oksigen pada lingkungan asam



- c. Reduksi oksigen pada lingkungan netral dan alkalin



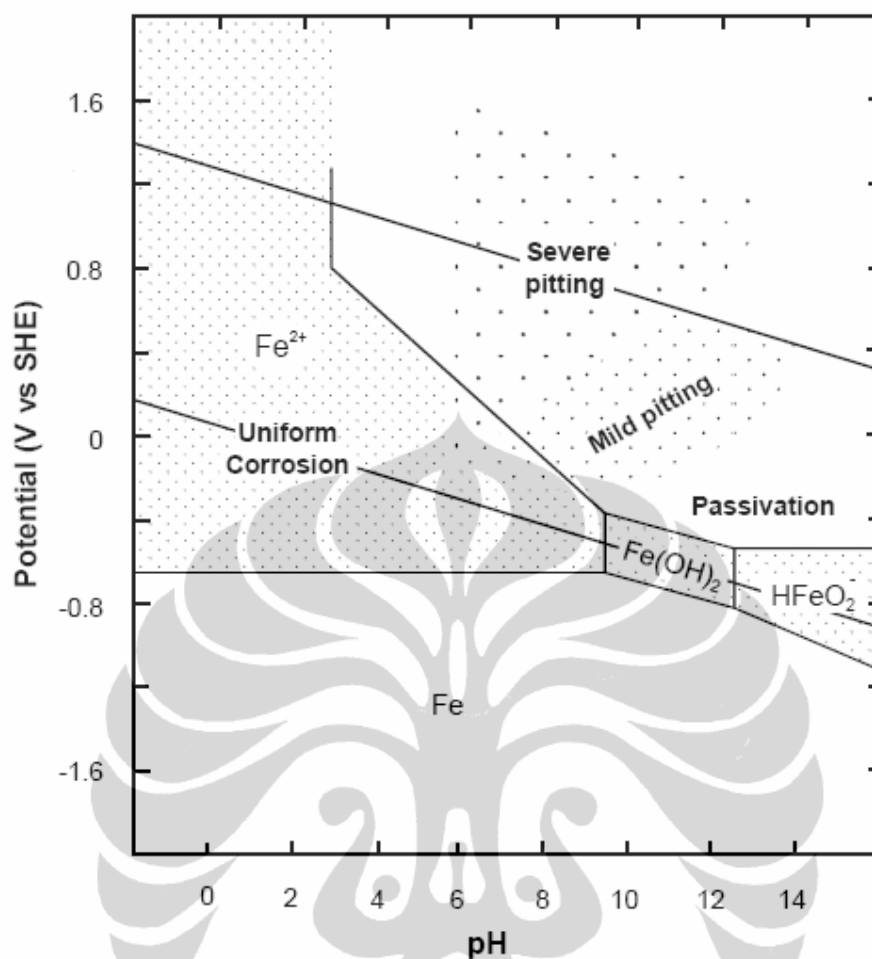
- d. Reduksi ion logam



2.1.4 Diagram Pourbaix [18]

Diagram potensial/pH atau sering disebut sebagai diagram Pourbaix bisa dianggap sebagai peta yang menunjukkan kondisi potensial (*oxidizing power*) dan pH (keasaman ataupun kebasaan) untuk berbagai kemungkinan fase stabil dalam sistem elektrokimia. Garis batas diagram membagi area kestabilan untuk fase yang berbeda yang diturunkan dari persamaan Nerst. Diagram Pourbaix dapat digunakan untuk memperkirakan apakah logam akan berada dalam kondisi terkorosi, imun ataupun dalam kondisi pasif. Namun, prediksi tentang laju korosi tidak dapat dilakukan dengan diagram Pourbaix ini.

Diagram Pourbaix logam besi (Fe) dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.2 Diagram Pourbaix besi (Fe)[2]

2.1.5 Bentuk-Bentuk Korosi [19]

a. Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*)

Korosi seragam merupakan bentuk korosi yang paling umum. Korosi seragam dicirikan dengan reaksi kimia atau elektrokimia yang berlangsung seragam pada seluruh permukaan yang terpapar. Logam menjadi menipis dan pada saatnya akan mengalami kegagalan. Korosi seragam dapat dicegah dengan cara pemilihan material yang baik, *coating*, inhibitor dan proteksi katodik.

b. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

Perbedaan potensial biasanya terjadi antara dua logam berbeda ketika berada pada lingkungan korosif atau konduktif. Jika logam-logam ini diletakkan bersentuhan atau terhubung secara elektrik, perbedaan potensial menghasilkan

aliran elektron. Korosi pada material yang lebih kecil ketahanan korosinya akan meningkat, sementara korosi pada material yang lebih tahan akan berkurang jika dibandingkan dengan masing-masing logam jika keduanya tidak terhubung. Material yang lebih rendah ketahanan korosinya menjadi anoda dan material yang lebih besar ketahanan korosinya menjadi katoda. Umumnya logam katodik hanya sedikit terkorosi atau bahkan tidak terkorosi.

c. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi celah merupakan korosi lokal yang terjadi pada celah dan area penutup lainnya pada permukaan logam yang terpapar pada media korosif. Bentuk korosi ini biasanya diikuti dengan sejumlah kecil larutan yang diam yang disebabkan oleh lubang, permukaan gasket, sambungan *lap joint*, permukaan deposit serta celah antara baut dan kepala *rivet*. Sehingga bentuk korosi ini disebut dengan korosi celah.

d. Korosi Sumur (*Pitting*)

Pitting adalah bentuk korosi lokal ekstrim yang menghasilkan lubang pada logam. Lubang *pit* bisa berdiameter besar atau kecil namun umumnya lubangnya relatif kecil. *Pitting* bisa menyendiri atau saling berdekatan sehingga kelihatan seperti permukaan kasar. Umumnya *pitting* digambarkan sebagai rongga atau lubang dengan diameter lubang kira-kira lebih kecil dan atau sama dengan kedalamannya. *Pitting* merupakan salah satu bentuk korosi merusak karena susah untuk dideteksi, bentuk korosi lokal dan sering menyebabkan kegagalan yang katastrofik. Contoh kasus kegagalan *pitting* adalah *pitting* pada baja tahan karat yang disebabkan oleh klorida dan kandungan ion Cl.

e. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

Intergranular corrosion merupakan bentuk korosi lokal yang terjadi pada dan atau dekat dengan batas butir dengan relatif sedikit korosi pada butir sehingga paduan logam rusak atau kehilangan kekuatannya. Korosi batas butir dapat disebabkan oleh impuritas pada batas butir, pengayaan salah satu unsur paduan dan kehilangan salah satu unsur paduan pada daerah batas butir. Contoh kasus

adalah fenomena sensitisasi pada baja tahan karat dimana terjadi penipisan unsur Cr pada area batas butir sehingga rawan terjadi *intergranular corrosion*.

f. *Selective Leaching*

Selective leaching merupakan penghilangan salah satu unsur dari paduan solid oleh proses korosi. Contoh kasus yang paling umum adalah penghilangan selektif dari seng (Zn) dalam paduan kuningan yang disebut dengan *dezincification*.

g. *Korosi Erosi (Erosion-Corrosion)*

Erosion-corrosion merupakan percepatan atau peningkatan laju deteriorasi atau serangan logam oleh pergerakan relatif antara fluida korosif dan permukaan logam. Umumnya melibatkan pergerakan yang cepat dan efek keausan atau abrasi. Logam hilang dari permukaan sebagai ion terlarut atau membentuk produk korosi solid yang secara mekanis menyapu permukaan logam. Korosi erosi dicirikan dengan ditemukannya alur (*groove*), bentuk selokan, bentuk gelombang, lubang melingkar dan lembah yang menunjukkan pola arah.

h. *Stress Corrosion Cracking (SSC)*

SSC mengacu kepada terjadinya *cracking* yang disebabkan oleh keberadaan yang simultan antara logam yang rawan, tegangan tarik dan media tertentu yang korosif. Morfologi retakan dapat terjadi dengan menyusuri batas butir (*intergranular*) ataupun membelah batas butir (*transgranular*). Tidak semua kombinasi logam-lingkungan rawan terjadi SSC. Sebagai contoh, *stainless steel* rawan terjadi retakan pada lingkungan klorida tapi tidak pada lingkungan amonia sedangkan kuningan rawan retak pada lingkungan amonia tapi tidak pada lingkungan klorida. *Stainless steel* tidak rawan terjadi retakan pada asam sulfat, asam nitrat dan asam asetat tapi rawan terhadap klorida dan kaustik.

2.2 *CORROSION INHIBITOR* [2]

Salah satu cara untuk mengontrol dan mencegah korosi adalah dengan *corrosion inhibitor*, dimana dengan penambahan zat kimia tertentu dalam jumlah

yang sedikit ke dalam lingkungan dapat mengurangi agresifitas lingkungan atau menurunkan laju korosi. Inhibitor bekerja dengan penyerapan ion atau molekul ke dalam permukaan logam. Mereka mengurangi laju korosi dengan menaikkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik, mengurangi laju difusi reaktan ke dalam permukaan logam atau mengurangi tahanan listrik dari permukaan logam.

2.2.1 Tipe Inhibitor

a. Volatile Inhibitor

Disebut juga dengan *vapour phase inhibitor*. Proses korosi juga bisa terjadi pada lingkungan uap, sehingga inhibitor berfase uap juga diperlukan. Ketika molekul inhibitor dalam uap bertemu dengan permukaan logam, adsorpsi inhibitor akan terjadi sehingga terbentuk lapisan pelindung. Sebagai contoh adalah inhibitor dari gugus amin dan nitrit.

b. Inhibitor Anodik (Pasifasi)

Inhibitor pasifasi merupakan tipe inhibitor anodik yang menyebabkan pergeseran kurva anodik dari kurva polarisasi. Jenis ini mempunyai kemampuan untuk mempasifasi permukaan logam. Kemampuan mempasifasi logam dalam media tanpa oksigen disebut dengan *oxidizing anion*, misalkan kromat, nitrit dan nitrat. *Non oxidizing anion* seperti pospat, tungstate dan molibdat memerlukan oksigen untuk mempasifasi.

Jenis inhibitor ini banyak digunakan dan mempunyai efisiensi yang tinggi. Namun, konsentrasi inhibitor harus selalu dijaga di atas konsentrasi minimum. Jika konsentrasi berada di bawah konsentrasi minimum, logam dapat mengalami korosi lokal seperti halnya *pitting*.

c. Inhibitor Presipitat

Inhibitor jenis ini umumnya mampu membentuk lapisan film seperti halnya silikat dan fosfat. Inhibitor ini efektif membatasi reaksi anodik dan katodik. Mereka membentuk endapan pada permukaan logam dan membentuk *protective barrier*. Efisiensi inhibitor ini tergantung kepada nilai pH dan indeks saturasi.

d. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik mengurangi laju reaksi katodik seperti reduksi oksigen pada lingkungan netral ataupun evolusi hidrogen pada lingkungan asam. Mekanisme inhibisi inhibitor katodik melalui cara sebagai berikut :

- Racun katodik dimana proses reduksi katodik ditekan misalnya dengan menghalangi penggabungan hidrogen. Namun hal ini meningkatkan resiko terjadinya *hydrogen induced cracking* (HIC). Contoh inhibitor katodik adalah arsenic dan antimony.
- Endapan katodik, misalnya kalsium dan magnesium yang dapat mengendapkan oksida membentuk *protective layer* yang berfungsi sebagai *barrier* pada permukaan logam.
- *Oxygen Scavenger*, misalnya hidrazin dan sulfit yang dapat mengurangi kandungan oksigen dalam sistem untuk mengurangi laju korosi.

e. Inhibitor Organik

Inhibitor ini umumnya merupakan inhibitor *film forming* yang dapat membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan logam untuk mencegah pelarutan logam. Efisiensi inhibitor tergantung pada komposisi kimia dan struktur molekul dalam hubungannya dengan afinitas terhadap logam. Contoh inhibitor organik adalah sulfonat, fosfonat dan inhibitor dari gugus amin.

f. Inhibitor Inorganik

Inhibitor jenis ini mengurangi laju korosi anion negatif yang dibawanya. Yang lazim digunakan adalah inhibitor garam kristalin seperti sodium kromat dan molibdat.

g. Inhibitor Campuran

Dalam prakteknya, inhibitor jarang digunakan sebagai senyawa tunggal. Formulasi inhibitor dapat melalui pencampuran dua atau lebih inhibitor yang mempunyai karakteristik yang berbeda.

2.2.2 Green Inhibitor

Seiring dengan menguatnya permasalahan lingkungan, penelitian banyak ditujukan kepada aplikasi inhibitor yang ramah lingkungan. Inhibitor yang bersifat racun mulai ditinggalkan. Inhibitor berbasis nitrit mempunyai daya inhibisi yang baik namun penggunaannya berangsur-angsur berkurang karena sifatnya yang beracun. Nitrit mempunyai kecenderungan untuk meracuni hemoglobin jika terserap ke dalam aliran darah. Demikian juga dengan inhibitor berbasis kromat yang mulai ditinggalkan. Inhibitor berbasis kromat sangat stabil pada berbagai sistem namun bersifat racun dan karsinogen[6].

Banyak *corrosion inhibitor* alternatif dikembangkan untuk mengurangi pengaruh buruk terhadap manusia, hewan dan lingkungan pada umumnya. Penggunaan inhibitor yang ramah lingkungan bervariasi dari penggunaan logam jarang seperti lanthanum dan cerium[4] sampai kepada senyawa organik seperti amin. Lebih jauh lagi, pemanfaatan *green inhibitor* dari bahan herbal marak dikembangkan[5].

Corrosion inhibitor dari senyawa organik umumnya bekerja dengan mekanisme adsorpsi dari molekul dan ion pada permukaan logam. Adsorpsi dapat melalui cara sebagai berikut [20]:

- Physisorpsi karena gaya elektrostatis antara ion yang menghibisi atau dipole dan muatan listrik dari permukaan logam
- Chemisorpsi karena interaksi pasangan elektron yang tidak berpasangan dengan logam untuk membentuk ikatan. Hal ini berlangsung ketika ada heteroatom seperti P, Se, S, N dan O ada dengan pasangan elektron sendiri dan atau cincin aromatik dalam molekul adsorpsi
- Kombinasi dari keduanya

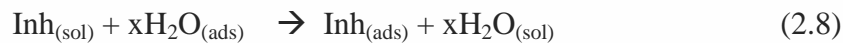
Berdasarkan definisinya, *corrosion inhibitor* adalah senyawa kimia yang ketika ditambahkan dalam jumlah sedikit kedalam lingkungan korosif mampu menurunkan laju korosi [2, 3], sehingga efektivitas *corrosion inhibitor* dapat diukur berdasarkan kemampuannya menurunkan laju korosi melalui persamaan:

$$\text{Efisiensi inhibitor (\%)} = 100 \frac{(CR_{\text{uninhibited}} - RC_{\text{inhibited}})}{CR_{\text{uninhibited}}} \quad (2.7)$$

$CR_{\text{uninhibited}}$: laju korosi tanpa inhibitor

$CR_{\text{inhibited}}$: laju korosi dengan inhibitor

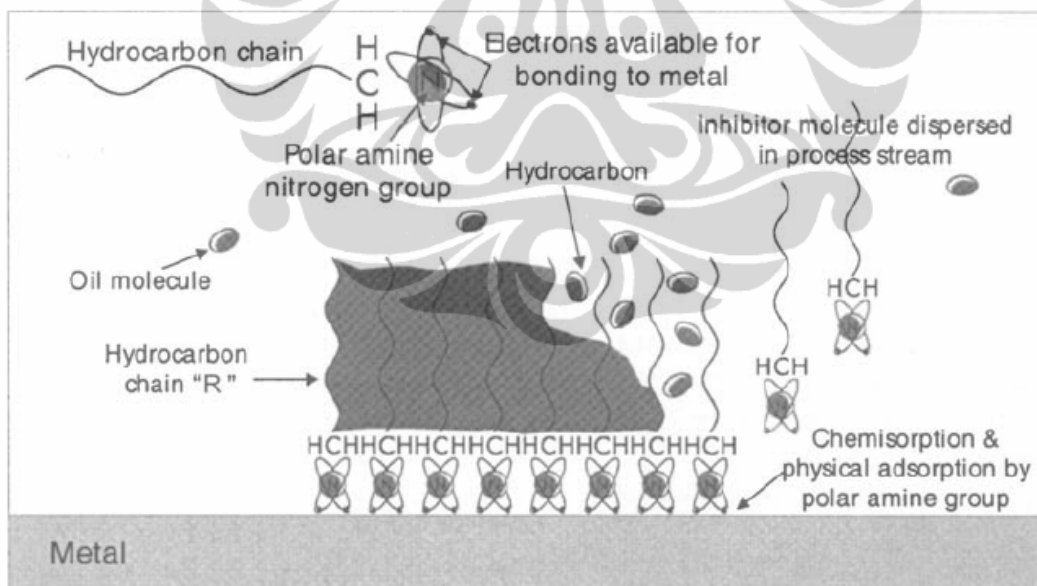
Mekanisme adsorpsi *organic corrosion inhibitor* pada permukaan logam diawali dengan penggeseran molekul – molekul air yang teradsorpsi pada permukaan logam oleh molekul – molekul inhibitor[21]. Hal ini dipengaruhi oleh tegangan permukaan air yang lebih tinggi dibandingkan inhibitor sehingga daya tarik permukaan metal terhadap inhibitor akan lebih tinggi dibandingkan dengan air (larutan H_2SO_4) yang korosif, dengan mekanisme proses sebagai berikut:



Selanjutnya inhibitor berikatan dengan ion – ion Fe^{2+} yang terbentuk pada permukaan logam membentuk senyawa kompleks logam-inhibitor.



Senyawa kompleks inilah yang diharapkan mampu menahan dan membatasi interaksi langsung dari logam dengan larutan korosi sehingga performa inhibisi sangat dipengaruhi oleh pembentukan dan stabilitas lapisan senyawa kompleks ini.



Gambar 2.3 Contoh ilustrasi inhibitor adsorpsi [22]

2.3 KENIKIR[23]

Kenikir (*Cosmos caudatus Kunth*) berasal dari Amerika Latin, tetapi tumbuh liar dan mudah didapati di Florida, Amerika Serikat, serta di Indonesia

dan negara-negara Asia Tenggara lainnya. Kenikir adalah anggota dari *Asteraceae*. Daun kenikir banyak dimanfaatkan sebagai lalapan dan pecel. Tanaman kenikir memiliki bunga berwarna merah, jingga, atau kuning dan sering dijumpai sebagai pengganti pagar tanaman.



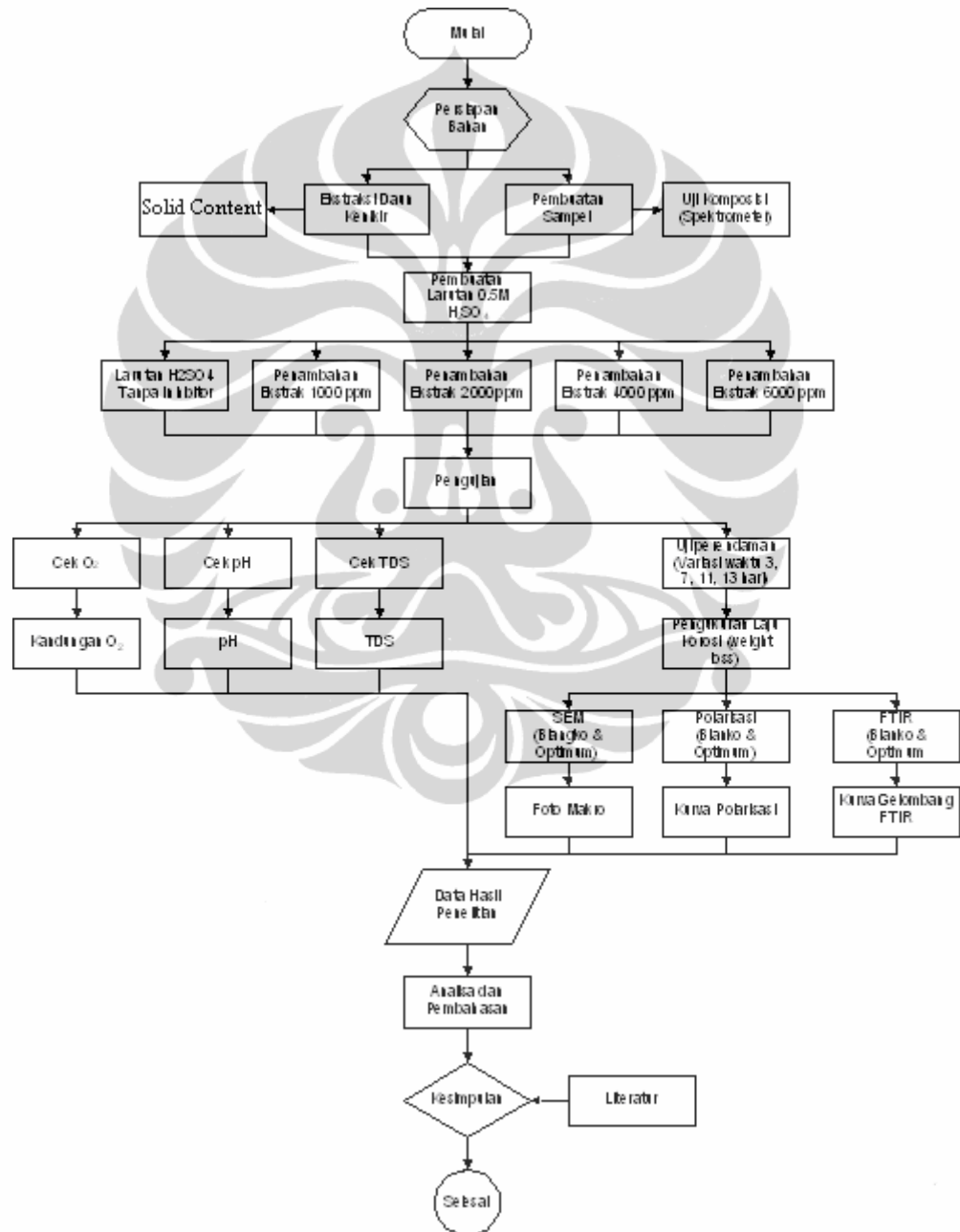
Gambar 2.3 Foto tanaman kenikir [23]

Herbal ini berkhasiat sebagai obat lemah lambung, penguat tulang dan penambah nafsu makan. Daun kenikir mengandung 3 persen protein, 0,4 persen lemak dan karbohidrat serta kaya dengan kalsium dan vitamin A. Tanaman ini juga mengandung saponin, flavonoida polifenol dan minyak atsiri.

Manfaat lain kenikir yakni mengandung zat antioksidan untuk menangkal radikal bebas. Radikal bebas dipercaya memicu banyak penyakit karena faktor lingkungan, seperti kanker dan jantung. Bahan-bahan antioksidan yang utama disebabkan oleh kehadiran proantosianidin sebagai *dimer*, melalui heksamer, kuersetin glikosida, asam klorogenik, asam neoklorogenik, dan asam kriptoklorogenik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian kali ini akan dilakukan di laboratorium korosi pada jurusan Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia dengan variabel yang akan dipergunakan adalah konsentrasi ekstrak daun kenikir. Adapun urutan penelitian dapat dilihat pada diagram alir yang ada pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.1 PERSIAPAN SAMPEL

3.1.1 Prosedur Ekstraksi

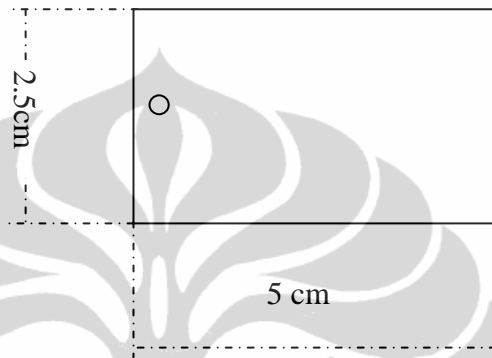
- a. Daun kenikir dibersihkan dan dijemur
- b. Setelah kering, diblender dan diayak
- c. Serbuk kering kemudian diekstrak dengan penyari metanol menggunakan alat *Soxhlet*.
- d. Sampel hasil ekstraksi daun kenikir dikarakterisasi kandungan padatan dengan pengujian *solid content*.

3.1.1 Prosedur Persiapan Sampel Logam

Prosedur Persiapan Sampel, mengacu pada ASTM G1 – 03, “*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*”[24].

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Material yang akan di uji (*carbon steel*, ketebalan 3 mm)
 2. Mesin potong
 3. Mesin dan kertas amplas dengan kekerasan 600, 800, 1000 dan 1200.
 4. Mesin bor 3 mm
 5. Stensil
 6. Neraca analitik
- b. Prosedur persiapan sampel
 1. Potong plat baja carbon dengan ukuran 5 x 2.5 cm untuk sampel uji *weight loss*.
 2. Untuk sampel polarisasi, potong baja karbon bentuk lingkaran dengan diameter 10 mm.
 3. Buat lubang pada ujung plat dengan mata bor 3 mm untuk sampel uji *weight loss*.
 4. Bersihkan kotoran – kotoran minyak, lemak dan *grease* yang menempel pada plat dengan menggunakan degreaser atau *alkali cleaning*.
 5. Bersihkan karat yang terdapat pada permukaan plat dengan merendam didalam HCl 33% pada temperature 20 -30 °C selama 1 – 3 menit

6. Haluskan permukaan plat dengan amplas ukuran 600, 800, 1000 dan 1200 mesh hingga permukaan plat benar – benar halus.
7. Bilas plat dengan aquades hingga bersih dan keringkan dengan udara panas.
8. Tandai plat uji *weight loss* dengan stensil dan kemudian simpan didalam desikator.



Gambar 3.2. Sketsa sampel *weight loss*

9. Uji komposisi material dengan spektrometer.

3.1.3 Prosedur Pembuatan Larutan H_2SO_4 0.5 M

a. Perlatan dan bahan

1. H_2SO_4 98% PA grade
2. Labu takar 1000 ml
3. Pipette volume
4. Beaker glass 1000 ml
5. Aquades
6. Bola hisap
7. Prosedur pembuatan larutan
8. Siapkan labu takar yang bersih dan kering
9. Siapkan 950 ml aquades dalam *beaker glass*
10. Tuang sebagian air kedalam labu takar
11. Pipet 50 ml H_2SO_4 dan tuangkan kedalam labu takar yang telah diisi aquades

12. Tuangkan sisa aquades kedalam labu takar hingga ke garis batas
 13. Tutup labu takar dan kocok agar larutan homogen.
- b. Penambahan ekstrak daun kenikir dalam larutan H₂SO₄ 0.5 M
1. Peralatan dan bahan yang diperlukan
 2. Larutan H₂SO₄ 0.5 M
 3. Larutan ekstrak daun kenikir
 4. Gelas ukur
 5. Beaker glass
 6. Toples plastik
 7. Neraca analitik
 8. Magnetic stirrer
 9. Prosedur pelarutan (pencampuran)
 10. Tuangkan H₂SO₄ 0.5 M kedalam *beaker glass*
 11. Tambahkan ekstrak daun kenikir dengan komposisi bervariasi
 12. Aduk larutan selama 5 menit dengan cara manual ataupun menggunakan *magnetic stirrer*
 13. Komposisi larutan diperlihatkan pada Table 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi campuran ekstrak daun kenikir dan H₂SO₄

No	Konsentrasi Ekstrak Kenikir, ppm	Kebutuhan	
		H ₂ SO ₄ (mL)	Ekstrak Kenikir (mL)
1	0	600	0
2	1000	600	0.6
3	2000	600	1.2
4	4000	600	2.4
5	6000	600	3.6

- c. Prosedur pengujian pH menggunakan pH meter atau *universal indicator* (sebelum dan sesudah injeksi inhibitor).
- d. Pengukuran kadar O₂ dengan oksigenmeter (sebelum dan sesudah injeksi inhibitor).
- e. Pengujian TDS (*total dissolved solid*) dengan menggunakan TDS meter (sebelum dan sesudah injeksi inhibitor).

3.2 PROSEDUR PENGUJIAN

3.2.1 Perendaman dan Penghitungan Laju Korosi

- a. Ikat plat sampel dengan menggunakan tali pada bagian lubang
- b. Gantung dan rendam bagian plat ke dalam larutan uji
- c. Hitung laju korosi sesuai mengacu pada standard ASTM G 31[25].

$$\text{Laju korosi} : (K \times W) \times (A \times T \times D) \quad (3.1)$$

K : Konstanta (nilai dapat dilihat pada ASTM G 31 *section* 8.1.2)

W : Berat yang hilang (dalam gram)

A : Luas penampang sampel (dalam cm²)

T : Waktu perendaman (dalam jam)

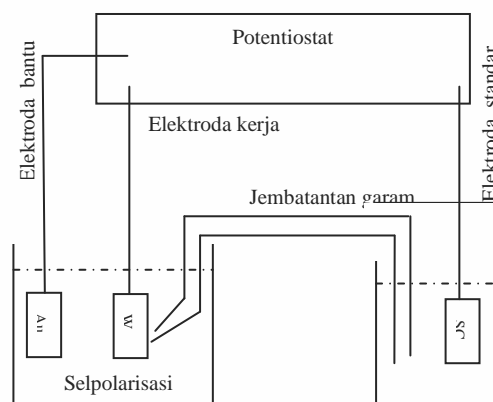
D : Berat jenis sampel (dalam gr/cm³)

3.2.2 Perendaman dan Penghitungan Laju Korosi

Prosedur pengujian potensial polarisasi pada injeksi corrosion inhibitor yang menghasilkan penurunan laju korosi yang optimal mengacu kepada ASTM G5, *Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement* [26].

- a. Peralatan
 1. Bak (*chamber*) terdiri atas: elektroda uji, elektroda bantu, pipa kapiler dengan jembatan penghubung dengan elektroda referensi, saluran masuk dan keluar gas serta termometer.
 2. Potentiostat
 3. Peralatan (*instrument*) pengukur potensial.
 4. Peralatan (*instrument*) pengukur arus.
 5. Sirkuit polarisasi anoda.
 6. Pegangan elektroda.
 7. Elektroda yang terdiri atas: elektroda kerja (material uji), elektroda bantu dan elektroda referensi.
- b. Prosedur percobaan.
 1. Tuangkan larutan H₂SO₄ kedalam sel polarisasi yang bersih dan kering.
 2. Pasang elektroda bantu (platina), jembatan garam, dan komponen-komponen yang lain kemudian isi jembatan garam dengan larutan.

3. Turunkan kadar oksigen dalam larutan untuk perendaman dengan bubbling menggunakan gas yang bebas oksigen dengan kecepatan 150 cc/menit.
4. Persiapkan elektroda kerja, haluskan dengan amplas. Amplas ulang dengan amplas halus hingga goresan-goresan hilang.
5. Hitung luas permukaan elektroda
6. Pasang dalam pegangan elektroda (*electrode holder*).
7. Bersihkan permukaan elektroda dengan *degreaser* kemudian bilas dengan aquades.
8. Pasang specimen kedalam sel penguji dan atur *probe* jembatan garam dengan jarak 2 mm atau 2 kali diameter tip.
9. Baca potensial sirkuit terbuka sebagai potensial korosi setelah 55 menit perendaman.
10. Scan potensial:
 - Mulai scan potensial atau tunggu setelah satu jam perendaman specimen. Berawal dari potensial korosi (E_{corr}) untuk pengukuran potensiodinamik. Lanjutkan hingga + 1.6 V terhadap elektroda standar kalomel.
 - Pada metoda potensiodinamik, lakukan potensiostatik dengan laju 50 mV setiap 5 menit. Catat arus pada voltase pada saat akhir tahapan lima menit. Tahapan ini diulang hingga potensial 1.6 V SCE.
 - Plot kurva polarisasi



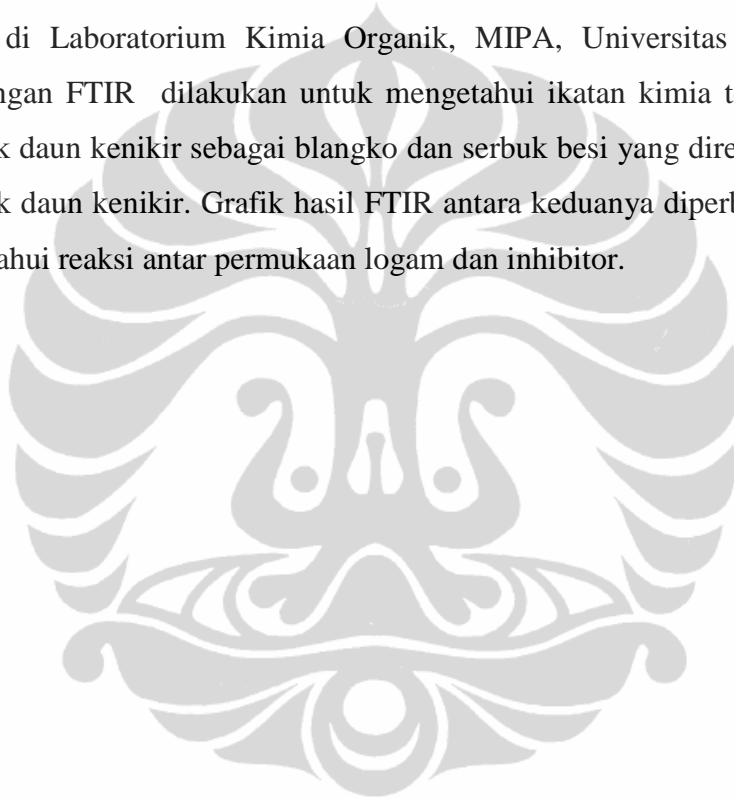
Gambar 3.3. Skematik uji polarisasi [26]

3.2.3 SEM/ EDX

Pengambilan foto makro dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDX di Laboratorium SEM, Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.

3.2.4 FTIR

Untuk mengkarakterisasi ikatan antara logam dan inhibitor, dilakukan pengujian dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik, MIPA, Universitas Indonesia. Pengujian dengan FTIR dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia terjadi pada larutan ekstrak daun kenikir sebagai blangko dan serbuk besi yang direndam pada larutan ekstrak daun kenikir. Grafik hasil FTIR antara keduanya diperbandingkan untuk mengetahui reaksi antar permukaan logam dan inhibitor.



BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 KARAKTERISASI SAMPEL

4.1.1 Spektroskopi

Tabel 4.1 Komposisi kimia sampel baja karbon

Kode Sampel Sample Code	C (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)
Code : Baja Karbon	0.226	0.202	0.011	<0.003**	1.38	0.006	0.019
	Mo (%)	Ti (%)	Cu (%)	Nb (%)	V (%)	Al (%)	Fe (%)
	<0.005**	<0.002**	0.093	<0.002**	0.040	<0.001**	bal.

catatan :

*. ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan K=2

**. (<) menunjukkan nilai berada di bawah *quantification limit* dari alat uji

4.1.2 Solid Content

Dari hasil pengujian *solid content*, ditemukan bahwa ekstrak daun kenikir yang digunakan sebagai *corrosion inhibitor* mempunyai pH 5.48, masa jenis 0.8003 gr/cc dan *solid content* rata-rata sebesar 2.995%.

4.1.3 pH, TDS dan Kandungan O₂

Tabel 4.2 Tabel pH, TDS dan kandungan O₂

Parameter	Blanko	Inhibitor ekstrak kenikir
pH	0.23	0.23
TDS, ppm	53800	53800
Conductivity, ms	107.7	107.6
O ₂ , ppm	5.37	5.37

4.2 *WEIGHT LOSS*

4.2.1 Foto Uji Perendaman



Gambar 4.1 Foto uji perendaman

4.2.2 Foto Sampel Setelah Perendaman



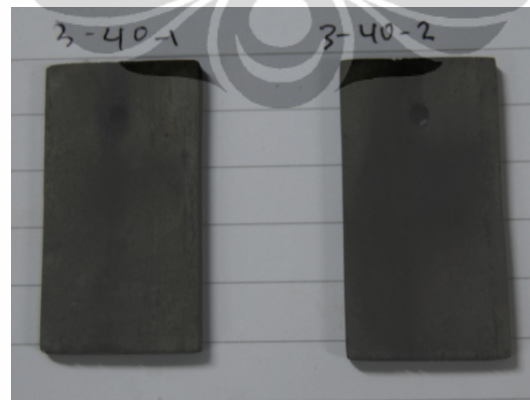
Gambar 4.2 Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ tanpa inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.3 Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan $0.5M H_2SO_4$ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.4 Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan $0.5M H_2SO_4$ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.5 Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan $0.5M H_2SO_4$ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.6 Foto sampel setelah perendaman 3 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.7 Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ tanpa inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.8 Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.9 Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.10 Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.11 Foto sampel setelah perendaman 7 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.12 Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ tanpa inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.13 Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.14 Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.15 Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.16 Foto sampel setelah perendaman 11 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.17 Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ tanpa inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.18 Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 1000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.19 Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 2000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.20 Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 4000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 4.21 Foto sampel setelah perendaman 13 hari pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan 6000ppm inhibitor ekstrak daun kenikir

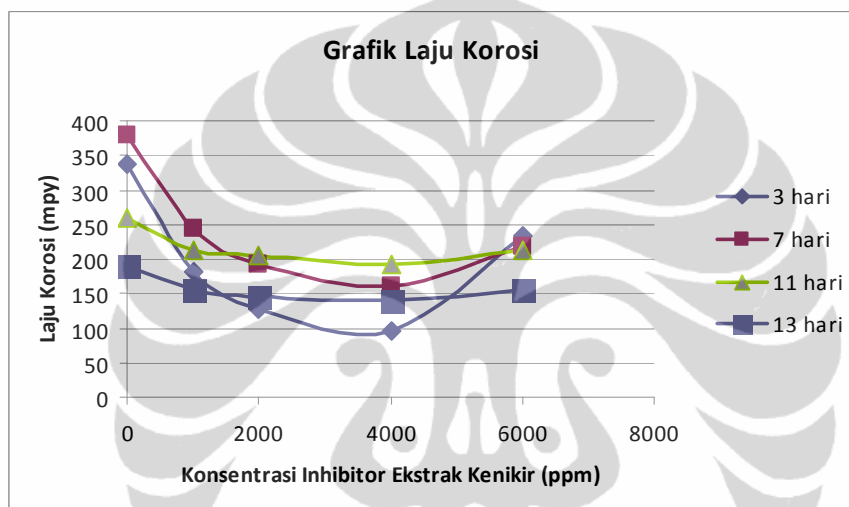
.2.2 Data Perhitungan Laju Korosi

Tabel 4.3 Data perhitungan laju korosi (*weight loss*)

Sampel	A (Cm ²)	W ₁ (gr)	W ₂ (gr)	W loss (gr)	Waktu (Hari)	Konsent rasi (ppm)	Corr rate, mpy	Efisiensi (%)	Efisiensi Rata-rata (%)
3-0-1	30.79	34.8196	33.0928	1.7269	3	0	341.90	0.00%	0.00%
3-0-2	30.82	34.3422	32.6536	1.6887	3	0	334.01	0.00%	
3-1-1	30.41	33.9159	32.9706	0.9453	3	1000	189.52	43.92%	46.09%
3-1-2	31.07	34.3031	33.4119	0.8912	3	1000	174.86	48.26%	
3-2-1	32.02	33.5801	32.8774	0.7027	3	2000	133.81	60.41%	62.08%
3-2-2	32.10	35.1935	34.5484	0.6452	3	2000	122.52	63.74%	
3-4-1	30.72	33.4225	32.9306	0.4919	3	4000	97.61	71.12%	71.66%
3-4-2	31.81	33.9260	33.4359	0.4901	3	4000	93.93	72.21%	
3-6-1	31.07	33.4701	32.1925	1.2777	3	6000	250.66	25.83%	31.17%
3-6-2	31.37	33.1237	32.0196	1.1042	3	6000	214.59	36.50%	
7-0-1	31.83	33.0058	28.3946	4.6113	7	0	378.46	0.00%	0.00%
7-0-2	31.43	33.3823	28.7809	4.6015	7	0	382.54	0.00%	
7-1-1	30.68	32.5068	29.5306	2.9763	7	1000	253.45	33.39%	35.50%
7-1-2	30.83	33.5228	30.7215	2.8013	7	1000	237.40	37.61%	
7-2-1	30.25	31.9251	29.6745	2.2507	7	2000	194.38	48.91%	49.76%
7-2-2	31.85	34.3707	32.0792	2.2915	7	2000	187.95	50.60%	
7-4-1	32.16	32.6649	30.7776	1.8873	7	4000	153.33	59.70%	57.54%
7-4-2	31.89	32.9869	30.9149	2.0720	7	4000	169.78	55.38%	
7-6-1	32.03	32.7464	29.9941	2.7524	7	6000	224.53	40.99%	42.82%
7-6-2	30.85	32.3618	29.8750	2.4868	7	6000	210.63	44.64%	
11-0-1	30.81	32.0391	27.5535	4.4856	10.5	0	253.59	0.00%	0.00%
11-0-2	31.34	33.9860	29.1599	4.8262	10.5	0	268.20	0.00%	
11-1-1	31.32	33.0746	29.2651	3.8095	10.5	1000	211.82	18.81%	18.36%
11-1-2	31.11	33.1317	29.3069	3.8249	10.5	1000	214.17	17.91%	
11-2-1	32.28	34.2945	30.5283	3.7662	10.5	2000	203.23	22.10%	21.74%
11-2-2	31.72	34.0078	30.2726	3.7352	10.5	2000	205.10	21.39%	
11-4-1	31.76	34.3290	30.9546	3.3744	10.5	4000	185.08	29.06%	26.24%
11-4-2	31.76	34.3659	30.7232	3.6428	10.5	4000	199.79	23.42%	
11-6-1	31.46	33.6700	29.8582	3.8118	10.5	6000	211.03	19.11%	18.33%
11-6-2	31.54	33.5144	29.6186	3.8959	10.5	6000	215.12	17.55%	

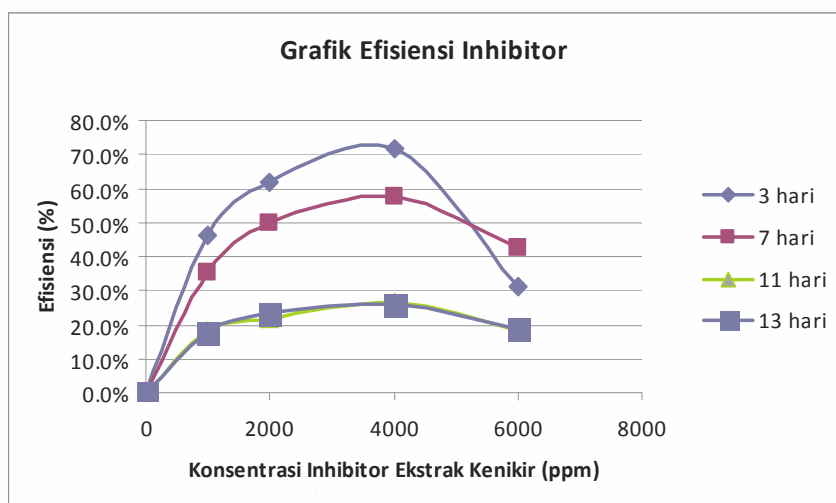
13-0-1	32.59	34.0290	29.6653	4.3638	13	0	188.36	0.00%	0.00%
13-0-2	31.51	33.6001	29.2876	4.3125	13	0	192.56	0.00%	
13-1-1	42.84	34.8224	30.1401	4.6823	13	1000	153.78	19.26%	17.83%
13-1-2	31.89	34.5767	30.9673	3.6095	13	1000	159.22	16.40%	
13-2-1	31.34	34.1968	30.8574	3.3394	13	2000	149.91	21.29%	23.26%
13-2-2	30.24	31.8404	28.7789	3.0616	13	2000	142.42	25.22%	
13-4-1	31.63	34.3058	31.1148	3.1911	13	4000	141.92	25.48%	26.14%
13-4-2	31.48	32.6508	29.5311	3.1197	13	4000	139.42	26.80%	
13-6-1	31.66	32.9954	29.4636	3.5318	13	6000	156.93	17.61%	18.71%
13-6-2	31.15	32.3648	28.9839	3.3809	13	6000	152.72	19.82%	

4.2.3 Grafik Laju Korosi



Gambar 4.22 Grafik laju korosi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir

4.2.4 Grafik Efisiensi

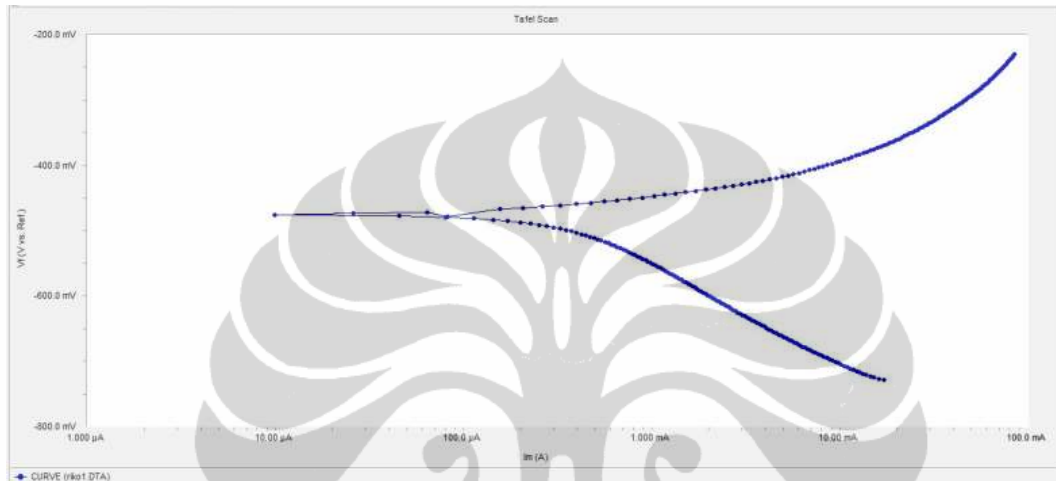


Gambar 4.23 Grafik efisiensi terhadap konsentrasi ekstrak daun kenikir

4.3 Uji Polarisasi

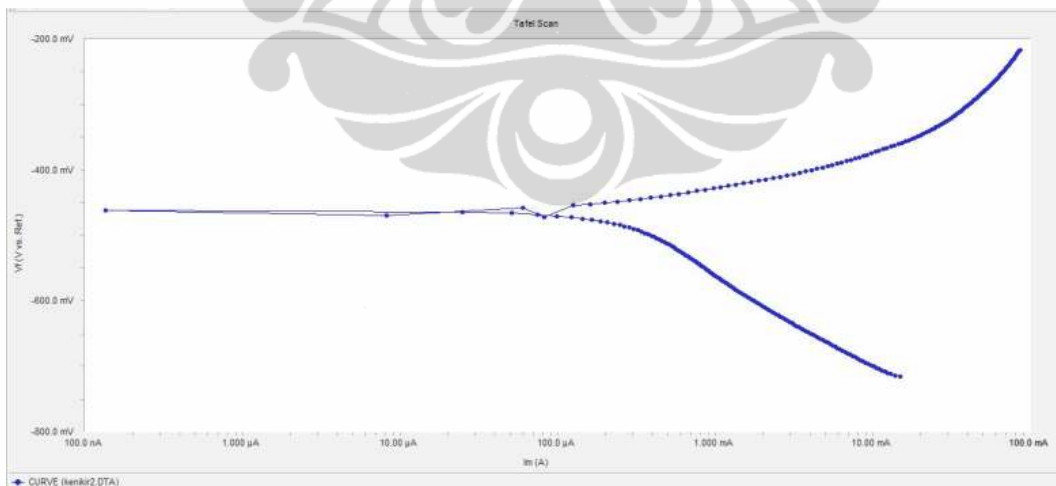
Pengujian polarisasi telah dilaksanakan di Lab. Korosi, Departemen Teknik Metalurgi dan material untuk sampel tanpa inhibitor dan sampel dengan inhibitor 4000 ppm.

4.3.1 Kurva Polarisasi Tanpa Inhibitor



Gambar 4.24 Kurva Polarisasi pada larutan H₂SO₄ tanpa inhibitor

4.3.2 Kurva Polarisasi Dengan Inhibitor



Gambar 4.25 Kurva Polarisasi pada larutan H₂SO₄ dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 4000ppm

4.3.3 Parameter Polarisasi

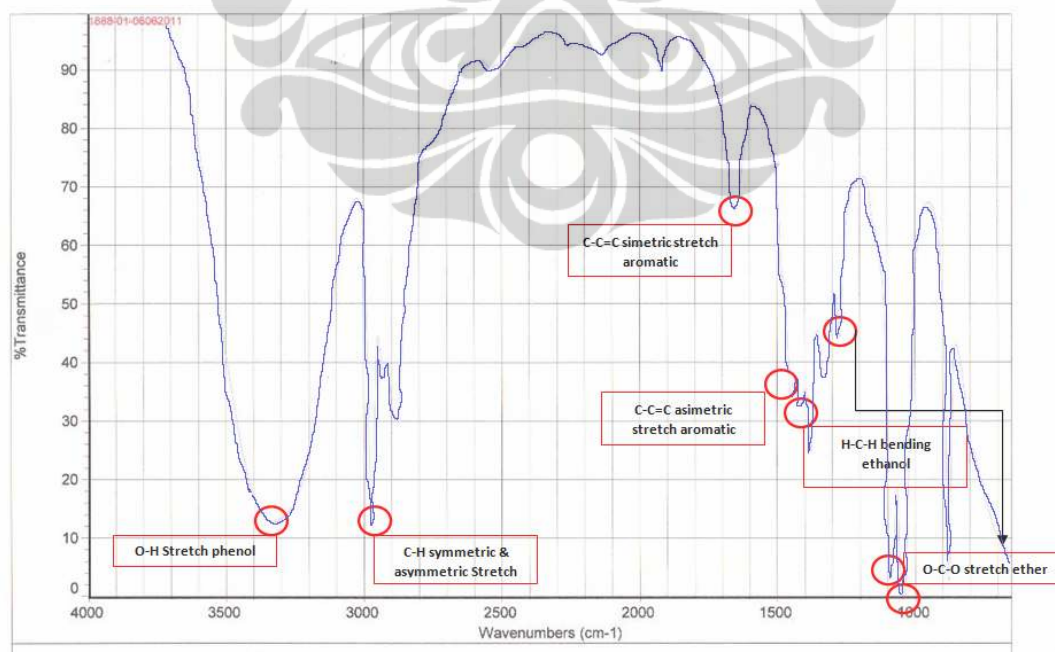
Tabel 4.4 Parameter polarisasi

Larutan	E _{corr} (mV)	I _{corr} (μA/cm ²)	β _a (mV/deg)	β _c (mV/deg)	CR (mpy)	Eff (%)
0.5M H ₂ SO ₄	-475	557	99.5	202.2	307.6	
0.5M H ₂ SO ₄ + inhibitor	-462	94	75.5	114	52.23	83%

4.4 UJI FTIR

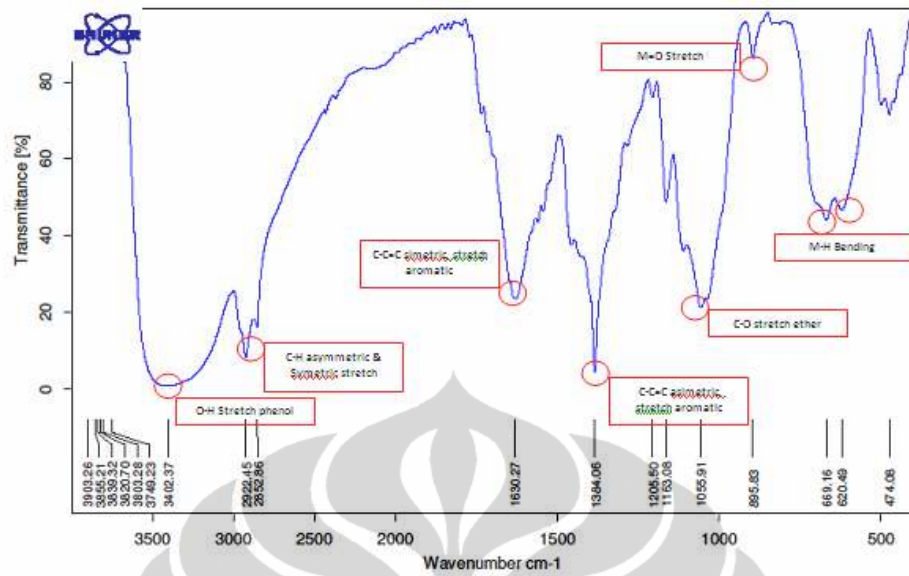
Pengujian FTIR telah dilaksanakan di Lab.kimia Organik, MIPA, Universitas Indonesia. Pengujian dilaksanakan terhadap sampel ekstrak daun kenikir dan sampel serbuk besi yang telah direndam pada larutan 0.5M H₂SO₄ dengan diinjeksi ekstrak daun kenikir.

4.4.1 FTIR terhadap Ekstraks Daun Kenikir



Gambar 4.26 Grafik spektrum FTIR ekstrak daun kenikir

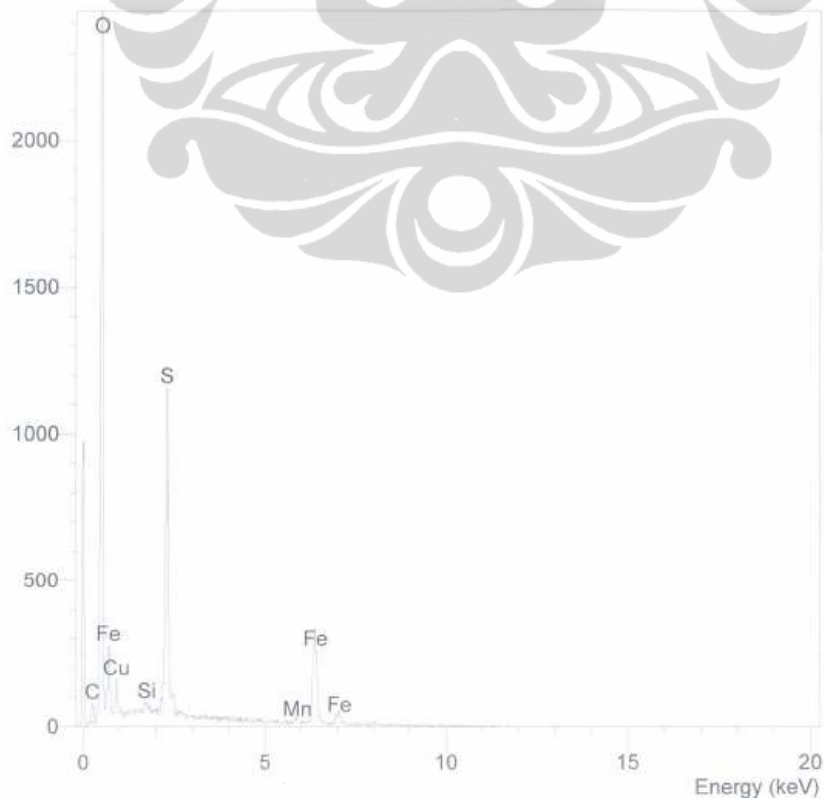
4.4.1 FTIR terhadap Serbuk Besi



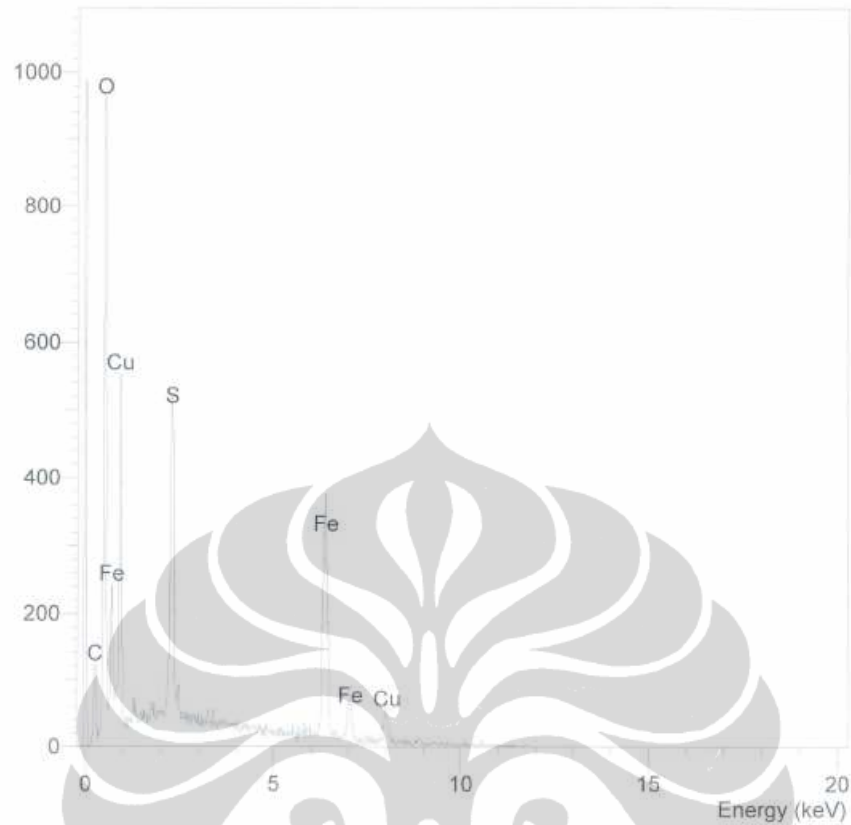
Gambar 4.27 Grafik spektrum FTIR serbuk besi yang direndam pada larutan ekstrak daun kenikir

4.5 UJI SEM/EDX

4.5.1 Grafik pengujian EDX

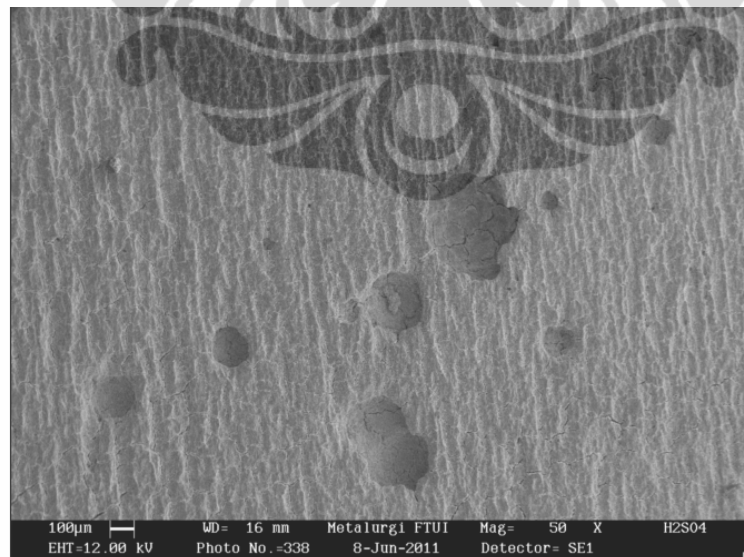


Gambar 4.28 Grafik pengujian EDX sampel tanpa inhibitor



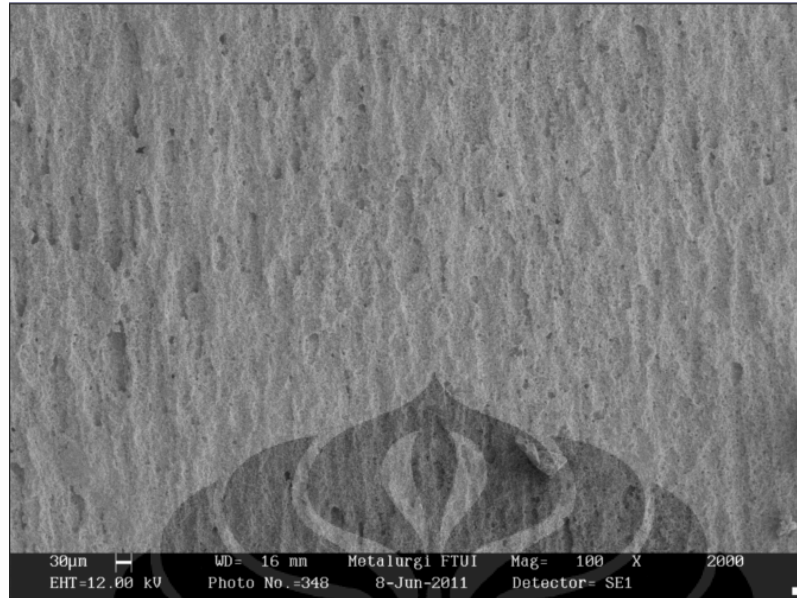
Gambar 4.29 Grafik pengujian EDX sampel dengan inhibitor ekstrak daun kenikir

4.5.2 Foto SEM Sampel Tanpa Inhibitor

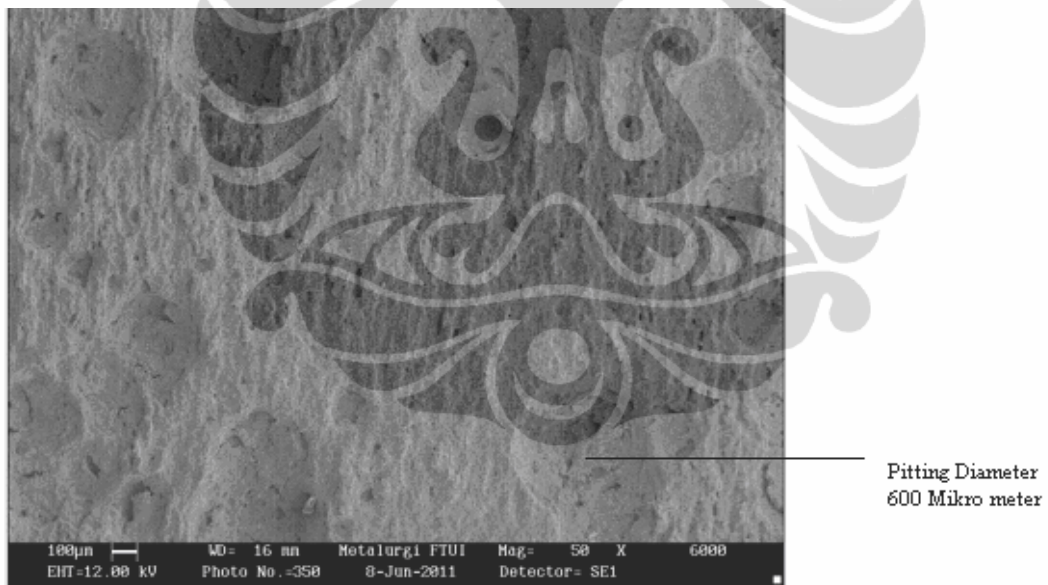


Gambar 4.30 Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari tanpa inhibitor

4.5.1 Foto SEM Sampel dengan Inhibitor



Gambar 4.31 Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari dengan inhibitor ekstrak kenikir 2000ppm



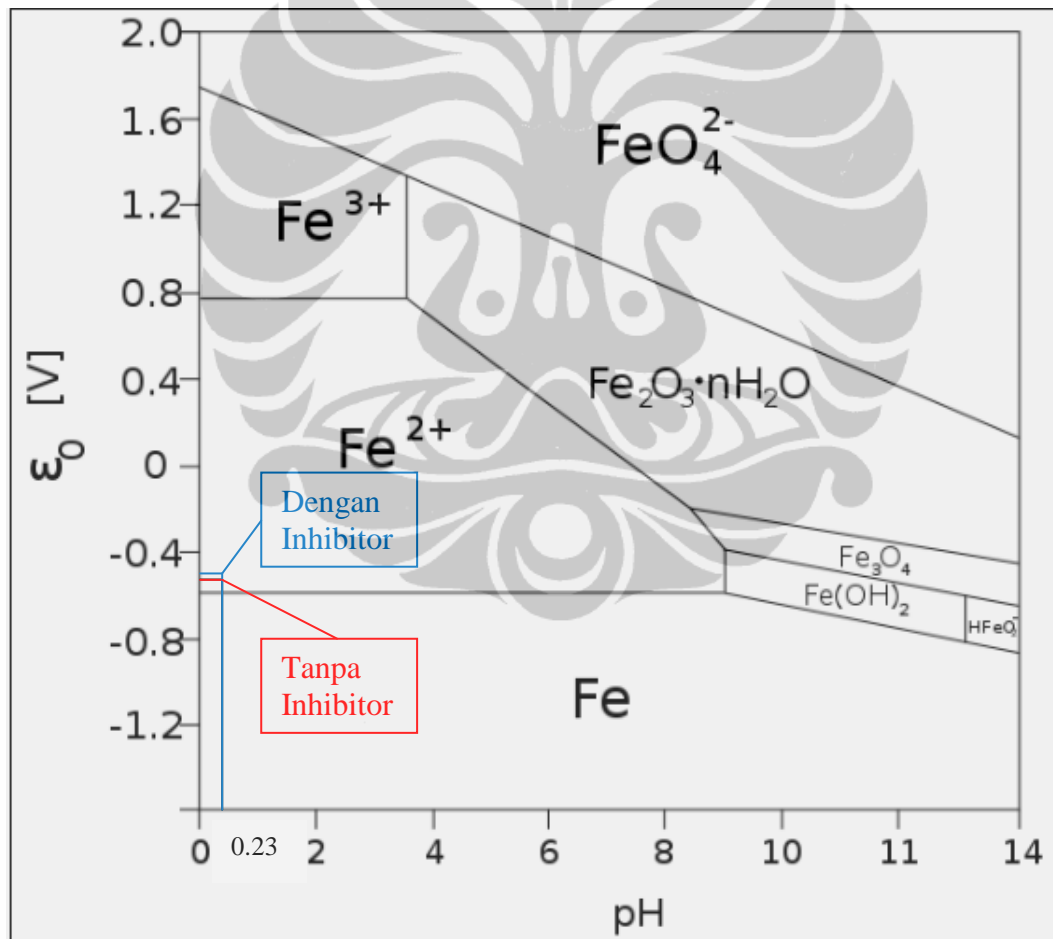
Gambar 4.32 Foto SEM terhadap sampel setelah perendaman 7 hari dengan inhibitor ekstrak kenikir 6000ppm

BAB V PEMBAHASAN

Penelitian mengenai pengaruh injeksi inhibitor dari ekstrak daun kenikir telah dilakukan terhadap baja karbon dengan pada lingkungan 0.5M H₂SO₄. Hasil dari penelitian dilakukan analisa sebagai berikut.

5.1 KOROSIFITAS LINGKUNGAN

H₂SO₄ merupakan asam yang kuat yang sangat korosif. Dari hasil pengujian pH dan beda potensial, korosifitas larutan terhadap logam bisa diprediksi menggunakan Diagram Pourbaix[18] sebagai berikut :



Gambar 5.1 Diagram Pourbaix Fe dengan dan tanpa inhibitor.

Dari diagram Pourbaix di atas, terlihat bahwa logam jika terpapar pada lingkungan H₂SO₄ 0.5M akan terkorosi. Dengan pH 0.23 dan beda potensial -475

mV, maka logam yang terpapar larutan tanpa inhibitor akan terkorosi. Dengan penambahan inhibitor, ternyata ditemukan sedikit perubahan beda potensial menjadi -462 mV. Namun, dengan sedikit perubahan beda potensial ini, penambahan inhibitor ekstrak daun kenikir ternyata tidak merubah korosifitas fluida. Dari diagram Pourbaix terlihat bahwa dengan dan tanpa inhibitor, logam berada pada zona yang sama, yaitu zona korosif.

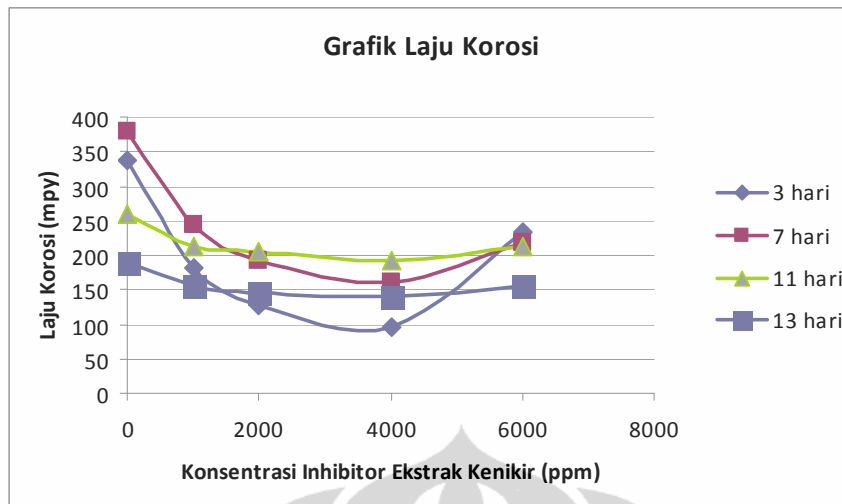
Oksigen yang terkandung pada larutan juga mempengaruhi agresifitas fluida terhadap logam. Adanya oksigen akan memicu reaksi katodik dimana terjadi reduksi oksigen pada lingkungan asam [2]. Dari pengukuran kadar oksigen menggunakan oksigenmeter, ditemukan bahwa kandungan oksigen dengan dan tanpa injeksi ekstrak daun kenikir relatif sama yaitu 5.37ppm. Sehingga bisa dikatakan bahwa, *corrosion inhibitor* dari ekstrak daun kenikir tidak berfungsi sebagai *oxygen scavenger* yang mengurangi laju korosi dengan menurunkan kadar oksigen dalam lingkungannya.

Dari hal di atas, dapat dikatakan bahwa injeksi *corrosion inhibitor* dari ekstrak daun kenikir ternyata tidak merubah sifat korosif fluida dengan signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan posisinya dari diagram Pourbaix dan kandungan oksigennya yang relatif sama. Kinetika reaksi korosi tidak bisa dijelaskan dengan diagram Pourbaix. Analisa *weight loss* akan digunakan untuk melihat laju korosinya.

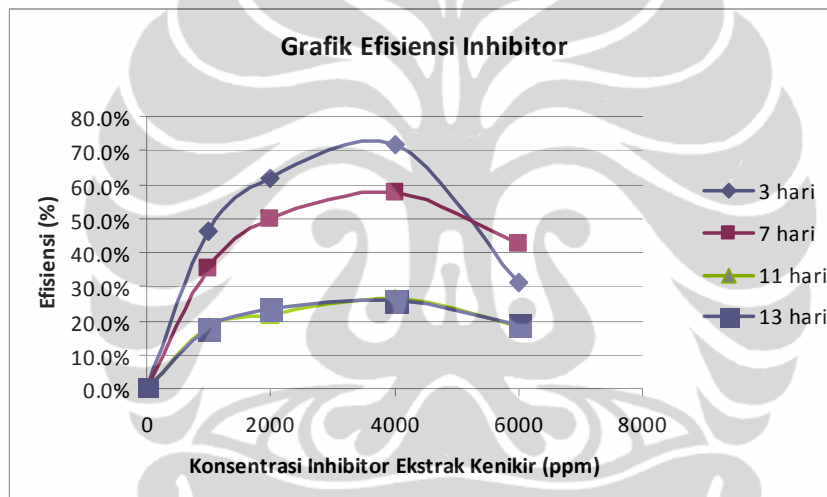
5.2 UNJUK KERJA INHIBITOR

5.2.1 Analisa Weight Loss

Pengujian *weight loss* telah dilakukan terhadap sampel baja karbon dengan variasi konsentrasi ekstrak daun kenikir dan variasi waktu perendaman. Laju korosi dihitung berdasarkan standard ASTM G31 dan ditabelkan dalam Tabel 4.3. Data perhitungan laju korosi (*weight loss*). Nilai laju korosi dapat dilihat dalam grafik berikut ini :



Gambar 5.2 Grafik laju korosi terhadap konsentrasi inhibitor ekstrak daun kenikir



Gambar 5.3 Grafik efisiensi terhadap konsentrasi inhibitor ekstrak daun kenikir

Dari grafik di atas bisa dilihat bahwa laju korosi akan menurun dengan penambahan konsentrasi inhibitor untuk kemudian naik lagi setelah melewati kondisi optimumnya. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun kenikir dapat memberikan efek inhibisi terhadap baja karbon dalam larutan H_2SO_4 . Efisiensi inhibitor optimum didapatkan sebesar 71.66% pada konsentrasi 4000ppm. Hasil sedikit berbeda didapatkan dari penelitian ekstrak daun persik (*Nauclea latifolia*) terhadap H_2SO_4 dimana laju korosi semakin menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi inhibitor.

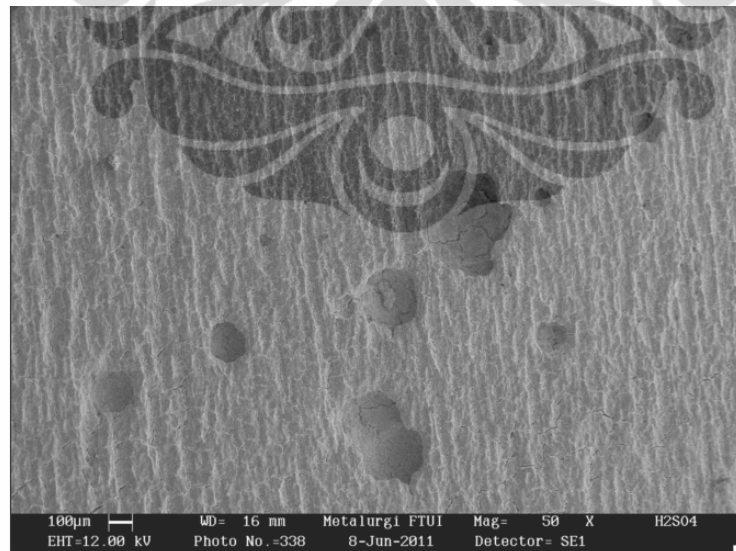
Efisiensi inhibisi terlihat menurun dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini senada dengan penelitian M.A Quraishi yang telah

melakukan penelitian dari ekstrak daun salam koja (*Murraya koenigii*) terhadap H_2SO_4 [15]. Semakin lama waktu perendaman, terlihat bahwa laju korosi semakin menurun dengan bertambahnya waktu perendaman. Kuat dugaan bahwa ada produk korosi yang menempel permukaan seiring dengan pudarnya efek inhibisi dari ekstrak daun kenikir seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman.

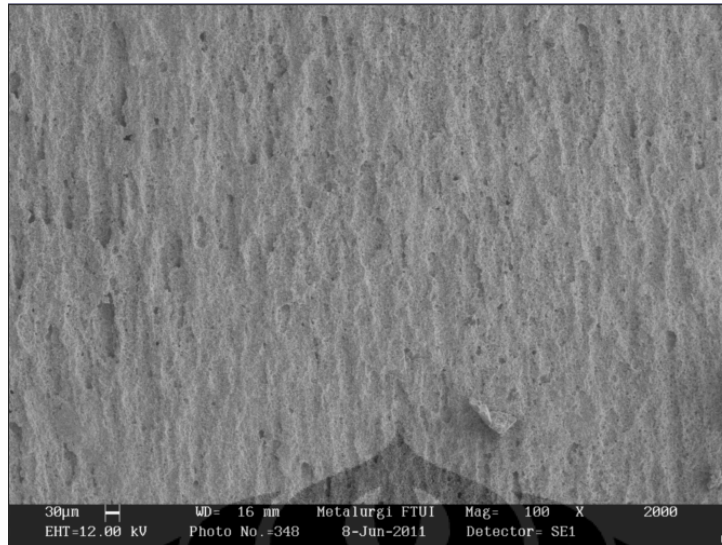
Efisiensi ekstrak daun kenikir sebagai corrosion inhibitor pada lingkungan H_2SO_4 masih lebih rendah dibandingkan corrosion inhibitor berbasis amin. Dr. Mendel telah melakukan penelitian inhibitor dari gugus amin terhadap baja karbon dalam 1N H_2SO_4 dimana pada 320 ppm dapat memberikan efisiensi sebesar 96%[28]. Untuk mengurangi besarnya volume inhibitor ekstrak daun kenikir, ada baiknya hasil ekstraksi dievaporasi untuk meningkatkan kepekatan hasil ekstraksi. Dari hasil pengujian *solid content*, inhibitor ekstraksi daun kenikir yang digunakan pada penelitian ini hanya sebesar 2.995%.

5.2.1 Foto Makro

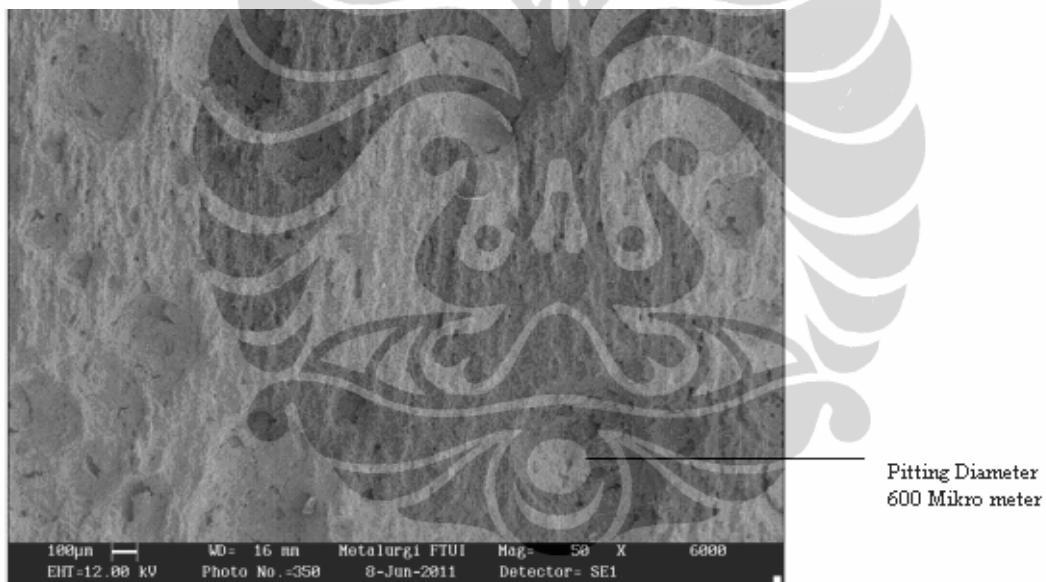
Untuk melihat morfologi korosi, sampel perendaman dilakukan foto makro menggunakan SEM. Hasil SEM terhadap sampel tanpa inhibitor, dengan inhibitor 2000ppm dan inhibitor 6000ppm bisa dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 5.4 SEM sampel perendaman 7 hari tanpa inhibitor



Gambar 5.5 SEM sampel perendaman 7 hari dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 2000ppm



Gambar 5.6 SEM sampel perendaman 7 hari dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 6000ppm

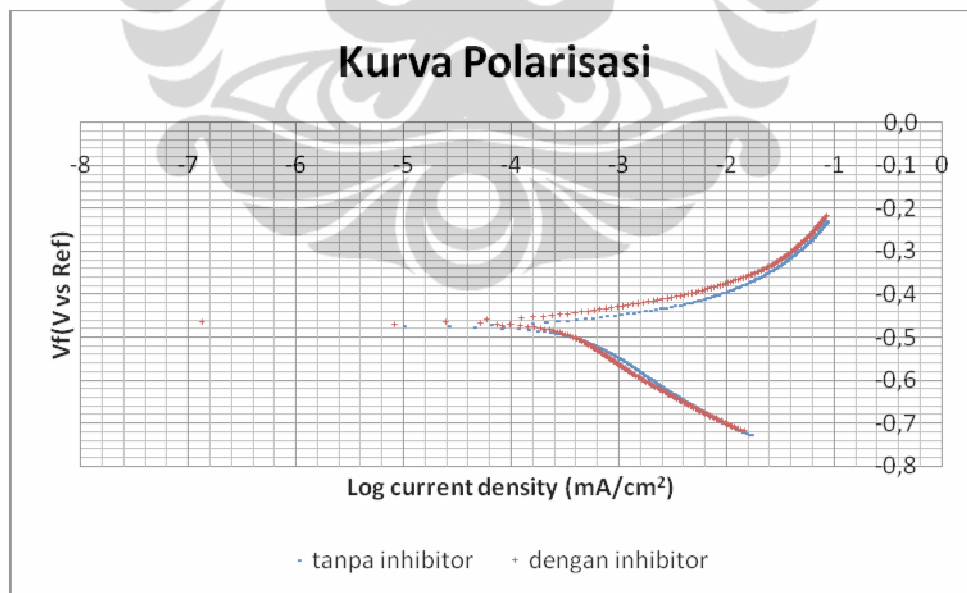
Dari hasil SEM di atas, terlihat bahwa produk korosi yang relatif seragam diperlihatkan oleh sampel tanpa inhibitor dan dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 2000ppm. Permukaan sampel dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 2000ppm terlihat lebih halus. Hasil berbeda diperlihatkan pada sampel dengan inhibitor ekstrak daun kenikir 6000ppm dimana terlihat ada semacam *pitting* yang saling berdekatan. *Pitting* yang saling berdekatan lebih memperlihatkan

permukaan logam yang kasar. Diperkirakan bahwa *pitting* ini yang menyebabkan efisiensi inhibitor justru menurun pada konsentrasi inhibitor 6000ppm dibandingkan efisiensi pada 2000ppm. Diduga, ekstrak inhibitor mengandung unsur lain yang berperilaku sebagai inhibitor anodik (pasifasi). Efek inhibitor anodik ini bisa jadi muncul dengan semakin bertambahnya konsentrasi. Jika konsentrasi zat anodik tersebut berada di bawah konsentrasi minimum, logam dapat mengalami korosi lokal seperti halnya *pitting* [2]. Penelitian lebih lanjut di kemudian hari untuk mengkonfirmasi dugaan ini perlu dilakukan.

5.3 MEKANISME INHIBISI

5.3.1 Polarisasi

Hasil studi polarisasi telah dilakukan terhadap sample dalam larutan H_2SO_4 tanpa inhibitor (blangko) dan dengan penambahan inhibitor 4000ppm. Kurva polarisasi dengan dan tanpa inhibitor digabungkan menjadi satu grafik agar lebih mudah dibandingkan. Hasil kurva polarisasi gabungan bisa adalah sebagai berikut :



Gambar 5.7 Kurva polarisasi baja karbon dalam 0.5M H_2SO_4 dengan dan tanpa inhibitor

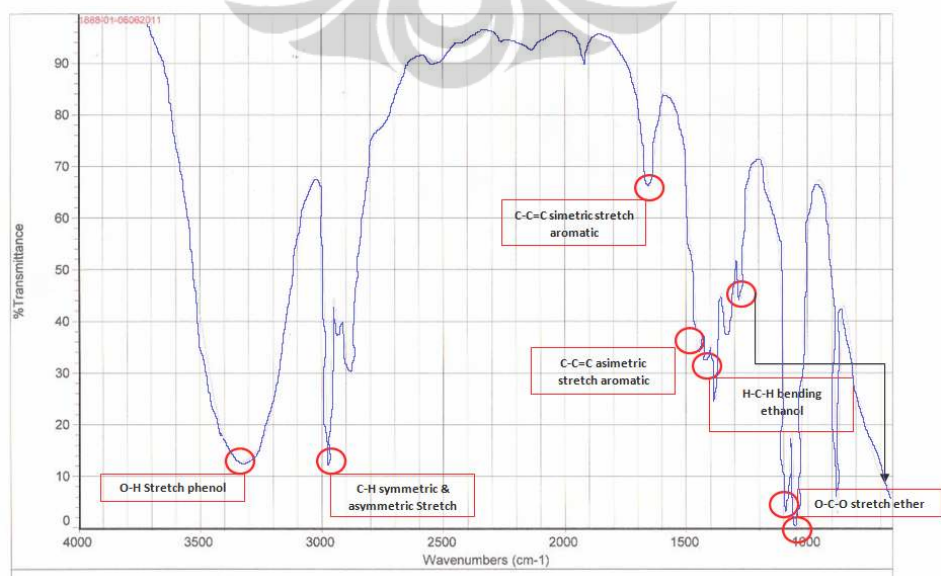
Dari hasil polarisasi, ditemukan bahwa dengan penambahan inhibitor telah menggeser potensial korosi ke arah positif, dari -675mV menjadi -662mV. Terlihat jelas bahwa dengan penambahan inhibitor dapat menyebabkan penurunan rapat arus, dari 0.557mA menjadi 0.094mA yang memperlihatkan bahwa penambahan inhibitor dapat menurunkan laju korosi. Dari polarisasi, dihasilkan efisiensi 83%, sedikit lebih tinggi dari pada hasil dari *weight loss*. Terlihat bahwa dengan penambahan inhibitor dapat menggeser kurva polarisasi ke arah anoda dan katoda. Sehingga bisa dikatakan bahwa, inhibitor ekstrak daun kenikir berperilaku sebagai inhibitor campuran (*mixed type inhibitor*). Hal ini senada dengan penelitian terdahulu bahwa umumnya inhibitor dari bahan organik berperilaku sebagai *mixed type inhibitor*[5].

Lebih jauh, parameter kinetika korosi seperti E_{corr} , I_{corr} , slop Tafel anodik dan katodik (β_a dan β_c) dapat dilihat dari table berikut :

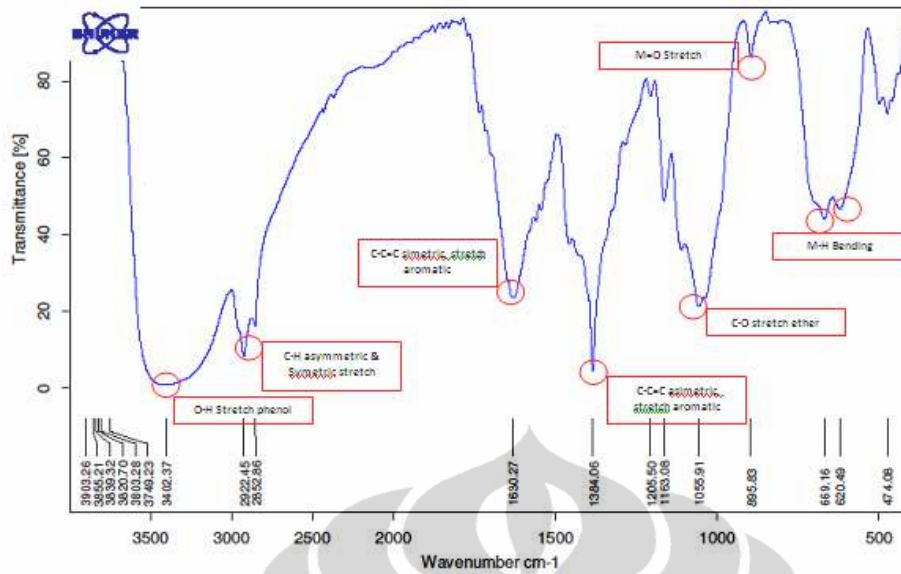
Tabel 5.1 Parameter polarisasi

Larutan	E_{corr} (mV)	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	β_a (mV/deg)	β_c (mV/deg)	CR (mpy)	Eff (%)
0.5M H ₂ SO ₄	-475	557	99.5	202.2	307.6	
0.5M H ₂ SO ₄ + inhibitor	-462	94	75.5	114	52.23	83%

5.3.2 Analisa Permukaan dengan FTIR



Gambar 5.8 Grafik spektrum FTIR ekstrak daun kenikir



Gambar 5.9 Grafik spektrum FTIR serbuk besi yang direndam pada ekstrak daun kenikir

Tabel 5.2 Gugus fungsi FTIR terhadap serbuk besi yang direndam dalam ekstrak daun kenikir

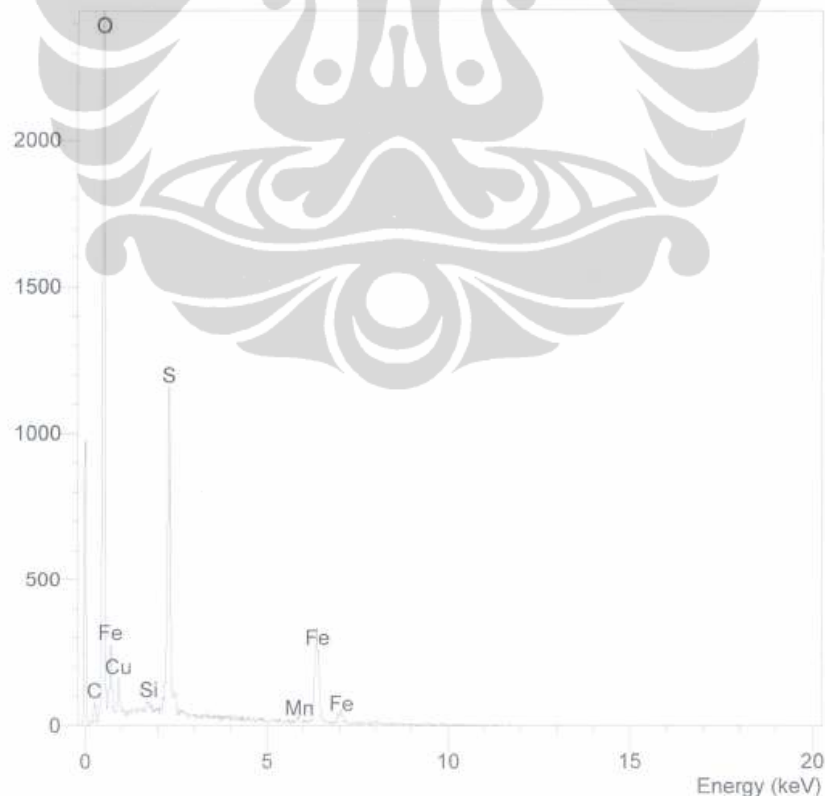
Gugus fungsi	bilangan gelombang	Gugus fungsi	bilangan gelombang
C-C=C, <i>asimetric stretch</i> pada aromatik	1450	C-C=C, <i>asimetric stretch</i> pada aromatik	
C-C=C <i>simetric stretch</i> pada aromatik	1650	C-C=C <i>simetric stretch</i> pada aromatik	1630
O-H <i>stretch, phenol</i>	3350	O-H <i>stretch, phenol</i>	3402
C-O <i>stretch</i> pada <i>ether</i>	1050;1090	C-O <i>stretch</i> pada <i>ether</i>	1055
C=O <i>stretch</i>	1650	C=O <i>stretch</i>	1630
		M-H, <i>stretching</i>	
		M-H <i>bending</i>	669
		M=O <i>stretching</i>	895

Spektrum FTIR didapatkan pada sampel ekstrak daun kenikir dan dari serbuk besi yang direndam dalam larutan H_2SO_4 dan ekstrak daun kenikir untuk mendapatkan sifat adsorpsi inhibitor pada baja. Perbedaan mencolok diamati pada kedua spektrum yang kemungkinan mengindikasikan adanya perubahan kimia setelah inhibitor teradsorpsi. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian molekul

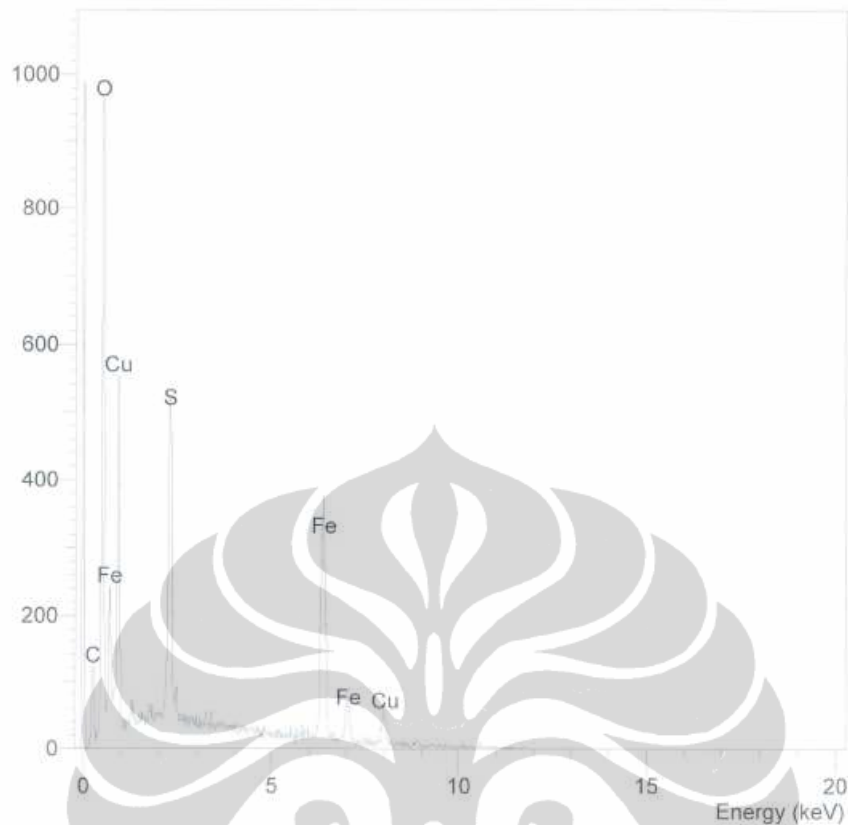
dari ekstrak kenikir berperan melindungi struktur. Ditemukan juga pita gelombang baru yaitu pada yaitu pada pita 669 cm^{-1} dan 895 cm^{-1} . Hal ini mengisyaratkan bahwa ekstrak daun kenikir terabsorp efektif pada permukaan logam dan molekul baru terbentuk. Molekul yang terikat kuat pada permukaan logam mengindikasikan bahwa telah terjadi transformasi kimiawi. Pita mencolok yang terjadi pada bilangan gelombang 895 cm^{-1} menunjukkan karakteristik dari ikatan $\text{M}=\text{O}$ dimana M adalah logam. Gugus fungsi pada bilangan gelombang 669 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi $\text{M}-\text{H}$.

Kondisi di atas mengkonfirmasi hipotesa bahwa ekstrak daun kenikir dapat menjadi corrosion inhibitor karena kandungan flavonoidnya[17]. Molekul flavonoid kuersetin yang mempunya ikatan rangkap O inilah yang akan bereaksi dengan Fe sehingga terjadi terjadi adsorpsi [20].

5.3.3 Analisa Permukaan dengan EDX



Gambar 5.10 Grafik pengujian EDX sample tanpa inhibitor



Gambar 5.11 Grafik pengujian EDX sample dengan inhibitor ekstrak daun kenikir

Senyawa organik pada dasarnya merupakan senyawa yang molekulnya mengandung karbon. Oleh karena itu, bahan *corrosion inhibitor* organik seperti ekstrak daun kenikir jika dianalisa permukaan semestinya akan ditemukan kadar karbon yang lebih tinggi daripada logam tanpa inhibitor organik. Hal ini mengindikasikan bahwa terbentuk lapisan film dari rantai karbon dari inhibitor yang menjadi *protective barrier* yang menghambat laju korosi.

Dari grafik pengujian EDX diatas, terlihat bahwa sampel logam dengan inhibitor mempunyai kadar karbon pada permukaan logam yang lebih tinggi dari pada sampel tanpa inhibitor. Terlihat bahwa kadar karbon permukaan logam dengan inhibitor mencapai 0.61% elemen, sedangkan sampel tanpa inhibitor 0.46% elemen. Kondisi ini telah mengkonfirmasi bahwa inhibitor ekstrak daun kenikir berperilaku inhibitor dengan membentuk lapisan film. Hal ini senada dengan karakteristik inhibitor dari bahan organik pada umumnya yang merupakan inhibitor *film forming* [20].

BAB VI KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap ekstrak daun kenikir sebagai corrosion inhibitor pada larutan H_2SO_4 0.5M dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Injeksi dalam jumlah sedikit ekstrak daun kenikir sebagai *corrosion inhibitor* pada larutan 0.5M H_2SO_4 tidak secara signifikan merubah sifat fluida.
2. Ekstrak daun kenikir dapat digunakan sebagai *corrosion inhibitor* pada lingkungan 0.5M H_2SO_4 dengan efisiensi optimum 71.6% pada injeksi 4000ppm.
3. Dari studi polarisasi, disimpulkan bahwa mekanisme inhibisi dari ekstrak daun kenikir terhadap baja karbon dalam lingkungan 0.5M H_2SO_4 adalah *mixed type corrosion inhibitor*.
4. Dari analisa permukaan logam dengan FTIR dan EDX dapat disimpulkan bahwa *corrosion inhibitor* ekstrak daun kenikir pada lingkungan H_2SO_4 berperilaku sebagai inhibitor adsorpsi / *film forming*.

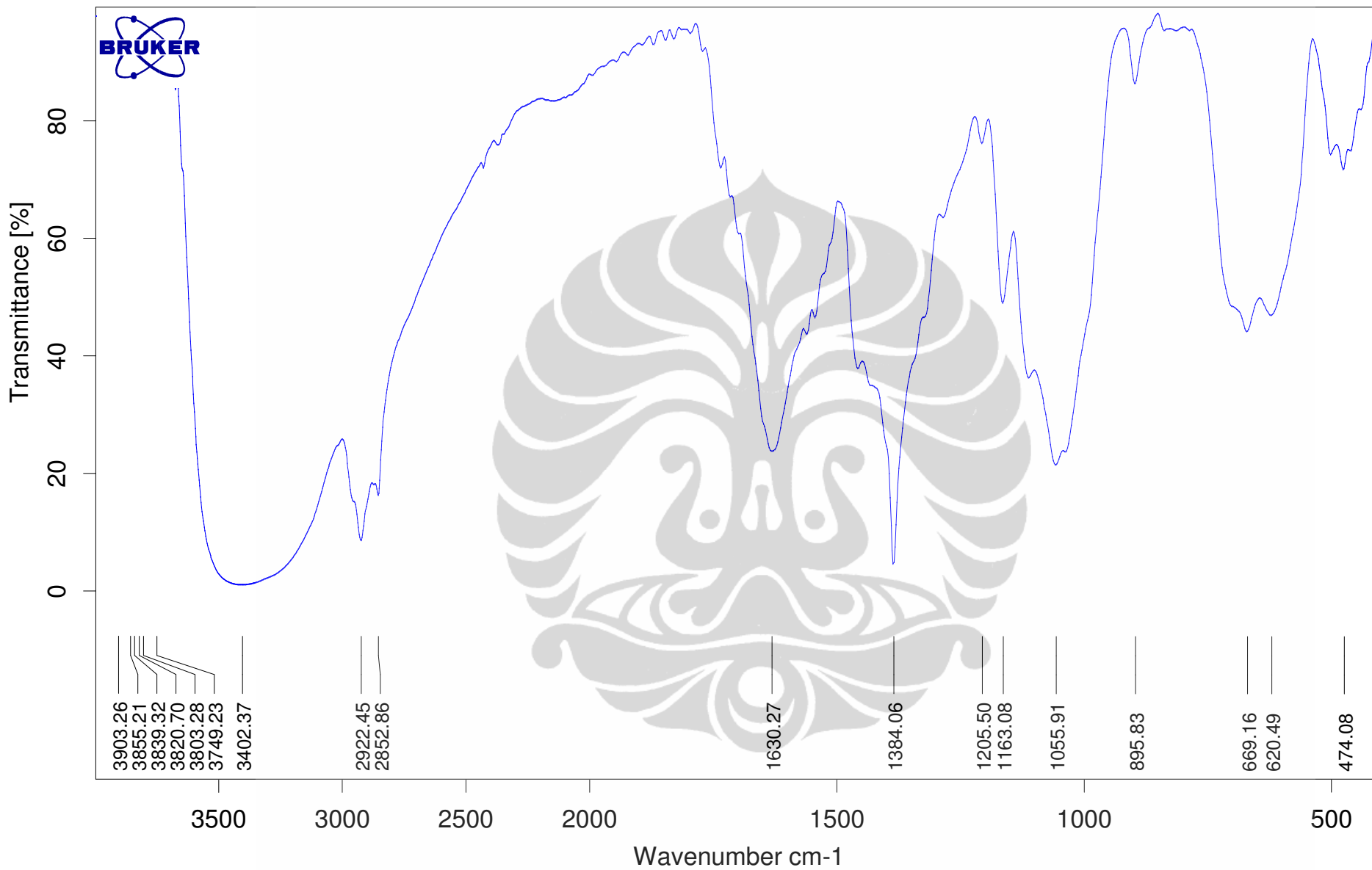
DAFTAR REFERENSI

1. M.A.Migahed and I.F.Nassar., "Corrosion Inhibition of Tubing Steel During Acidization of Oil and Gas Wells", 2007.
2. Pierre R. Roberge," *Handbook of Corrosion Engineering*," (New York : McGraw Hill, 2000)
3. LL Shreir, RA Jarman, GT Burstein, "Corrosion Metal/Environment Reactions, 3rd Edition", 1993
4. Fré'deric Blin, Stuart G. Leary, Glen B. Deacon, Peter C. Junk, Maria Forsyth, "The Nature of the Surface Film on Steel Treated with Cerium and Lanthanum Cinnamate Based Corrosion Inhibitors", 2006
5. Pandian Bothi Raja, Mathur Gopalakrishnan Sethuraman, "Natural Products as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media — A review", 2008
6. Yin Jin Ye, "Green Inhibitor for Corrosion Control: A Study on the Inhibitive Effects of Honey and *Rosmarinus Officinalis* L. (Rosemary)", 2004
7. E.Khamis and N.Al-Andis, "Mat-wiss.u". *Werkstofftech.* 33, 2002, 550-554
8. J. Anthonny von Fraunhofer, Guy D. Davis, Lorrie A. Krebs and Chester M. Dacres, "The Use of Tobacco Extracts as Corrosion Inhibitor".
9. A. Ostovari, S.M. Hoseinieh, M. Peikari, S.R. Shadizadeh, S.J. Hashemi, "Corrosion Inhibition of Mild Steel in 1M HCl Solution by Henna Extract: A Comparative Study of the Inhibition by Henna and its Constituents (Lawsonic acid, Gallic acid, *a*-D-Glucose and Tannic acid)", 2009
10. Pandian Bothi Raja, Mathur Gopalakrishnan Sethuraman, "Inhibitive effect of Black Pepper Extract on the Sulphuric Acid Corrosion of Mild Steel", 2008
11. N. Kumpawat, A. Chaturvedi, R. K. Upadhyay, "A Comparative Study of Corrosion Inhibition Efficiency of Stem and Leaves Extract of *Ocimum Sanctum* (Holy Basil) for Mild Steel in HCl Solution", 2008
12. Sung I. Koo, Sang K. Noh, "Green tea as Inhibitor of the Intestinal Absorption of Lipids: Potential Mechanism for its Lipid-Lowering Effect", 2007
13. Olusegun K. Abiola, A.O. James, "The Effects of Aloe Vera Extract on Corrosion and Kinetics of Corrosion Process of Zinc in HCl Solution", 2010

14. I.E. Uwah, P.C. Okafor, V.E. Ebiekpe, “*Inhibitive Action of Ethanol Extracts from Nauclea Latifolia on the Corrosion of Mild Steel in H₂SO₄ Solutions and their Adsorption Characteristics*”, 2010
15. M.A. Quraishi, Ambrish Singh, Vinod Kumar Singh, Dileep Kumar Yadav, Ashish Kumar Singh, “*Green Approach to Corrosion Inhibition of Mild Steel in Hydrochloric Acid and Sulphuric Acid Solutions by the Extract of Murraya Koenigii Leaves*”, 2010
16. R.SARATHA and V.G.VASUDHA, “*Inhibition of Mild Steel Corrosion in IN H₂SO₄ Medium by Acid Extract of Nyctanthes arbortristis Leaves*”, 2009
17. Ratna Budhi Pebriana, Bantari Wisynu Kusuma Wardhani, Esti Widayanti, Nur Latifah Sri Wijayanti, Titi Ratna Wijayanti, Sugeng Riyanto dan Edy Meiyanto, “*Pengaruh Ekstrak Metanolik Daun Kenikir (Cosmos caudatus Kunth.) terhadap Pemacuan Apoptosis Sel kanker Payudara*”, 2008
18. Denny A. Jones, “*Principles and Prevention of Corrosion 2nd Edition*”, 1992
19. Mars G. Fontana, “*Corrosion Engineering 3rd Edition*”, 1986
20. R. Winston Revie, “*Uhlig's Corrosion Handbook 2nd Edition*”, 2000
21. Ahmed Y. Musa, Abdul Amir H. Kadhum, Abu Bakar Mohamad, Abdul Razak Daud, Mohd Sobri Takriff, Siti Kartom Kamarudin, Norhamidi Muhamad, “*Stability of Layer Forming for Corrosion Inhibitor on Mild Steel Surface under Hydrodynamic Conditions*”, *Electrochemical Science*, Vol. 4, 707 – 716, 2009.
22. J. W. Palmer, W. Hedges and J. L. Dawson, “*The Use of Corrosion Inhibitors in Oil and Gas Production*”, 2004.
23. <http://id.wikipedia.org/wiki/Kenikir>
24. ASTM G1 – 03. “*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*”, ASTM International. 2004.
25. ASTM G31 – 72. “*Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*”, ASTM International. 2004.
26. ASTM G5 - 94, *Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement*, ASTM International. 1999.

27. F.S. de Souza, A. Spinelli, "*Caffeic acid as a green corrosion inhibitor for mild steel*", 2008.
28. Dr. Mendel, "*N,N-dipropoxy Methyl Amine Trimethyl Phosphonate As Corrosion Inhibitor For Iron in Acid*", 2001







Test Report
Non Monitoring

Customer : PT. EON Chemical Putra
Sample Type : Lubricant
Date Sampled : -
Date Received : June 6, 2011
Reference : Request by PT. EON
Report Number : 3400/PLM/F10425/2011-S2
Report Date : June 6, 2011
Lab Number : 264060611

Sample Number	1888/01/PLM	1888/02/PLM
Component	-	-
Equipment Make	-	-
Equipment Model	-	-
Equipment Serial	-	-
Rh. Engine	-	-
Rh. Lubricant	-	-
Lubricant	kenikir	Binahone
Code Unit	-	-
Noted	-	-

Sample Recommendation :

Analysis	Methode/Unit	Result	Limit
Infrared	ASTM E2412 *)	*)	
Soot	A/.1mm		
Oxidation	A/.1mm		
Fuel Diluent	% v/v		
Water	% v/v		
Nitration	A/.1mm		
Sulfonation	A/.1mm		

*) Attachment

Note .
*These analytical results are only valid for the tested sample
**Condemning limit used is general if not included from OEM condemning limit.

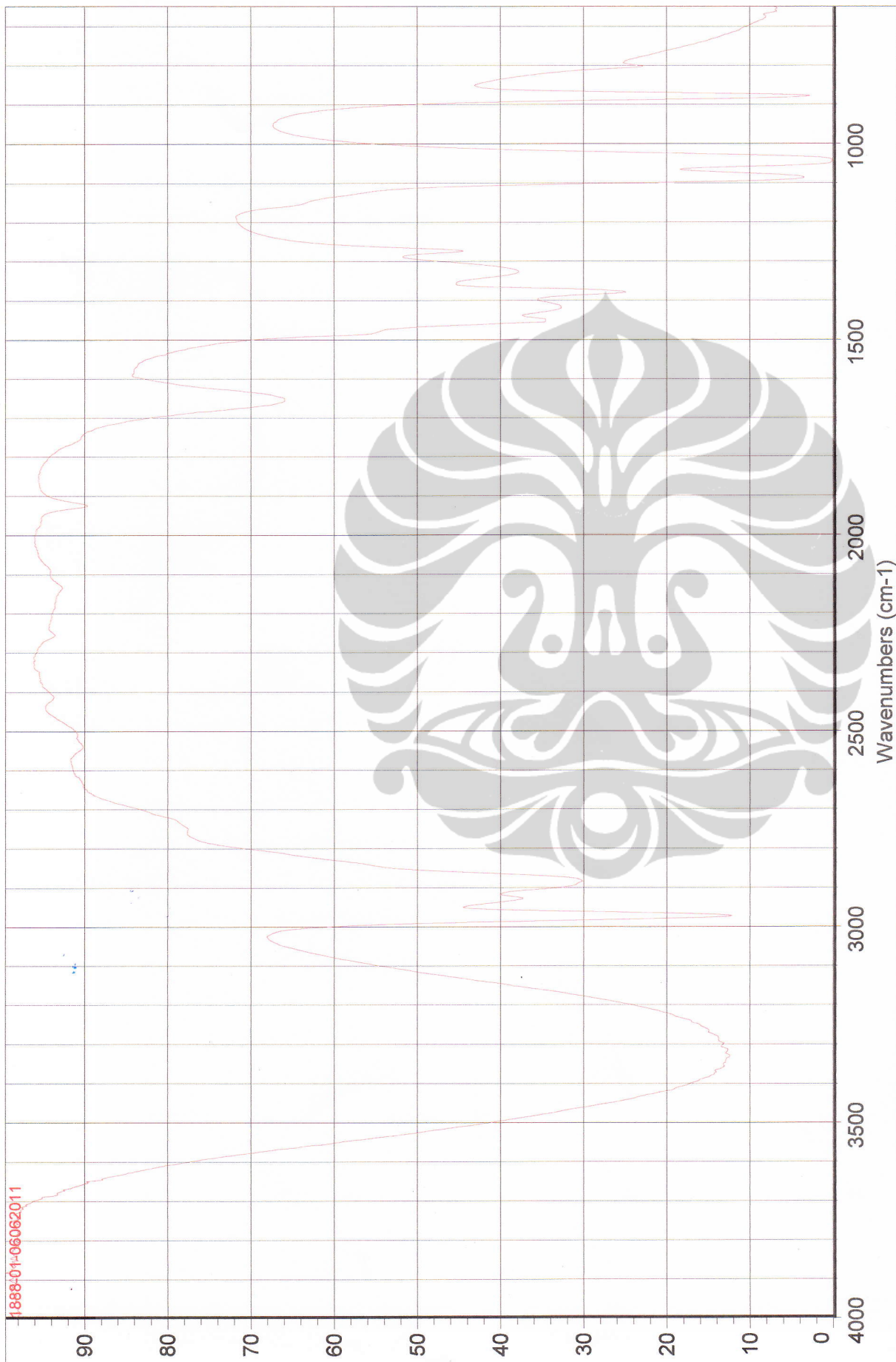


Laboratorium Penguji
LP - 365 - IDN
ISO/IEC 17025:2005

DP/5.10.3.2/Oil Clinic; Rev 3; 13 April 2010

Authorized Signatory
Technical Manager

Eko Wahyu Nugroho



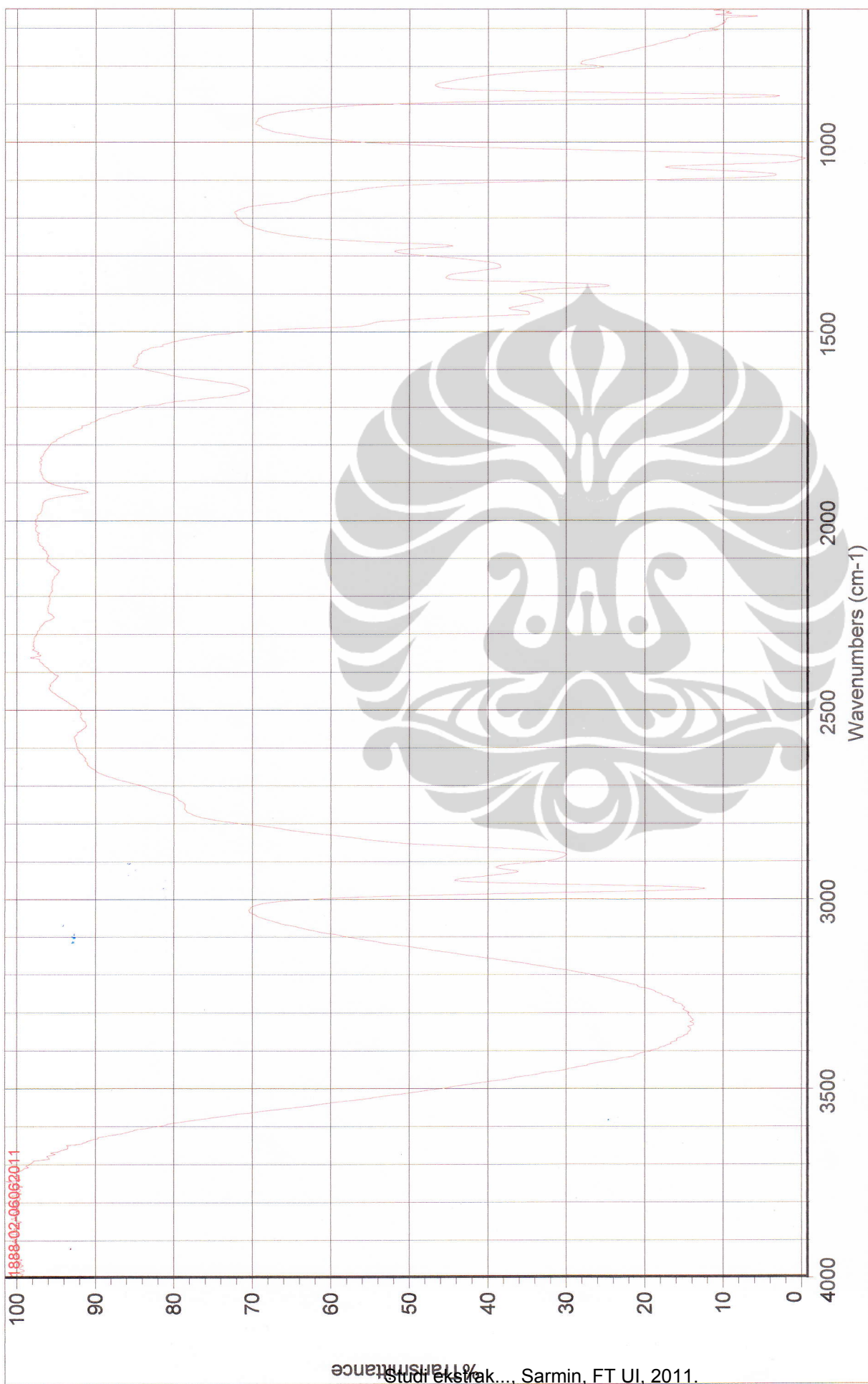
Studi Ekstrak..., Sarmin, FT UI, 2011.

Date: Mon Jun 06 14:31:36 2011 (GMT+07:01888-01-06062011)

Scans: 32

Resolution: 4.000

A



Studi ekstrak..., Sarmin, FT UI, 2011.

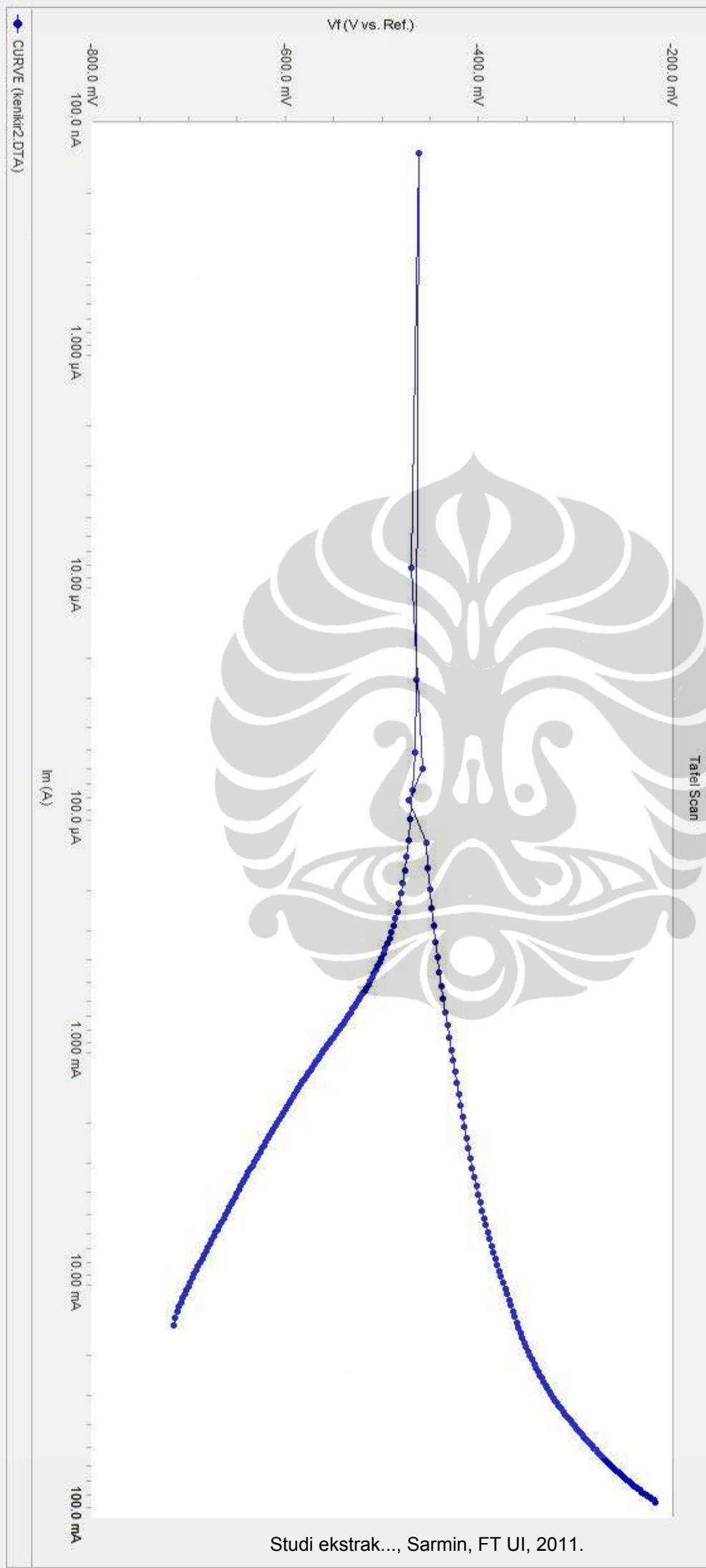
Date: Mon Jun 06 14:34:49 2011 (GMT +07:01888-02-06062011)

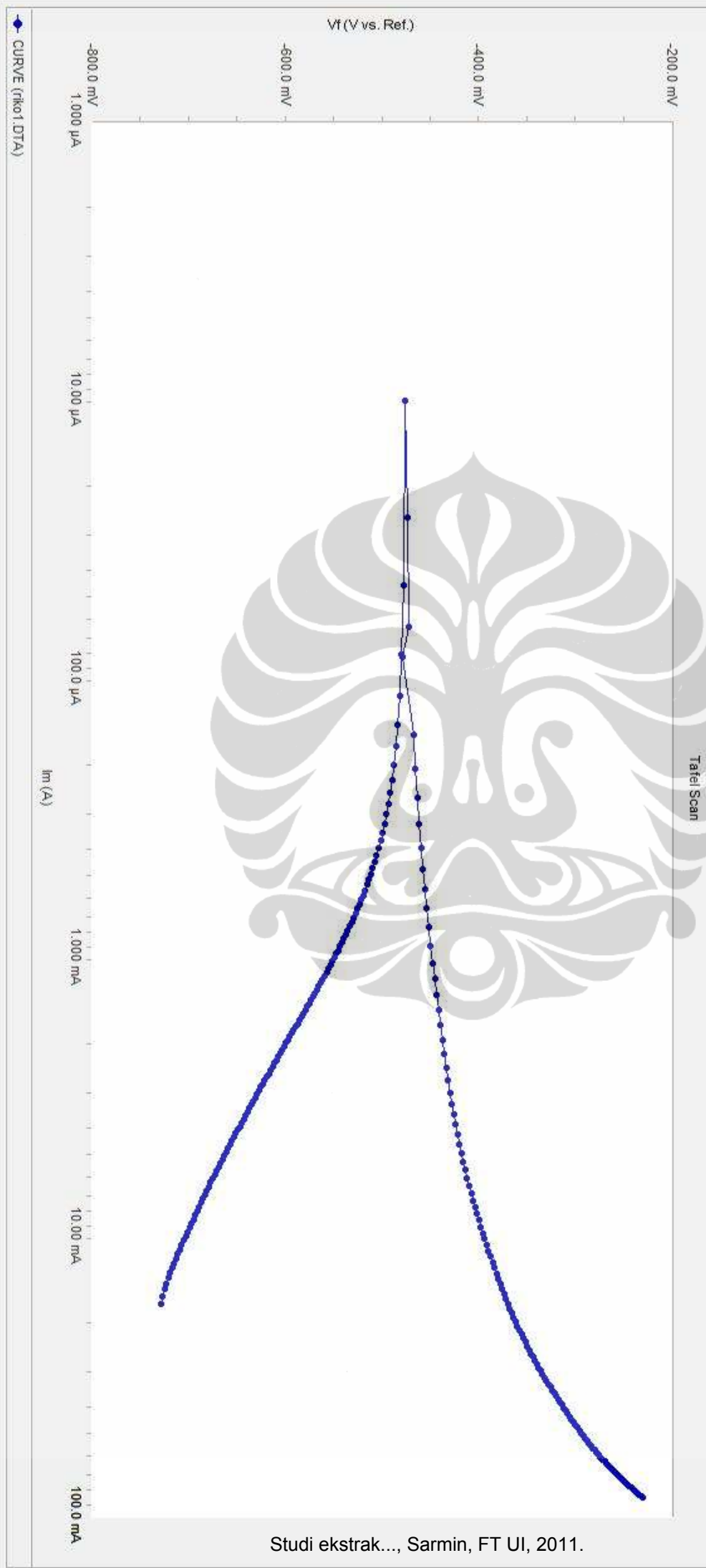
Scans: 32

Resolution: 4.000

A

Toolbar with various icons for file operations, editing, and analysis.





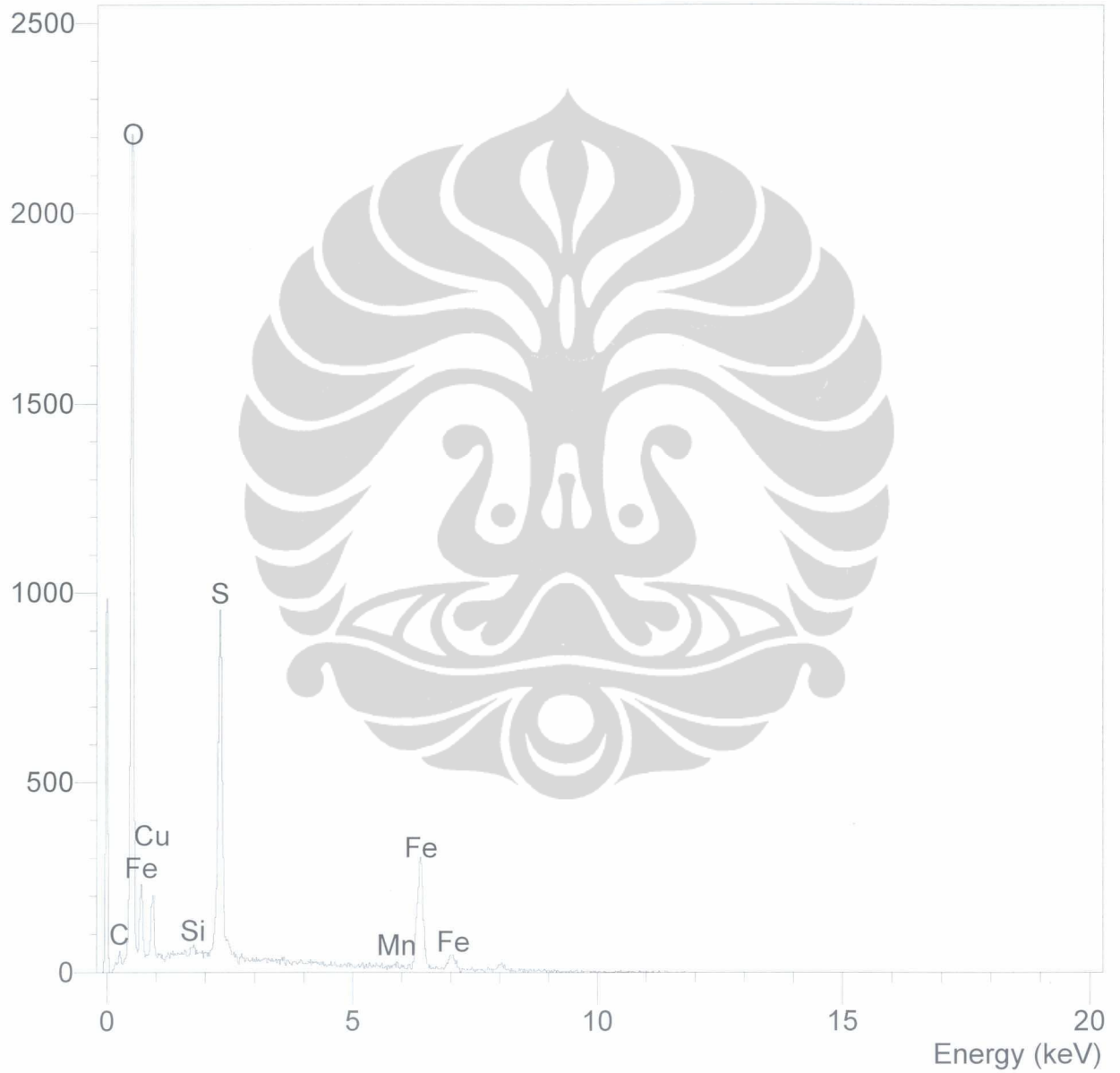
CURVE (rko1.DTA)

Ready

Gammy Echem Analyst... kenikiz2 - Paint Bookl 2:18 PM

Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
sr-H2SO4-4 (08/06/11 19:11)

Counts



SEMQuant results. Listed at 17:18:35 on 13/06/11
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: sr-H2SO4-4

System resolution = 62 eV

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

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL2O3 20/05/11
Si K	Jadeite 18/05/11
S K	FeS2 18/05/11
Mn K	Mangan 18/05/11
Fe K	FeS2 18/05/11
Cu K	Copper 18/05/11

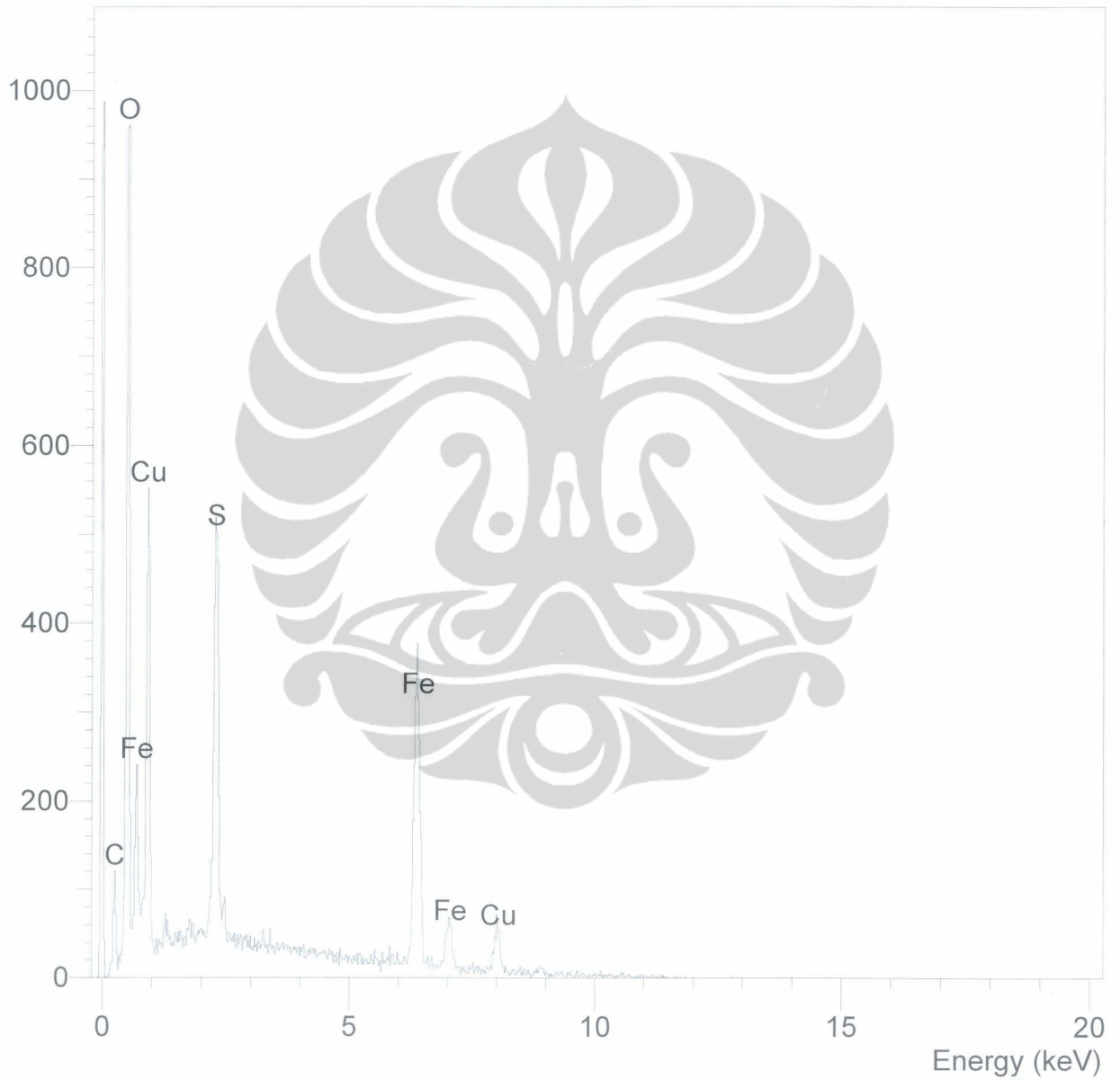
Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.46	0.91
O K	ED	50.56	75.50
Si K	ED	0.31	0.27
S K	ED	9.72	7.24
Mn K	ED	0.62	0.27
Fe K	ED	26.89	11.51
Cu K	ED	11.45	4.30
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma



Operator : zakiyuddin
Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
sr-2000-1 (08/06/11 19:22)

Counts



SEMQuant results. Listed at 17:20:03 on 13/06/11
Operator: zakiyuddin
Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
Spectrum label: sr-2000-1

System resolution = 61 eV

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

2 peaks possibly omitted: -0.02, 1.80 keV

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
O K AL2O3 20/05/11
S K FeS2 18/05/11
Fe K FeS2 18/05/11
Cu K Copper 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.61	1.76
O K	ED	24.15	52.02
S K	ED	5.80	6.23
Fe K	ED	31.32	19.32
Cu K	ED	38.12	20.67
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

