



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSTRAK UBI UNGU (*DULCIS POTATO PURPUREA*) SEBAGAI
INHIBITOR KOROSI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS ANTOSIANIN
PADA BAJA KARBON DALAM LINGKUNGAN H_2SO_4 DENGAN
KONSENTRASI 0,5 M**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

ENRIKO FADLY

0906651454

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN 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 : Enriko Fadly

NPM : 0906651454

Tanda Tangan : 

Tanggal : 30 Juni 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Enriko Fadly
NPM : 0906651454
Program Studi : Metalurgi dan Material
Judul Thesis : Studi Ekstrak Ubi Ungu (*Dulcis Potato
Purpurea*) Sebagai Inhibitor Korosi Ramah
Lingkungan Berbasis Antosianin Pada Baja
Karbon Dalam Lingkungan H_2SO_4 Dengan
Konsentrasi 0,5 M

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

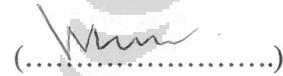
DEWAN PENGUJI

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



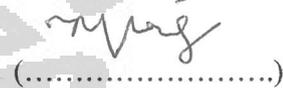
(.....)

Penguji : Ir. Andi Rustandi, MT



(.....)

Penguji : Ir. Rini Riastuti, MSc



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Sutopo, MSc



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik, 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 seluruh dosen yang telah membimbing saya atas segala bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.
- (2) Orang tua, keluarga dan teman-teman saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik material maupun moral.

Akhir kata, saya berharap semoga Tuhan berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih terhadap pengembangan ilmu.

Depok, 30 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 : Enriko Fadly

NPM : 0906651454

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 Ubi Ungu (*Dulcis Potato Purpurea*) Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan Berbasis Antosianin Pada Baja Karbon Dalam Lingkungan H_2SO_4 Dengan Konsentrasi 0,5 M

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 : 30 Juni 2011

Yang menyatakan



(Enriko Fadly)

ABSTRAK

Nama : Enriko Fadly
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Studi Ekstrak Ubi Ungu (*Dulcis Potato Purpurea*) Sebagai Inhibitor Korosi Ramah Lingkungan Berbasis Antosianin Pada Baja Karbon Dalam Lingkungan H_2SO_4 Dengan Konsentrasi 0,5 M

Inhibitor ramah lingkungan saat ini diperlukan untuk mengurangi dampak pencemaran dari inhibitor anorganik. Penelitian ini mempelajari pengaruh injeksi ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik terhadap baja karbon dalam larutan H_2SO_4 0,5M. Berdasarkan pengujian *weight loss* dari seluruh sampel uji, sampel 13 hari dengan penambahan inhibitor 6 ml menunjukkan nilai efisiensi paling tinggi yakni sebesar 78.33 % diikuti efisiensi sampel uji 9 hari dengan penambahan inhibitor sebesar 6 ml dengan efisiensi 77.01%. Hasil uji polarisasi menguatkan hasil uji imersi dengan adanya pergeseran kurva anodik yang menyebabkan turunnya laju korosi baja karbon dari 158.1 MPY menjadi 117.9 MPY. Dari pengamatan uji EDX terlihat peningkatan kadar karbon pada permukaan yang mengindikasikan adanya lapisan protektif yang dibentuk oleh inhibitor ubi ungu.

Kata kunci :

Inhibitor, Organik, Ubi, Ungu

ABSTRACT

Name : Enriko Fadly
Study Program : Metalurgy and Material
Judul : Study of Sweet Potato (*Dulcis Potato Purpurea*)
Extracts as Green Corrosion Inhibitor for H₂SO₄ 0,5 M
solution for Carbon Steel.

Green inhibitor is needed to reduce pollution cause by anorganic inhibitor. This research study the influence of purple sweet potato as orgaic inhibitor for carbon steel in H₂SO₄ 0,5M solution. From weight loss test result, 6ml inhibitor test in 13 days showing the highest efficiency which is 78.33 % followed by 6ml inhibitor in 9 days which has 77.01% efficiency. Polarization test also indicates that corrosion rate reduce with inhibitor addition from 158,1Mpy to 117,9 Mpy. Characterization with EDX indicates the increasing of carbon percentage in sample interface, which indicate protective film forming in sample cause by addition of inhibitor during test.

Key Words :

Inhibitor, Corrosion, Purple, Sweet, Potato

DAFTAR ISI

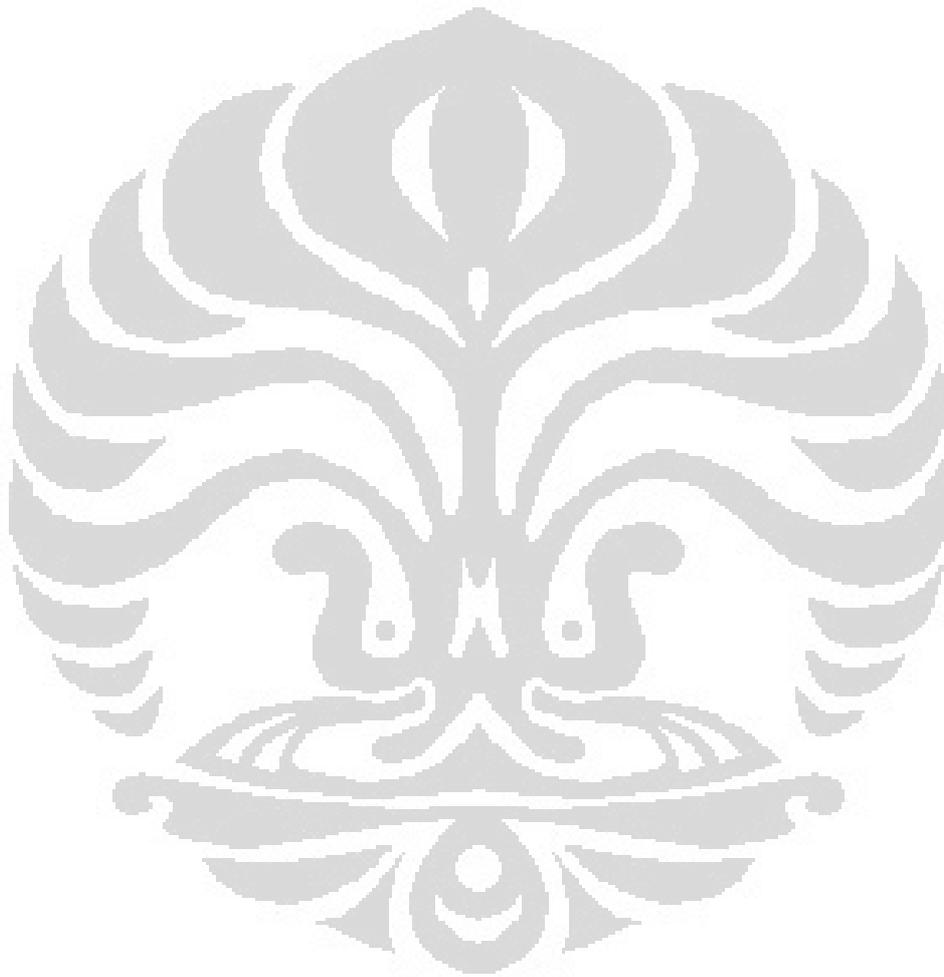
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN OROSINILITAS.....	ii
HALAMN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Prinsip Dasar Korosi.....	8
2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Korosi.....	9
2.3. Pengendalian Laju Korosi.....	13
2.3.1. Proteksi Katodik.....	13
2.3.2. Coating.....	14
2.3.3. Inhibitor.....	14
2.3.3.1. Perhitungan Laju korosi dan Efisiensi Inhibitor.....	10
2.4. Inhibitor Ramah Lingkungan.....	18
2.4.1. Ubi Ungu Sebagai Inhibitor.....	19
2.4.2. Penelitian Inhibitor pada Lingkungan H ₂ SO ₄	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Metodologi Penelitian.....	26
3.2. Peralatan dan Bahan.....	27

3.3.	Prosedur Kerja.....	27
3.3.1.	Preparasi Sampel.....	28
3.3.2.	Persiapan Uji Imersi	30
3.3.3.	Persiapan inhibitor Ekstrak Ubi Ungu.....	30
3.3.4.	Prosedur Uji Imersi.....	31
3.3.5.	Pembersihan Sampel dan Pengambilan Data	31
3.3.6.	Pengujian Polarisasi.....	32
BAB IV	HASIL PENELITIAN.....	34
4.1.	Hasil Pengujian.....	34
4.1.1.	Pengujian Spectroscopy.....	34
4.1.2.	Pengujian Imersi.....	34
4.1.3.	Pengujian Polarisasi.....	36
4.1.4.	Pengujian SEM dan EDX.....	38
4.2.	Pembahasan.....	40
4.2.1.	Analisa Pengujian Spectroscopy.....	40
4.2.2.	Pengamatan Visual.....	40
4.2.3.	Pengaruh Waktu Terhadap Pengurangan Berat dan Efisiensi...	41
4.2.4.	Analisa Pengujian Polarisasi.....	46
4.2.5.	Analisa SEM dan EDX.....	47
BAB V	KESIMPULAN.....	48
	DAFTAR REFERENSI.....	49

DAFTAR GAMBAR

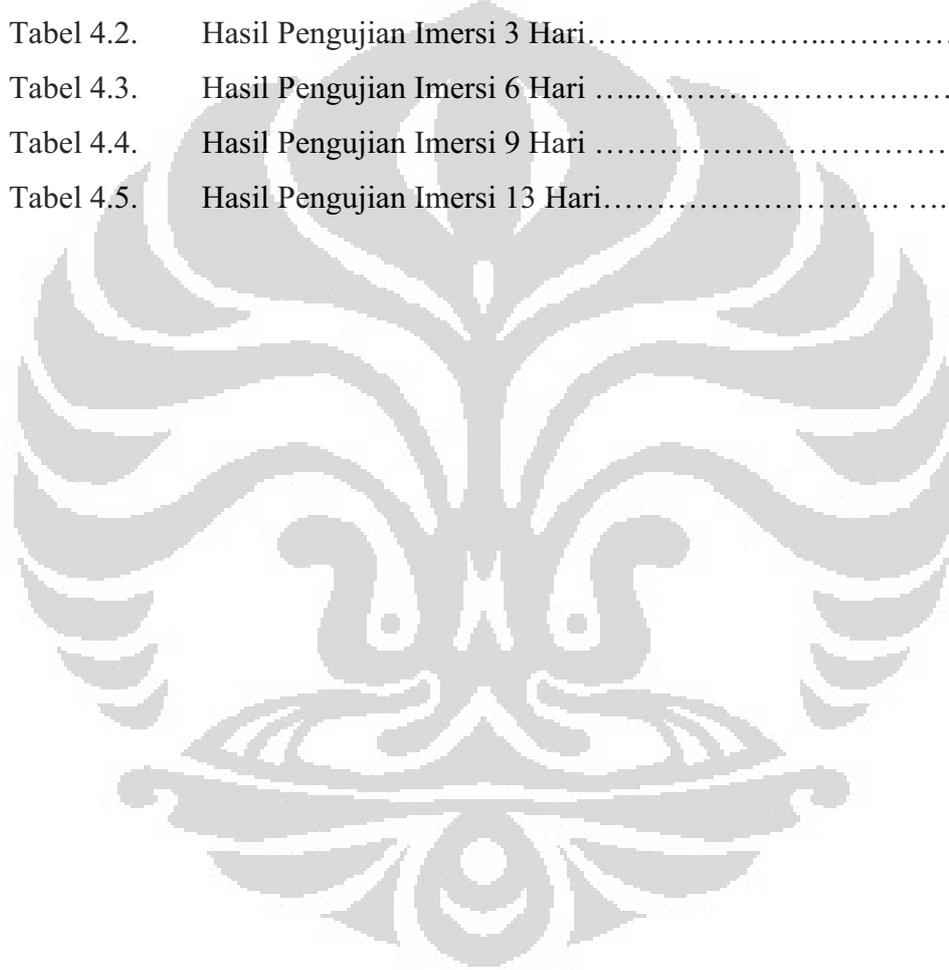
Gambar 1.1.	Kerugian Akibat Korosi.....	1
Gambar 2.1.	Skema Proses Korosi.....	9
Gambar 2.2.	Pengaruh komposisi elemen terhadap ketahanan korosi.....	11
Gambar 2.3.	Pengaruh Konsentrasi Terhadap Laju Korosi.....	11
Gambar 2.4.	Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi.....	12
Gambar 2.5.	Prinsip Proteksi Katodik.....	14
Gambar 2.6.	Ubi Ungu.....	20
Gambar 2.7	Struktur Antosianin.....	21
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2.	Alat Pemotong Sampel.....	28
Gambar 3.3.	Mesin Bor.....	28
Gambar 3.4.	Mesin Amplas.....	29
Gambar 3.5.	Sampel Baja Karbon.....	29
Gambar 3.6.	Timbangan.....	29
Gambar 3.7.	Bentuk dan Ukuran Sampel.....	30
Gambar 3.8.	Skema Uji Polarisasi.....	33
Gambar 4.1.	Hasil Uji Polarisasi Tanpa Inhibitor.....	36
Gambar 4.2.	Hasil Uji Polarisasi Dengan Inhibitor.....	37
Gambar 4.3.	Foto SEM.....	38
Gambar 4.4.	Hasil Uji EDX.....	39
Gambar 4.5.	Foto Sampel Setelah Direndam	41
Gambar 4.5.	Foto Uji Polarisasi.....	46
Gambar 4.6.	Grafik Laju Korosi Pengujian 3 Hari.....	42
Gambar 4.7.	Grafik Laju Korosi Pengujian 6 Hari.....	42
Gambar 4.8.	Grafik Laju Korosi Pengujian 9 Hari.....	43
Gambar 4.9.	Grafik Laju Korosi Pengujian 13 Hari.....	43
Gambar 4.10.	Grafik % Efisiensi Pengujian 3 Hari.....	44
Gambar 4.11.	Grafik % Efisiensi Pengujian 6 Hari.....	45
Gambar 4.12.	Grafik % Efisiensi Pengujian 9 Hari.....	45

Gambar 4.13. Grafik % Efisiensi Pengujian 13 Hari.....	46
Gambar 4.14. Pengujian Polarisasi.....	47



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Satuan Laju Korosi.....	18
Tabel 2.2.	Komposisi Kimia Ubi.....	21
Tabel 2.3.	Berbagai Pengujian Inhibitor dilingkungan H_2SO_4	25
Tabel 4.1.	Komposisi Kimia Baja Karbon Hasil Spectroscopy.....	47
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Imersi 3 Hari.....	34
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Imersi 6 Hari	35
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Imersi 9 Hari	35
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Imersi 13 Hari.....	36

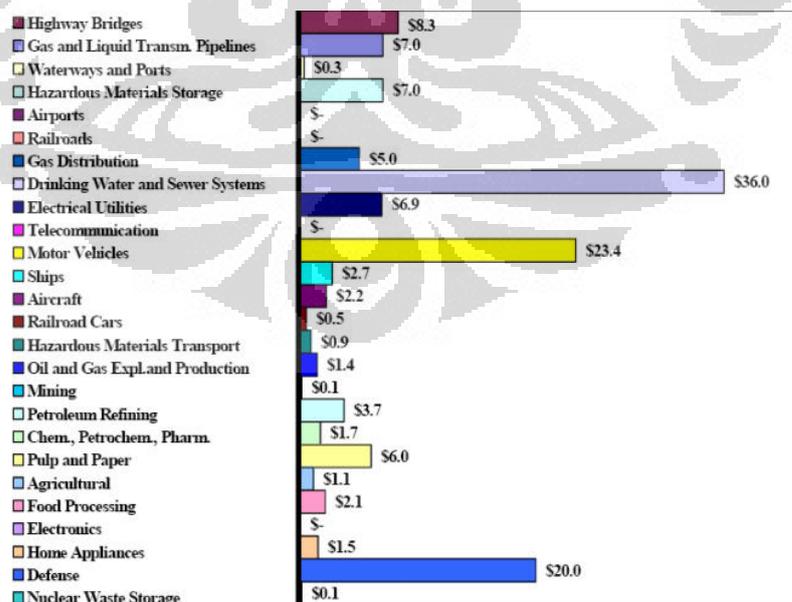


BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi merupakan fenomena alam yang secara umum dikenal sebagai degradasi atau kerusakan benda (pada umumnya logam) sebagai akibat bereaksi dengan lingkungannya. *Korosi yang terjadi pada material yang tidak dapat dihindari dan menyerang semua logam, termasuk pada material low carbon steel.* Menurut data yang disampaikan oleh Gerhardus H. Koch dkk., dalam Jurnal Materials Performance, 2002, disampaikan bahwa kerugian akibat bencana alam di Amerika Serikat mencapai 17 Milyar US\$ pertahun. Sedangkan kerugian akibat korosi mencapai 276 Milyar US\$ pertahun, sayang tidak ada data kerugian akurat baik untuk bencana alam maupun untuk kerugian korosi di Indonesia. Kerugian akibat korosi sebesar 276 M US\$ merupakan data survey pada tahun 1998 untuk biaya langsung maupun hasil interpolasi secara lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai yang demikian besarnya jelas memiliki dampak terhadap masalah ekonomi yang sangat besar besarnya nilai tersebut mencapai angka 3, 15% GDP (Gross Domestic Product).

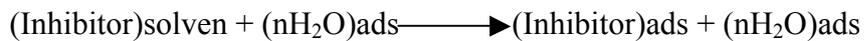


Gambar 1.1 Kerugian akibat korosi secara terperinci⁽⁵⁾.

Dari uraian yang telah disampaikan masalah korosi walaupun merupakan fenomena alam yang selalu terjadi dan bahwa korosi tidak bisa dicegah namun bisa dihambat. Kepedulian dan pemahaman yang baik mengenai masalah korosi justru akan dapat menghemat biaya kerusakan yang ditimbulkan oleh korosi dapat mencapai 25 – 30 % yang pada intinya akan dapat meningkatkan efisiensi produksi. Salah satu metode pengendalian korosi logam dalam lingkungannya adalah metode inhibisi, yaitu pemberian zat antikorosi (inhibitor) dengan konsentrasi yang kecil ke dalam lingkungannya, baik secara kontinu maupun periodik menurut selang waktu tertentu. Inhibitor bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam dan umumnya berbentuk *fluid* atau cairan yang diinjeksikan pada *production line*^(2,4). Inhibitor pada korosi logam terdapat dua jenis, yaitu *anorganik* dan *organik*. Fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat, tungstat, molibdat dan arsenat adalah beberapa senyawa anorganik yang digunakan sebagai inhibitor pada korosi logam. Namun demikian, senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya yang relatif mahal, dan tidak ramah lingkungan⁽⁵⁾.

Selain inhibitor anorganik, ada pula inhibitor organik. Senyawa yang digunakan sebagai inhibitor organik adalah senyawa *heterosiklik* yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas⁽⁶⁾. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai *ligan* yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam⁽⁵⁾. Dari penelitian yang dilakukan **Stupnisek-Lisac** (2002), inhibitor korosi logam yang paling efektif adalah senyawa-senyawa organik. Inhibitor organik akan teradsorpsi pada permukaan tergantung dari muatan inhibitor dan muatan logam untuk membentuk ikatan dari senyawa kompleks tersebut. Mekanisme – mekanisme adsorpsi diatas dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya struktur inhibitor, komposisi larutan, sifat dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka logam-larutan. Mekanisme adsorpsi secara umum diawali dengan dengan pertukaran molekul

air (*physical adsorption*) yang terabsorpsi pada permukaan logam melalui reaksi^[6]:



Selanjutnya inhibitor yang telah teradsorpsi bereaksi (*chemisorptions*) dengan kation logam yang telah teroksidasi^[18].



Adsorpsi di atas membentuk senyawa kompleks pada lapisan antar muka logam-larutan yang disebut *organo metallic complex layer* yang dapat menghambat reaksi permukaan⁽⁷⁾. Lapisan yang teradsorpsi tersebut dapat bertindak sebagai pelindung wilayah anodik, wilayah katodik, ataupun keduanya. Kecenderungan fungsi anodik-katodik dari inhibitor organik dapat dilihat dari desain dan struktur inhibitor organik tersebut.

Senyawa-senyawa organik yang sedang dikembangkan saat ini adalah *green inhibitor*. *Green inhibitor* ini berasal dari tumbuh-tumbuhan atau biji-bijian. *Green inhibitor* dari tumbuhan, yang sering digunakan biasanya berbentuk ekstrak. Bentuk ekstrak mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah mudah didapatkan dari bagian-bagian tanaman seperti biji, kulit, daun, dan batang

Ubi ungu merupakan salah satu tanaman yang berpotensi dimanfaatkan sebagai inhibitor organik. Adanya kandungan senyawa tertentu pada ekstrak ubi ungu akan memungkinkan penggunaan ekstraknya sebagai inhibitor. Senyawa-senyawa tersebut antara lain asam fenolat (kandungan sekitar 0.14-0.51 mg/g berat segar), tokoferol, beta karoten, dan antosianin (kandungan sekitar 0,4 – 0,6 mg/g berat segar)⁽⁸⁾. Antosianin merupakan pewarna yang paling penting dan paling tersebar luas dalam tumbuhan. Secara kimia antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil atau dengan metilasi. Antosianin tidak stabil dalam larutan netral atau basa. Karena itu antosianin harus diekstraksi dari tumbuhan dengan pelarut yang mengandung asam dan larutannya harus disimpan di tempat gelap serta sebaiknya didinginkan. Antosianidin ialah aglikon antosianin yang terbentuk bila antosianin dihidrolisis dengan asam.

Antosianidin terdapat enam jenis secara umum, yaitu : sianidin, pelargonidin, peonidin, petunidin, malvidin dan delphinidin.⁽⁶⁾ Dengan kestabilan antosianin pada larutan asam, penggunaan inhibitor berbasis antosianin pada larutan H₂SO₄ merupakan salah satu cara untuk mengurangi korosi baja pada lingkungan ini. Dari berbagai tanaman yang mengandung antosianin, ubi ungu memiliki kadar antosianin yang cukup tinggi yaitu 519mg/100 gr.⁽⁹⁾

Komposisi Kimia Ubijalar Segar			
KOMPOSISI KIMIA	WARNA DAGING UMBI		
	Oranye	Putih	Ungu
Air (%)	79,28	62,24	70,46
Abu (%)	1,09	0,93	0,84
Pati (%)	15,18	28,79	12,64
Protein (%)	-	0,89	0,77
Gula reduksi (%)	1,69	0,32	0,3
Serat kasar (%)	0,84	2,5	3
Lemak (%)	-	0,77	0,94
Vitamin C (mg/100 mg)	-	28,68	21,43
Antosianin (mg/100 g)	1-13	0-8	110-210
Betakaroten (mkg/100 g)	2.900	260	9.900

Tabel 1.1. Komposisi kimia umbi ⁽¹²⁾.

1.2. Perumusan Masalah

Fenomena korosi yang terjadi di alam tidak dapat kita hindari dan menyebabkan terjadinya kerugian baik langsung maupun tak langsung. Oleh Karena itu, diperlukan proteksi pada material agar laju korosi dapat dikendalikan. Salah satu metode untuk menghambat laju korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi.

Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor senyawa organik dan anorganik. Inhibitor organik, yang merupakan inhibitor yang paling efektif, diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu sintetik dan alami. Inhibitor sintetik yang sering digunakan untuk menghambat laju korosi logam memiliki sifat toksik yang dapat membahayakan lingkungan dan harganya relative mahal.

Oleh karena itu, saat ini sedang dikembangkan *green inhibitor* (ramah lingkungan) yang bersifat non-toksik, murah, sudah tersedia di alam dan tidak merusak lingkungan.

Selain itu, penggunaan konsentrasi inhibitor yang tepat juga harus diperhatikan. Hal ini dilakukan agar inhibitor korosi dapat bekerja secara maksimal. Penggunaan inhibitor dengan konsentrasi yang terlalu kecil menyebabkan inhibitor tidak dapat bekerja secara maksimal. Akan tetapi penggunaan inhibitor yang terlalu banyak dapat menyebabkan masalah, antara lain adalah terjadinya emulsi dan pembuihan akibat sifat inhibitor sebagai surfaktan. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi dari pengolah air buangan di industri minyak dan gas bumi yang berfungsi memisahkan kandungan minyak dari air sebelum dibuang. Selain itu penggunaan inhibitor secara berlebihan juga memboroskan biaya.

Permasalahan yang akan dikemukakan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu, yang telah terbukti mengandung zat antioksidan, dalam menghambat laju korosi logam *carbon steel*. Selain itu, untuk mengetahui efisiensi dan konsentrasi paling efektif dari ekstrak ubi ungu dalam menghambat laju korosi pada lingkungan yang korosif.

Larutan rendaman yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan H_2SO_4 yang dapat merepresentasikan pemakaian inhibitor organik pada kondisi lingkungan asam kuat, seperti pada : sumur pipa minyak dan gas pada industri perminyakan ketika pengeboran dengan bantuan injeksi, *chemical cleaning and processing*, dan lain-lain. Pada lingkungan H_2SO_4 untuk material, inhibitor organik biasa digunakan karena efektivitasnya.

Bila penelitian ini berhasil, ekstrak ubi ungu dapat dijadikan salah satu alternatif inhibitor organik yang dapat dikembangkan lagi agar menjadi lebih baik. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan inhibitor ini. Sehingga didapatkan sebuah inhibitor baru yang aman, murah dan ramah lingkungan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik ramah lingkungan sebagai inhibitor organik untuk mengurangi laju korosi pada baja karbon di lingkungan H_2SO_4
2. Mengetahui efisiensi dari inhibitor ekstrak ubi ungu dalam aplikasinya sebagai sistem proteksi internal
3. Mengetahui mekanisme dari inhibitor ekstrak ubi ungu
4. Mengurangi dampak pencemaran pada lingkungan yang disebabkan penggunaan inhibitor anorganik.

1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan diatas maka penelitian kali dilakukan pada larutan H_2SO_4 0,5M 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 temperatur ruang.
3. Konsentrasi ekstrak ubi ungu bervariasi dari 2,4, dan 6 ml.
4. Variabel waktu perendaman adalah 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari.
5. Pengujian weight loss menggunakan ASTM G31
6. Pengujian polarisasi menggunakan ASTM G5

1.5. Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Berisi tentang prinsip dasar korosi, jenis-jenis korosi, korosi baja karbon pada lingkungan H_2SO_4 , penjelasan tentang inhibitor korosi, teh rosela merah sebagai inhibitor korosi, dan perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor.

Bab 3 Metodologi

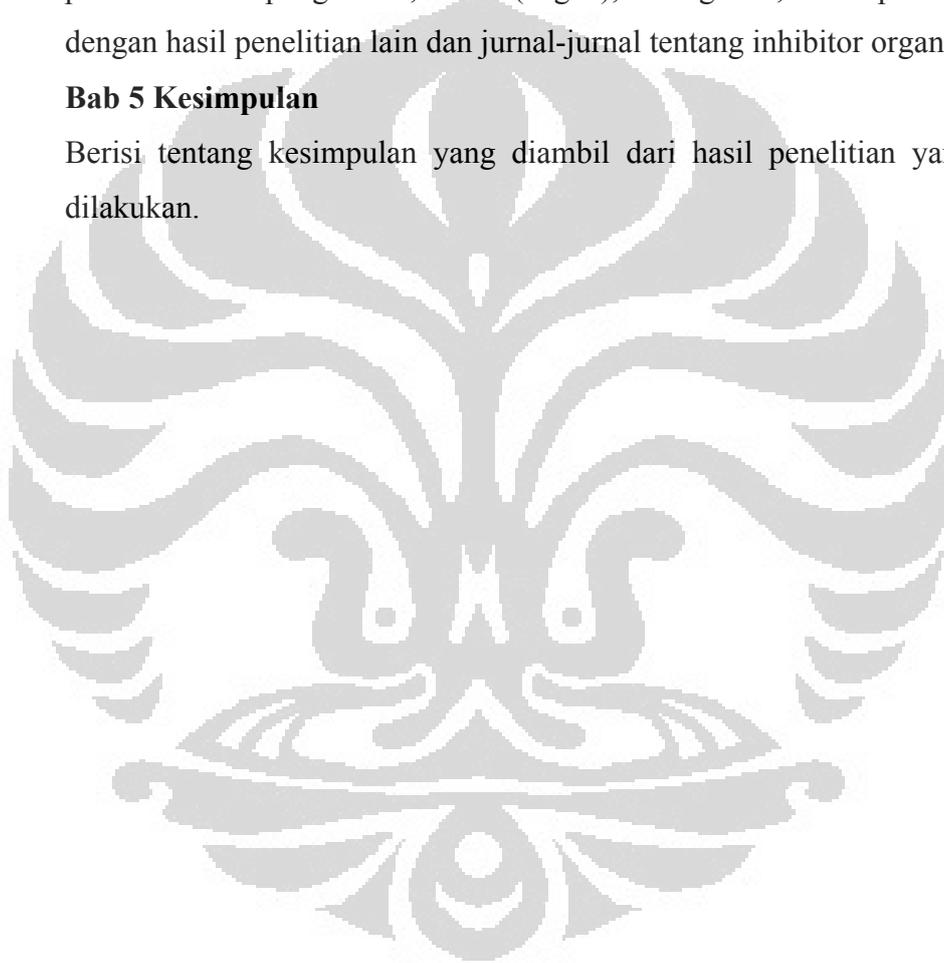
Berisi diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, dan prosedur kerja yang menjelaskan preparasi sampel, pembuatan larutan rendam, pembuatan inhibitor organik, pengujian, dan pembersihan sampel.

Bab 4 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berisi tentang hasil penelitian, pengolahan data penelitian, analisa hasil penelitian berupa gambar, tabel (angka), dan grafik, serta perbandingan dengan hasil penelitian lain dan jurnal-jurnal tentang inhibitor organik.

Bab 5 Kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Korosi

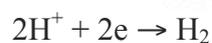
Korosi adalah kerusakan material sebagai hasil reaksi dengan lingkungannya. Korosi dapat juga didefinisikan sebagai suatu penurunan kualitas material yang disebabkan oleh terjadinya reaksi dengan lingkungannya. Lingkungan tersebut dapat berupa: air (suling, garam, laut), udara, larutan asam, larutan basa, dan tanah¹. Korosi tidak dapat dihindari dan bersifat sangat merugikan. Beberapa contoh kerugian yang dapat ditimbulkan antara lain: kerugian produksi (finansial) selama pekerjaan terhenti akibat perbaikan, tingginya biaya perawatan, dan turunnya mutu produk akibat kontaminasi dari korosi.

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron-elektron yang merupakan hasil reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda. Reaksi oksidasi (pada anoda) adalah reaksi pelepasan elektron sehingga terjadi peningkatan nilai valensi dan perubahan logam menjadi ionnya. Reaksi oksidasi pada logam L adalah²:

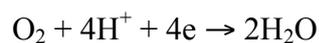


Sedangkan reaksi reduksi (pada katoda) adalah reaksi penangkapan elektron dan terjadi penurunan nilai valensi. Terdapat berbagai macam reaksi reduksi pada sel korosi tergantung dari lingkungannya dan jenis korosinya. Reaksi reduksi yang umum terjadi pada proses korosi logam yaitu¹³:

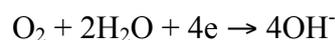
1. Reaksi evolusi gas hidrogen:



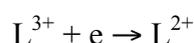
2. Reaksi reduksi oksigen pada keadaan asam:



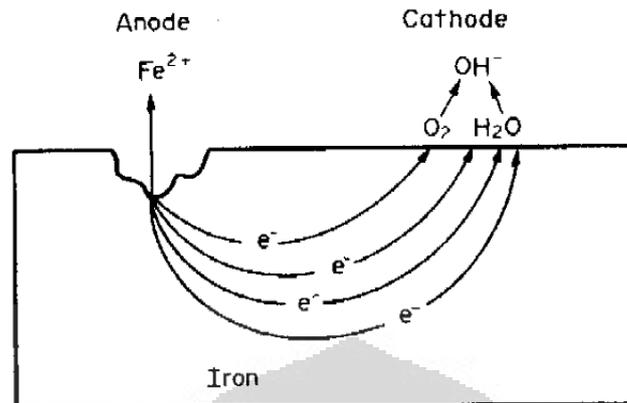
3. Reaksi reduksi oksigen pada keadaan basa:



4. Reaksi reduksi ion logam:



5. Pengendapan logam:



Gambar 2.1 Skema proses korosi

Terdapat 4 komponen penting yang berperan dalam terjadinya proses korosi, yaitu⁴:

1. Anoda adalah logam atau bagian dimana terjadi proses oksidasi atau proses karat.
2. Katoda adalah logam atau bagian dimana terjadi proses reduksi atau terbentuknya gas hasil elektrolisa.
3. Hubungan listrik antara anoda dan katoda harus terdapat kontak listrik agar arus listrik dalam sel korosi dapat mengalir.
4. Elektrolit merupakan media yang dapat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi suatu logam dapat terkorosi dan kecepatan laju korosi suatu logam. Suatu logam yang sama belum tentu mengalami kasus korosi yang sama pula pada lingkungan yang berbeda. Begitu juga dua logam pada kondisi lingkungan yang sama tetapi jenis materialnya berbeda, belum tentu mengalami korosi yang sama. Dari hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi korosi suatu logam, yaitu faktor metalurgi dan faktor lingkungan.

1. Faktor Metalurgi

Faktor metalurgi adalah pada material itu sendiri. Apakah suatu logam dapat tahan terhadap korosi, berapa kecepatan korosi yang dapat terjadi pada

suatu kondisi, jenis korosi apa yang paling mudah terjadi, dan lingkungan apa yang dapat menyebabkan terkorosi, ditentukan dari faktor metalurgi tersebut.

Yang termasuk dalam faktor metalurgi antara lain :

a. Jenis logam dan paduannya

Pada lingkungan tertentu, suatu logam dapat tahan terhadap korosi. Sebagai contoh, aluminium dapat membentuk lapisan pasif pada lingkungan tanah dan air biasa, sedangkan Fe, Zn, dan beberapa logam lainnya dapat dengan mudah terkorosi.

b. Morfologi dan homogenitas

Bila suatu paduan memiliki elemen paduan yang tidak homogen, maka paduan tersebut akan memiliki karakteristik ketahanan korosi yang berbeda-beda pada tiap daerahnya.

c. Perlakuan panas

Logam yang di-*heat treatment* akan mengalami perubahan struktur kristal atau perubahan fasa. Sebagai contoh perlakuan panas pada temperatur 500-800⁰C terhadap baja tahan karat akan menyebabkan terbentuknya endapan krom karbida pada batas butir^[7]. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya korosi intergranular pada baja tersebut. Selain itu, beberapa proses *heat treatment* menghasilkan tegangan sisa. Bila tegangan sisa tersebut tidak dihilangkan, maka dapat memicu terjadinya korosi retak tegang.

d. Sifat mampu fabrikasi dan pemesinan

Merupakan suatu kemampuan material untuk menghasilkan sifat yang baik setelah proses fabrikasi dan pemesinan. Bila suatu logam setelah fabrikasi memiliki tegangan sisa atau endapan inklusi maka memudahkan terjadinya retak.

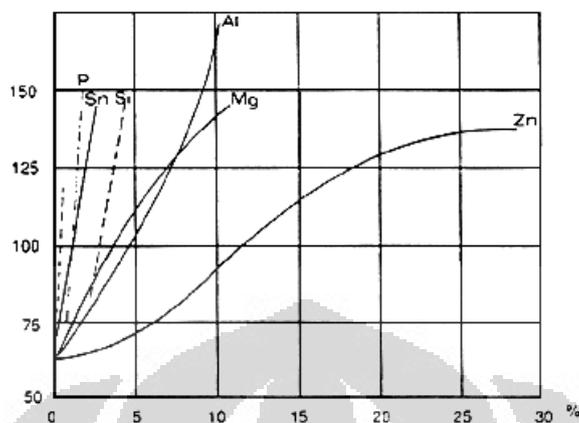
2. Faktor Lingkungan

Faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi korosi antara lain¹⁴:

a. Komposisi kimia

Ion-ion tertentu yang terlarut di dalam lingkungan dapat mengakibatkan jenis korosi yang berbeda-beda. Misalkan antara air laut dan air tanah memiliki sifat korosif yang berbeda dimana air laut mengandung ion klor yang sangat reaktif

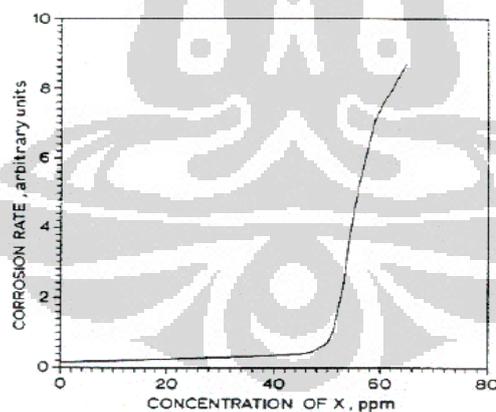
mengakibatkan korosi. Gambar 2.2. menunjukkan pengaruh komposisi elemen paduan terhadap ketahanan korosi terhadap paduan tembaga.



Gambar 2.2 Pengaruh komposisi elemen paduan terhadap ketahanan korosi paduan^[1]

b. Jenis dan konsentrasi elektrolit

Konsentrasi dari elektrolit atau kandungan oksigen akan mempengaruhi kecepatan korosi yang terjadi. Pengaruh konsentrasi elektrolit terlihat pada laju korosi yang berbeda dari besi yang tercelup dalam H_2SO_4 encer atau pekat, dimana pada larutan encer, Fe akan mudah larut dibandingkan dalam H_2SO_4 pekat. Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

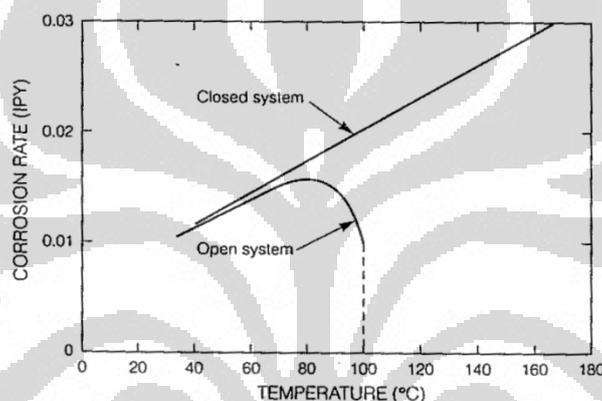


Gambar 2.3 Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi^[1]

Suatu logam yang berada pada lingkungan dengan kandungan O_2 yang berbeda akan terbagi menjadi dua bagian yaitu katodik dan anodik. Daerah anodik terbentuk pada media dengan konsentrasi O_2 yang rendah dan katodik terbentuk pada media dengan konsentrasi O_2 yang tinggi.

c. Temperatur

Pada lingkungan temperatur tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena pada temperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat. Gambar 2.4. menunjukkan pengaruh temperatur terhadap laju korosi pada Fe. Semakin tinggi temperatur, maka laju korosi akan semakin meningkat, namun menurunkan kelarutan oksigen. Sehingga pada suatu sistem terbuka, diatas suhu 80°C , laju korosi akan mengalami penurunan karena oksigen akan keluar sedangkan pada suatu sistem tertutup, laju korosi akan terus meningkat karena adanya oksigen yang terlarut^[8].



Gambar 2.4 Pengaruh temperatur terhadap laju korosi Fe di lingkungan air yang mengandung oksigen^[17]

d. Gas, cair atau padat

Kandungan kimia di medium cair, gas atau padat berbeda-beda. Misalkan pada gas, bila lingkungan mengandung gas asam, maka korosi akan mudah terjadi (contohnya pada pabrik pupuk). Kecepatan dan penanganan korosi ketiga medium tersebut juga dapat berbeda-beda. Untuk korosi di udara, proteksi katodik tidak dapat dilakukan, sedangkan pada medium cair dan padat memungkinkan untuk dilakukan proteksi katodik.

e. Kondisi biologis

Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dapat menyebabkan terjadinya korosi mikrobial terutama sekali pada material yang terletak di tanah. Keberadaan mikroorganisme sangat mempengaruhi konsentrasi oksigen yang mempengaruhi kecepatan korosi pada suatu material.

f. Faktor pH

pH dalam proses korosi sangat berpengaruh untuk terjadi apa tidaknya proses korosi. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan angka berkisar antara 0-14. Jika pH berkisar antara 0 – 7 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila pH berkisar antara 7 – 14 maka lingkungan bersifat basa. Lingkungan dinyatakan netral bila memiliki pH 7^[15]. Dengan melihat diagram pourbaix korosi dari logam pada pH tertentu dapat diprediksi apakah lingkungan tersebut dapat mengalami korosi atau tidak. Selain itu juga dapat melihat sifat logam pada berbagai kondisi. Berikut contoh diagram pourbaix Fe.

Untuk menghitung pH pada lingkungan asam dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ sedangkan untuk lingkungan basa dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = 14 - \log [\text{OH}^-]$. Dengan menurunnya pH maka laju korosi akan meningkat. Makin rendah pH maka lingkungan tersebut bersifat makin asam dan kandungan hidrogennya meningkat. Pada pH yang rendah biasanya larutan bersifat lebih konduktif sedangkan pada pH yang tinggi maka mineral terlarut dapat membentuk deposit scale pada permukaan logam^[16].

Faktor-faktor metalurgi dan lingkungan harus dievaluasi secara integral. Dalam suatu industri, sering diterapkan beberapa jenis logam dalam suatu kondisi lingkungan, atau sebaliknya satu jenis logam berada dalam beberapa jenis kondisi lingkungan. Kondisi yang paling rumit adalah beberapa jenis logam berada pada beberapa jenis lingkungan.

2.3 Pengendalian Laju Korosi

2.3.1 Proteksi Katodik

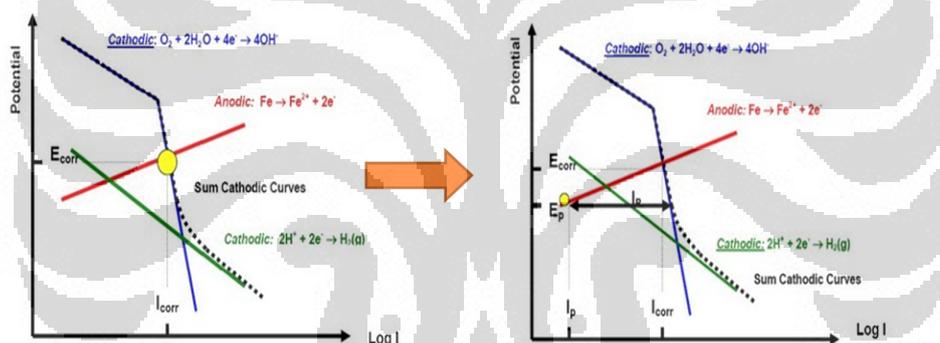
Proteksi katodik (*Cathodic Protection*) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia. Secara sederhana korosi galvanis akan terjadi pada logam jika ada tiga hal dipenuhi^[1,8] :

1. Ada dua buah logam yang memiliki Beda Potensial Elektrik (perbedaan lebih dari 0,1 volt sudah cukup untuk memicu terjadinya korosi). Dua buah logam tidak harus dari dua logam yang berbeda jenis, meskipun pada logam yang sama (misal pada satu pipa baja) akibat kondisi permukaan (kotor, cat atau coating terkelupas, korosi, dll) dan ketidakseragaman komposisi maka dapat

menimbulkan beda potensial elektrik ini. Bagian logam dengan PE tinggi (lebih positif) akan menjadi penerima elektron atau bersifat katodik dan bagian dengan PE rendah (lebih negatif) akan menjadi penyumbang elektron (anoda) bila kedua logam dihubungkan.

2. Dua buah logam tersebut kontak secara elektrik (memungkinkan terjadinya aliran arus listrik).
3. Ada fluida elektrolit yang memungkinkan arus mengalir pada lingkungan kedua logam tersebut.

Ide dari proteksi katodik adalah logam anodik pada lingkungan logam yang akan dilindungi, sedemikian rupa sehingga logam yang dilindungi akan menjadi bagian katodik jika proses korosi berlangsung. Proteksi katodik memanfaatkan konsep deret galvanis (mekanisme korosi galvanis) untuk melindungi logam.



Gambar 2.5 Prinsip proteksi katodik^[1]

2.3.2 Coatings

Coatings merupakan merupakan suatu cara pengendalian korosi dengan memberikan lapisan pelindung pada logam sehingga logam terisolasi dari lingkungannya yang korosif. *Coating* biasa diberikan pada seluruh permukaan logam sehingga reaksi antara permukaan logam dengan lingkungan mengalami penghambatan. Lapisan isolator ini akan menghambat aliran arus listrik diseluruh permukaan logam yang dilindungi. Untuk aplikasi misalnya baja, metode *coatings* cukup efektif untuk dikombinasikan dengan metode proteksi katodik dalam peningkatan efektifitas^[14].

2.3.3. Inhibitor

Korosi atau yang biasa disebut karat merupakan suatu fenomena alam yang akan terus terjadi selama logam berinteraksi (berhubungan) dengan lingkungannya. Korosi tidak dapat dihindari tetapi dapat dikendalikan atau dihambat laju korosinya. Proses pencegahan korosi yang dapat dilakukan, yaitu: perlindungan katoda (*cathodic protection*), pelapisan pada permukaan logam (*coating*), dan penambahan inhibitor korosi. Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena dalam penggunaannya memerlukan biaya yang relatif murah dan prosesnya sederhana.

Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang ditambahkan dalam jumlah sedikit biasanya 10-80 ppm ke dalam lingkungan sehingga menurunkan laju korosi terhadap logam⁹. Mekanisme kerja inhibitor dapat dibedakan menjadi beberapa cara, yaitu⁽¹⁸⁾:

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan pasif dengan ketebalan beberapa molekul saja. Lapisan ini tidak dapat terlihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
2. Melalui pengaruh lingkungan, misalnya pH, menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam, serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
3. Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logam dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Inhibitor dapat diklasifikasikan berdasarkan mekanisme dalam menghambat laju korosi, yaitu⁽¹⁸⁾:

1. Inhibitor Anodik (*Passivating*)

Mekanisme dari inhibitor anodik adalah dengan cara menghambat reaksi anodik melalui pembentukan lapisan pasif pada permukaan logam. Hal yang perlu diperhatikan adalah apabila konsentrasi inhibitor anodik tidak

mencukupi, maka dapat menyebabkan peningkatan kecepatan korosi logam. Lapisan pasif yang terbentuk tidak mampu menutupi atau melindungi seluruh permukaan logam, maka bagian yang tidak tertutupi akan terkorosi dengan cepat. Korosi yang terjadi biasanya adalah korosi sumuran (*pitting corrosion*).

Terdapat 2 jenis inhibitor anodik, yaitu:

- i. *Oxidizing anions*, merupakan jenis inhibitor anodik dimana membutuhkan oksigen dalam pembentukan lapisan pasif. Contoh dari jenis ini adalah kromat, nitrit, dan nitrat.
- ii. *Non-oxidizing ions*, merupakan jenis inhibitor dimana tidak membutuhkan oksigen dalam pembentukan lapisan pasif. Contoh dari jenis ini adalah fosfat, tungstat, dan molybdat.

2. Inhibitor Katodik

Mekanisme dari inhibitor katodik adalah dengan cara menghambat reaksi katodik. Apabila reaksi katodik ini dihambat, maka reaksi anodik juga akan dihambat karena reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda berjalan setimbang. Inhibitor katodik dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

- i. Racun Katoda bekerja dengan cara menghambat reaksi evolusi hidrogen (penggabungan atom-atom H menjadi molekul H_2) di permukaan logam. Inhibitor ini bersifat beracun bagi lingkungan. Contoh dari racun katoda ini seperti: As_2O_3 , Sb_2O_3 .
- ii. Presipitat Katoda bekerja dengan cara membentuk lapisan oksida yang melindungi logam. Contoh dari presipitat katoda ini seperti: kalsium, magnesium, dan seng.
- iii. *Oxygen Scavenger* bekerja dengan cara mengikat oksigen terlarut sehingga dapat mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda. Contohnya: *hydrazine*.

3. Inhibitor Organik

Pada inhibitor organik, terkadang efek anodik dan katodik dapat muncul. Mekanisme dari inhibitor organik adalah dengan cara membentuk lapisan tipis (*film-forming*) yang bersifat hidrofobik pada permukaan logam. Inhibitor organik ini membentuk lapisan protektif yang teradsorpsi di

permukaan logam yang akan menciptakan penghalang antara logam dan elektrolit. Karena pembentukan lapisan merupakan proses adsorpsi, temperatur dan tekanan mempengaruhi pembentukan lapisan tersebut. Contoh dari inhibitor organik adalah amino ($-\text{NH}_2$) dan karboksil ($-\text{COOH}$).

Efektivitas dari inhibitor organik dipengaruhi oleh komposisi kimia, struktur molekul, dan afinitas inhibitor terhadap permukaan logamnya. Selain itu, kekuatan ikatan adsorpsi merupakan faktor dominan untuk inhibitor organik dalam menghambat laju korosi. Penambahan konsentrasi inhibitor ke dalam suatu larutan sangat penting, karena penambahan konsentrasi inhibitor yang tepat dapat melindungi seluruh permukaan logam.

4. Inhibitor Presipitasi

Mekanisme inhibitor presipitasi adalah dengan cara membentuk presipitat di seluruh permukaan logam yang secara tidak langsung berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut. Contoh dari inhibitor presipitat adalah silika dan fosfat. Dalam sistem aerasi air panas, natrium silikat dapat melindungi baja, tembaga, dan kuningan. Namun, proteksi ini kurang efektif, sangat tergantung pada pH dan indeks saturasi. Sedangkan fosfat membutuhkan oksigen dalam menghambat korosi dengan efektif.

5. *Volatile Corrosion Inhibitors*

Mekanisme *volatile corrosion inhibitor (VCI)* adalah dengan cara mengalirkan inhibitor dari tempat dimana inhibitor tersebut diupkan menuju ke lingkungan yang korosif melalui lingkungan tertutup. Proses proteksi ini dimulai ketika uap berhubungan atau kontak dengan permukaan logam terkondensasi menjadi garamnya dan memberikan ion yang dapat melindungi logam dari korosi. Penggunaan VCI tergantung pada kemampuan menguapkan komposisi dari inhibitor tersebut. Untuk proses proteksi yang cepat diperlukan inhibitor yang kemampuan menguapnya tinggi. Contoh dari VCI adalah *morpholine* dan *hydrazine* yang digunakan

pada boiler, *dicyclohexylamine*, *cyclohexylamine*, dan *hexamethylene-amine* digunakan pada *shipping containers*.⁽⁴⁾

2.3.3.1 Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Terdapat beberapa macam metode untuk menghitung laju korosi. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*). Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur pengurangan berat akibat korosi yang terjadi. Sampel yang telah ditimbang, direndam pada larutan selama beberapa waktu. Setelah perendaman, dilakukan pembersihan untuk membersihkan produk korosi pada sampel dilanjutkan dengan penimbangan sampel kembali. Sehingga didapatkan data berat sebelum dan sesudah perendaman. Pengurangan berat yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi suatu laju korosi dengan memperhitungkan pengurangan berat, luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis. Untuk mendapatkan laju korosi ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Laju korosi (MPY)} = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T}$$

Dimana: K = konstanta (tabel 2.1)

W = pengurangan berat (gr)

D = massa jenis (gr/cm^3)

A = luas permukaan yang direndam (cm^2)

T = waktu (jam)

Nilai K pada perhitungan laju korosi disesuaikan dengan satuan-satuan yang digunakan. Hubungan satuan laju korosi dengan nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimetres per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometres per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)	8.76×10^7
picometres per second (pm/s)	2.78×10^6
grams per square meter per hour ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D$

Tabel 2.1 Satuan laju korosi dengan nilai K⁽¹⁾

Efisiensi inhibitor menunjukkan persentase penurunan laju korosi dengan adanya penambahan inhibitor dibandingkan dengan laju korosi tanpa adanya penambahan inhibitor. Semakin besar nilai efisiensi inhibitor maka kemampuan inhibitor dalam menghambat laju korosi semakin baik. Perhitungan efisiensi inhibitor menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{efisiensi inhibitor} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\%$$

Dimana: X_a = laju korosi tanpa inhibitor

X_b = laju korosi dengan penambahan inhibitor

2.4 Inhibitor Ramah Lingkungan

Isu inhibitor yang aman dan ramah lingkungan mulai muncul di kalangan industri yang peduli dengan keadaan lingkungan global. Sebagai contohnya adalah penggunaan kromat yang diterapkan untuk pretreatment paduan aluminium. Karena kromat merupakan suatu zat yang beracun dan bersifat karsinogen, kini penggunaan inhibitor korosi alternatif untuk menggantikan kromat kian gencar dikembangkan untuk mengurangi dampak buruk bagi manusia, hewan, dan lingkungan⁽²⁰⁾.

Inhibitor ramah lingkungan ini dapat berasal dari elemen bumi yang cukup langka hingga senyawa organik. Penelitian telah banyak dilaksanakan dengan penggunaan elemen bumi yang langka seperti senyawa lantanida. Aballe, dkk (2001) telah melaksanakan penelitian mengenai penggunaan lanthanum, serium klorida, dan campuran keduanya sebagai inhibitor paduan AA5083 Al-Mg pada

larutan sodium klorida 3,5%. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan bahwa serum dapat digunakan sebagai inhibitor ramah lingkungan yang cukup efektif^[17].

Selain itu, inhibitor ramah lingkungan juga dapat diperoleh dari senyawa-senyawa organik. A.Y. El-Etre (2000) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan madu sebagai inhibitor ramah lingkungan. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh bahwa madu dapat digunakan sebagai inhibitor untuk tembaga di larutan yang mengandung air^[18]. Inhibisi korosi oleh senyawa organik disebabkan oleh adanya mekanisme adsorpsi molekul dan ion di permukaan logam. Tingkat perlindungan inhibitor organik bergantung pada adsorpsi yang ditentukan oleh beberapa faktor, yakni^[21]:

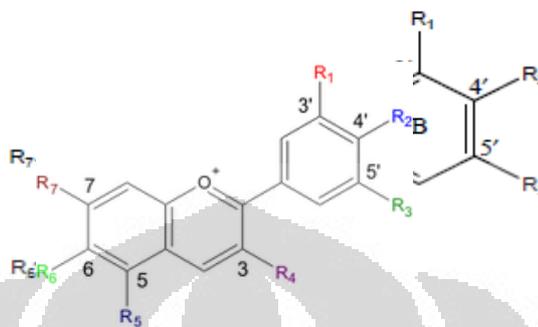
- Tipe adsorpsi inhibitor
- Struktur kimia dari inhibitor
- Jenis larutan/elektrolit

2.4 .1. Ubi Ungu Sebagai Inhibitor

Beberapa penelitian tentang penggunaan *green inhibitor* dalam studi inhibisi korosi telah dilakukan, contohnya penelitian yang dilakukan oleh Eddy dkk (2009) dengan menggunakan inhibitor berbasis tarivid sebagai inhibitor pada logam baja mildsteel dalam media H₂SO₄ memberikan hasil yang efektif.⁽¹⁰⁾ Begitu juga dengan ekstrak ubi ungu. Jenis senyawa yang terdapat dari hasil ekstrak ubi ungu dapat menjadikannya sebagai salah satu inhibitor organik untuk menghambat laju korosi. Senyawa-senyawa tersebut antara lain asam fenolat (kandungan sekitar 0.14-0.51 mg/g berat segar), tokoferol, beta karoten, dan antosianin (kandungan sekitar 0,4 – 0,6 mg/g berat segar)^[Nur Hidayat]. Sedangkan ubi ungu yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil ekstrak dan mengandung antosianin sebesar 0.6 gr/ml.

Secara kimia semua antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil, metilasi, dan glikosilasi (Harborne, 1996). Antosianin adalah senyawa yang bersifat amfoter, yaitu memiliki kemampuan untuk bereaksi baik dengan asam

maupun basa. Dalam media asam, antosianin berwarna merah, perubahan warna karena perubahan kondisi lingkungan ini tergantung dari gugus yang terikat pada struktur dasar dari posisi ikatannya (Charley, 1970). Struktur kimia dasar dari antosianin ditunjukkan oleh **gambar 4.1**.



Gambar 2.7 Struktur kimia dari Antosianin⁽¹¹⁾

Pada setiap inti *flavilium* terdapat sejumlah molekul yang berperan sebagai gugus pengganti. Tabel berikut ini menunjukkan sejumlah gugus pengganti yang paling umum ditemui pada antosianin.

Dengan kandungan antosianin pada ubi ungu, dan kestabilan antosianin pada pH yang rendah, memungkinkan penggunaan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor ramah lingkungan pada baja karbon di lingkungan H_2SO_4 .

Komposisi Kimia Ubijalar Segar			
KOMPOSISI KIMIA	WARNA DAGING UMBI		
	Oranye	Putih	Ungu
Air (%)	79,28	62,24	70,46
Abu (%)	1,09	0,93	0,84
Pati (%)	15,18	28,79	12,64
Protein (%)	-	0,89	0,77
Gula reduksi (%)	1,69	0,32	0,3
Serat kasar (%)	0,84	2,5	3
Lemak (%)	-	0,77	0,94
Vitamin C (mg/100 mg)	-	28,68	21,43
Antosianin (mg/100 g)	1-13	0-8	110-210
Betakaroten (mkg/100 g)	2.900	260	9.900

Tabel 2.2 Komposisi kimia Ubi⁽¹²⁾

2.4.2 Penelitian Inhibitor pada Lingkungan H_2SO_4

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan salah satu lingkungan dengan tingkat keasaman yang cukup tinggi sehingga bersifat korosif terhadap material seperti baja karbon. Berbagai Penelitian telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi pada lingkungan asam sulfat.

Tinjauan Referensi inhibitor korosi

No	Pengarang	P.Lengkap	Tahun	Judul	Jurnal/ Penerbit	Tema	Larutan	Metode Pengujian	Variabel	Hasil
1	Abdel- Gaber, dkk	A. M Abdel Gaber, B.A. Abd-El- Nabey, I.M. Sidahmed, A.M. El- Zayadi, M.Saadawy	2006	Inhibitive action of some plant extracts on the corrosion of steel in acidic media	Corrosion Science 48. Pp. 2765- 2779	Inhibitor: Ekstrak tumbuhan: Chamomile, Halfabar, Black cumin, Kidney bean	H2SO4	EIS Tafel		<ul style="list-style-type: none"> • Keempat ekstrak tumbuhan dapat digunakan sebagai inhibitor • Proses • inhbisi tergantung dari kestabilan ekstrak • Urutan efisiensi: black cumin, kidney bean, chamomile, halfabar • Proses inhibisi meningkat dengan kenaikan konsentrasi: chamomile max 90,2% pada 7,56 g/l, black cumin max 87,2 pada 1,14 g/l, halfabar max 87,1% pada 2,52 g/l, kidney bean max 83,5% pada 2,4 g/l • Mekanisme

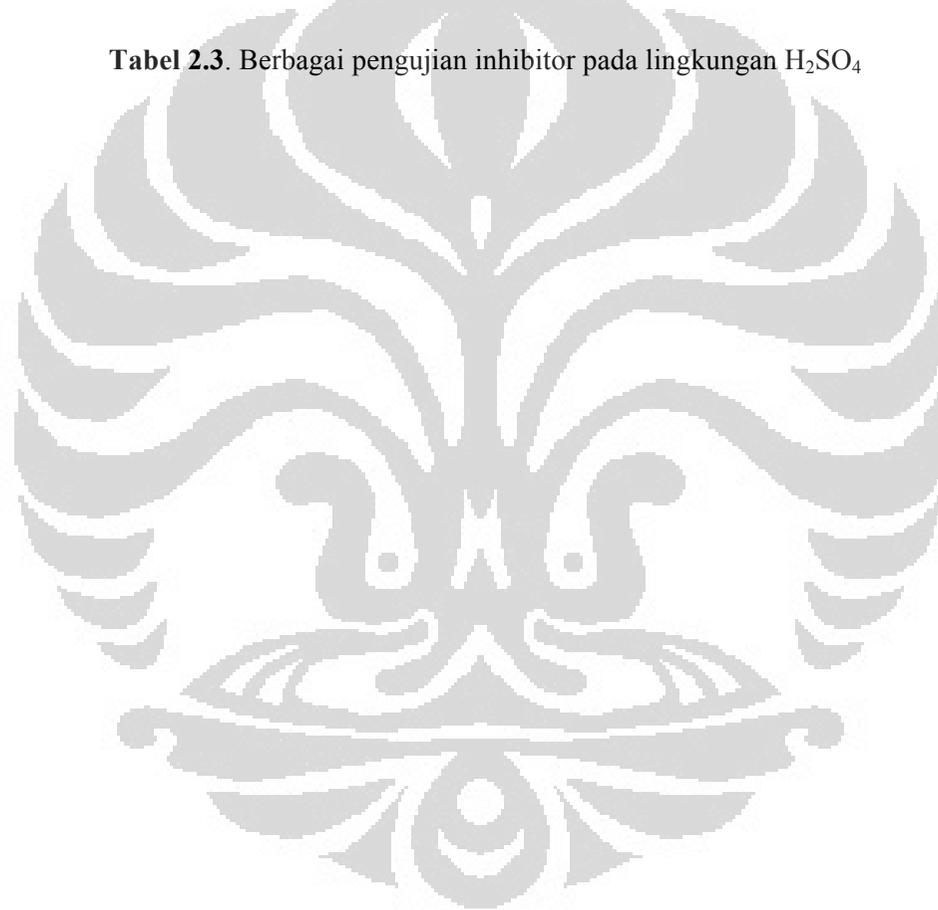
										adsorpsi: kidney bean-langmuir, chamomile-flory huggins
2	Khalid& Amin	K.F. Khaled, Mohammed A.Amin	2009	Corrosion monitoring of mild steel in sulphuric acid solutions in presence of some thiazole derivatives – Molecular dynamics, chemical and electrochemical studies	Corrosion Science 51. Pp. 1964-1975	Inhibitor: Thiazole APT-MTT-TCA	H ₂ SO ₄	Weight loss Tafel EIS EFM	C: 10 ⁻⁵ – 10 ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Ketiga jenis inh., mampu mengurangi proses korosi • Efisiensi tertinggi oleh APT • Ketiganya bertipe mix • Hasil EIS menunjukkan penambahan inh. Meningkatkan charge-transfer resistance terhadap proses korosi sehingga meningkatkan performa inhibisi • Inhibisi meningkat dengan kenaikan kons.
3	Amin& Ibrahim	Mohammed A.Amin, Mohammed M. Ibrahim	2011	Corrosion and corrosion control of mild steel in concentrated H ₂ SO ₄	Corrosion Science 53. Pp. 873-885	Inhibitor: Glycine Der GlyD1 GlyD2 Gly	H ₂ SO ₄	Tafel LPR EIS ICP-AES	T:278-338 K t: 1-30 hari C: 5X10 ⁻⁴ – 5X10 ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Glyd1 memiliki performa lebih baik dibanding GlyD2 dan Gly • Efisiensi meningkat dengan kenaikan kons dan menurun dengan

				solutions by a newly synthesized glycine derivative						kenaikan T <ul style="list-style-type: none"> • Ketiganya bertipe mix • Mekanisme adsorpsi mengikuti Temkin isothermal yang terjadi secara fisik, dimana aktivasi energi lebih tinggi
4	Moretti,dkk	G. Moretti, F.Guidi, G.Grion	2004	Tryptamine as a green iron corrosion inhibitor in 0.5 M deaerated sulphuric acid	Corrosion Science 46. Pp. 387-403	Inhibitor: Green Tryptamine	H2SO4 (deaerated)	Tafel (PCM) EIS	t:1,24,72 jam T: 25-55 C C:10-3 – 10-2	<ul style="list-style-type: none"> • Tryptamine cukup efektif sebagai inhibitor dan juga murah dan ramah lingkungan • Mekanisme chemisorb terjadi pada konsentrasi lebih tinggi dan T 55 C • Mekanisme adsorpsi mengikuti teori Bockris-Swinkel's isothermal, kemungkinan terbentuk lapisan Fe-polimer • Hasil EIS menunjukkan pada kondisi waktu lama, tercapai efisiensi maksimum 95-98%

										pada T 25 dan 55 C
5	Kamal & Sethuraman	C. Kamal, M.G. Sethuraman	2010	Spirulina platensis – A novel green inhibitor for acid corrosion of mild steel	Arabian Journal of Chemistry	Inhibitor: Green Spirulina platensis (microalga)	HCl H ₂ SO ₄	Weight loss Tafel EIS SEM	T:303, 313, 323 K C: 100-500 ppm	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibitor dapat digunakan pada dua jenis larutan • Efisiensi meningkat dengan kenaikan kons. • Mekanisme adsorpsi secara fisik dan mengikuti teori Temkin isothermal • Terbentuk lapisan protektif ditandai dengan kenaikan Rct dan penurunan Cdl • Sifat inhibisi dapat dihubungkan dengan asam amino, asam lemak, peptida, dan protein
6	Znini, dkk	M. Znini, L.Majidi, A. Bouyanzer, J. Paolini, J-M. Desjobert, J. Costa, B.	2010	Essential oil of Salvia aucheri mesatlantica as a green inhibitor for the corrosion of steel in 0.5	Arabian Journal of Chemistry	Green Inhibitor: Salvia aucheri mesatlantica	H ₂ SO ₄	Weight loss Polarisasi EIS	C: 0,25-2 g/l T: 303-343 K	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil analisis kimia: champhor sebagai komponen utama • Efisiensi meningkat dengan kenaikan C dan T • Inhibitor bertipe anodik • Mekanisme

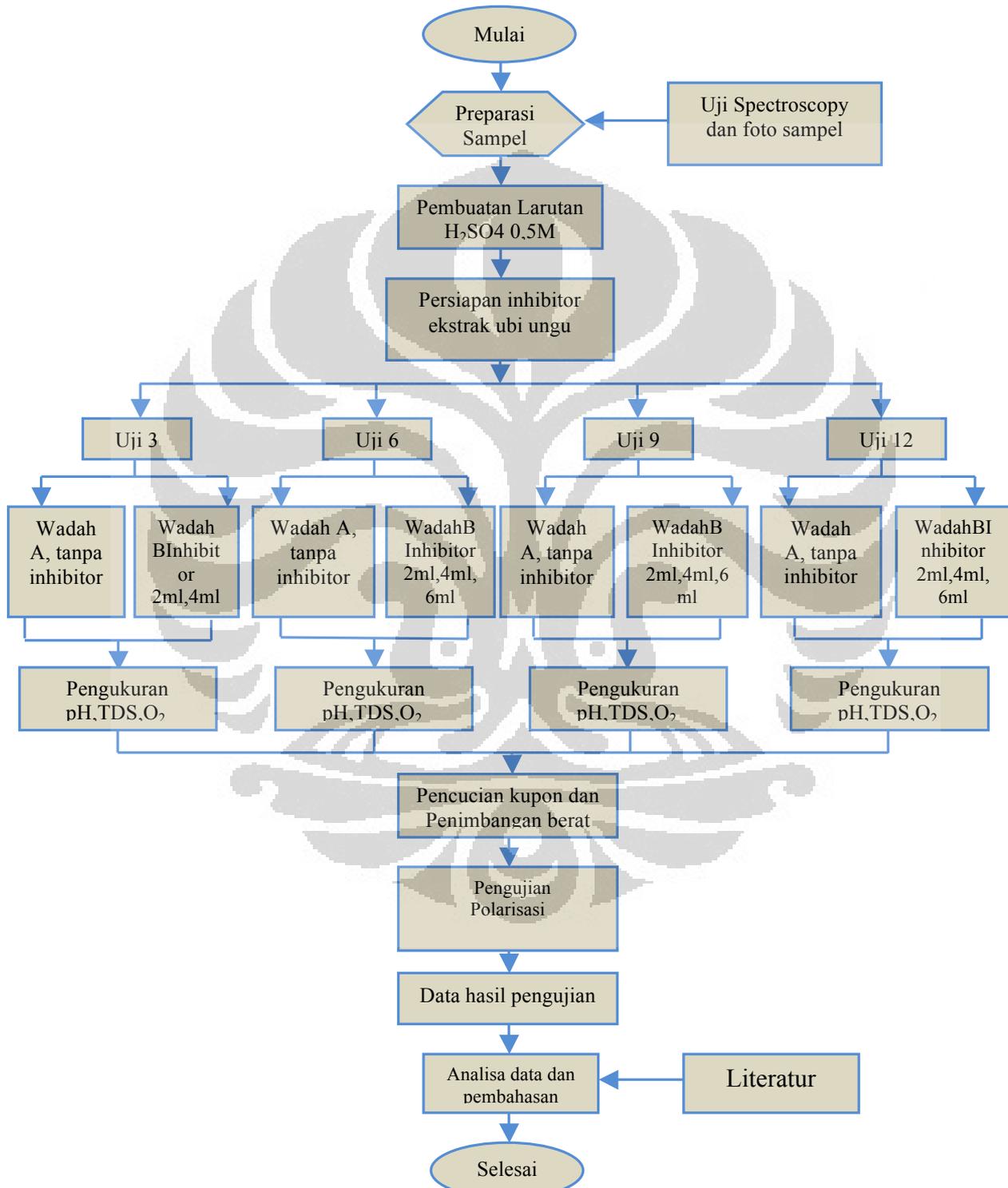
		Hammouti		M H ₂ SO ₄							adsorpsi teori Langmuir isothermal	
--	--	----------	--	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------	--

Tabel 2.3. Berbagai pengujian inhibitor pada lingkungan H₂SO₄



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Alat pemotong sampel
2. Mesin bor dan mata bor diameter 3 mm
3. Mesin dan kertas amplas
4. Timbangan digital
5. Jangka sorong
6. pH meter digital
7. Multimeter
8. Benang, wadah plastik, dan kertas label
9. Elektroda standar Ag/AgCl
10. Penggaris dan pensil
11. Kamera digital
12. *Beaker glass* dan Labu *Erlenmayer* 1000 ml
13. *Hair dryer*
14. *Ultrasonic agitator*

3.2.2. Bahan

1. *Low carbon steel*
 - a. Dimensi : 25 mm x 20 mm x 1 mm
2. H₂SO₄ 0.5M
3. Toluene
4. *Acetone*
5. NaHCO₃
6. Inhibitor *baracor*
7. Garam teknis
8. Aquades
9. Wine (ekstrak ubi ungu)

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Preparasi Sampel

1. Pemotongan sampel

Pada penelitian ini, material baja karbon rendah yang didapat berupa lembaran berdimensi 250 mm x 200 mm x 1 mm. Kemudian dipotong

menjadi berukuran 25 mm x 20 mm x 1 mm. Wadah plastik disesuaikan dengan ukuran sampel saat proses pencelupan dimana ukuran plastik dapat menampung harus dapat menampung sesuai standar ASTM G31-72 yaitu volume larutan minimal untuk merendam sebuah sampel adalah sebanyak 0,4 kali luas permukaan sampel^[8].



Gambar 3.2. Alat pemotong sampel.

2. Pengeboran sampel

Sampel yang telah dipotong, kemudian dibor dengan mata bor berdiameter 3 mm pada bagian atas untuk menggantungkan sampel dengan benang.



Gambar 3.3. Mesin bor.

3. Pengamplasan sampel

Sampel dilakukan persiapan berupa pengamplasan agar oksida yang ada dipermukaan sampel dapat hilang. Pengamplasan dimulai dari kertas amplas #80 dan dilanjutkan dengan kertas amplas #120.



Gambar 3.4. Mesin amplas.

4. Pengambilan Foto

Sampel difoto untuk mendapatkan data visual sampel sebelum dilakukan pencelupan.



Gambar 3.5. Sampel baja karbon rendah.

5. Penimbangan berat awal sampel

Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital dengan tingkat akurasi empat angka dibelakang koma.

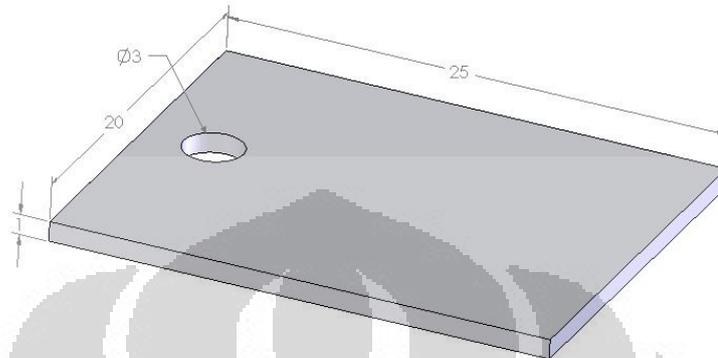


Gambar 3.6. Alat timbangan.

3.3.2. Persiapan Uji Imersi

Berdasarkan ASTM G31-72, untuk pengujian celup skala laboratorium, volume larutan minimal untuk pengujian adalah:

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel} \dots\dots\dots \text{Pers. 3.2.}^{[8]}$$



Gambar 3.7 Bentuk dan ukuran *coupon*.

Luas permukaan sampel:

$$L = (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) - (2\pi r t) + (2\pi r^2)$$

$$L = (2 \times 25 \times 20) + (2 \times 25 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 1,5 \times 1) + (2 \times 3,14 \times 1,5^2)$$

$$L = 1085,29 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume minimal} &= 0,4 \times 1085,29 \\ &= 434,12 \text{ ml} \approx 450 \text{ ml} \end{aligned}$$

Sehingga, volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan $1.085,29 \text{ mm}^2$ adalah 434,12 ml. Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 450 ml.

3.3.3. Persiapan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu

Proses-proses ekstraksi dari ubi ungu tidak dilakukan karena inhibitor organik yang didapat telah berbentuk ekstrak dan dapat digunakan secara langsung. Dalam penelitian ini, ekstrak ubi ungu dengan komposisi 0.6 gr/ml antosianin.

Pertama-tama ekstrak ubi ungu diambil menggunakan pipet, kemudian diletakkan di gelas ukur sampai jumlah yang dibutuhkan. Digunakan konsentrasi 6 ml untuk wadah yang akan diinhibisi.

3.3.4. Langkah Kerja Uji Rendam (ASTM G31-72)^[8]

Sampel yang telah dilakukan preparasi, digantung dengan benang dan kemudian dicelupkan kedalam wadah plastik yang telah berisi larutan asam sulfat 450 ml pada temperatur ruang, dimana setiap satu sampel direndam pada 1 wadah.

Setiap wadah diberi penomoran, dengan perlakuan yang berbeda pada setiap nomornya. Berikut penomoran dan perlakuan :

1. Wadah 3, dengan perendaman sampel selama 3 hari.
 - A ; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B ; ditambahkan 2 ml inhibitor
 - C; ditambahkan 4 ml inhibitor
 - D; ditambahkan 6 ml inhibitor
2. Wadah 6, dengan perendaman sampel selama 6 hari.
 - A ; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B ; ditambahkan 2 ml inhibitor
 - C; ditambahkan 4 ml inhibitor
 - D; ditambahkan 6 ml inhibitor
3. Wadah 9, dengan perendaman sampel selama 9 hari.
 - A ; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B ; ditambahkan 2 ml inhibitor
 - C; ditambahkan 4 ml inhibitor
 - D; ditambahkan 6 ml inhibitor
4. Wadah 12, dengan perendaman sampel selama 12 hari.
 - A ; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B ; ditambahkan 2 ml inhibitor
 - C; ditambahkan 4 ml inhibitor
 - D; ditambahkan 6 ml inhibitor

3.3.5. Pengambilan Data dan Pembersihan Sampel (NACE Standard RP0775-2005)^[19]

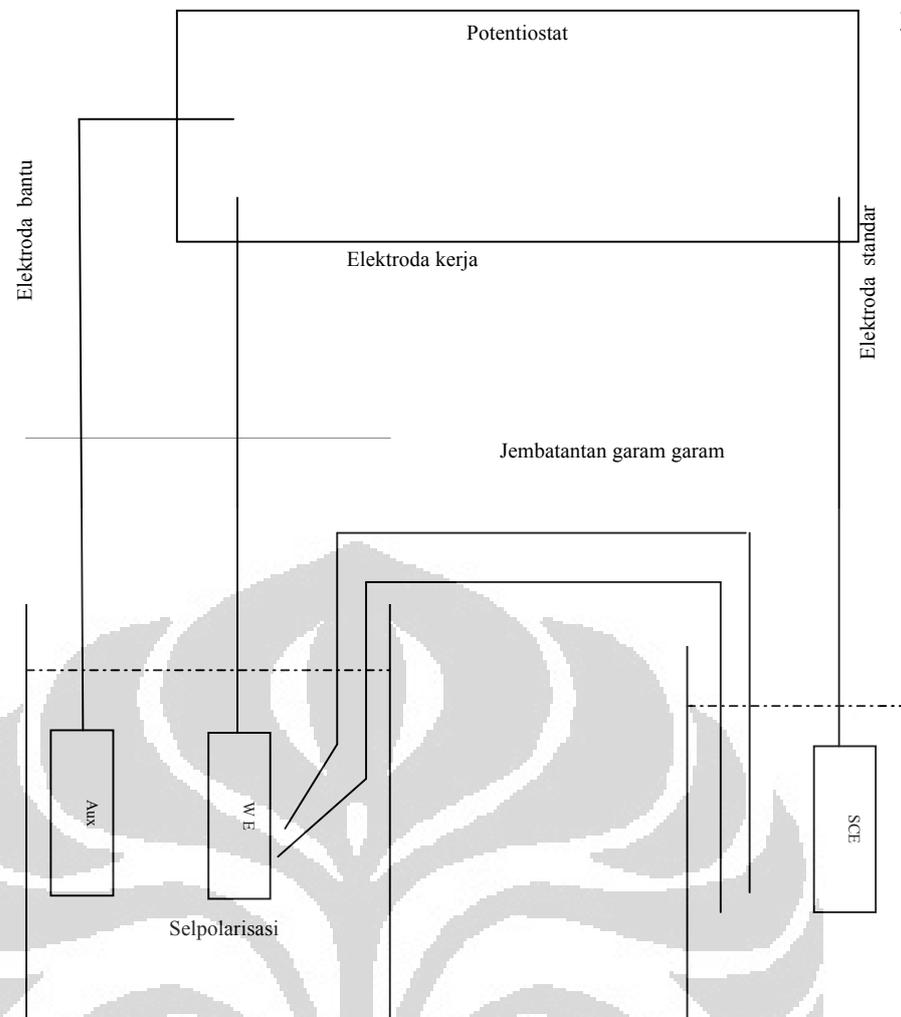
1. Pengukuran pH akhir larutan dengan menggunakan pH meter digital.
2. Keluarkan sampel untuk difoto sebelum melakukan pembersihan

3. Celupkan sampel kedalam toluene untuk menghilangkan minyak atau *paraffin* pada permukaan sampel. Cuci dengan *acetone* kemudian keringkan dengan *hair dryer*.
4. Masukkan sampel kedalam *beaker glass* berisi larutan HCl 32% 200 ml yang sudah ditambahkan 2ml inhibitor *baracor* untuk *pickling* dan menghilangkan *scale* dan produk korosi. Masukkan *beaker glass* tersebut kedalam mesin *Ultrasonic Agitator* untuk mempercepat proses.
5. Celupkan sampel kedalam larutan NaHCO_3 lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam kemudian bilas dengan *aquadesh*.
6. Cuci sampel dengan *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*.
7. Hitung berat akhir sampel sesudah melakukan pembersihan.
8. Foto sampel.

3.3.6. Pengujian polarisasi

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* [10].

1. Pengujian polarisasi menggunakan alat ACM potensiostat
2. Sampel direndam pada potensial korosi bebas sebelum kestabilan polarisasi
3. Lakukan pengukuran potensial polarisasi
4. Plot kurva polarisasi
5. Ulangi pengukuran dua kali untuk memastikan konsistensi



Gambar 3.8. Skema uji Polarisasi

BAB 4
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Pada penelitian ini, baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang belum diketahui komposisinya, dilakukan pengujian *spectroscopy* untuk mengetahui komposisinya. Hasil pengujian menunjukkan komposisi baja adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Komposisi baja karbon rendah hasil pengujian *spectroscopy*

Fe(%)	C(%)	Si(%)	S(%)	P(%)	Cr(%)	Pb(%)
≈99.59	0.057	0.007	0.003	0.007	0.023	<0,025
Ni(%)	Mo(%)	Ti(%)	Cu(%)	Nb(%)	V(%)	Mn(%)
0.031	<0.005	<0.002	0.121	<0.002	<0.002	0.160

4.1.2 Hasil Pengujian Imersi

Data pengujian 3 hari

Tabel 4.2. Hasil pegujian imersi 3 hari

Sampel	Time (hour)	Density sampel	Surface area (inch²)	initial weight	Final	weight loss(mg)	CR (MPY)	Avg CR(MPY)	Efisiensi (%)
3H 0M A	72	7.6321	4.2357	3.0086	2.8690	139.60	0.03203	0.03172	
3H 0M B	72	7.6321	4.2357	2.9461	2.8092	136.90	0.03141		
3H 2M A	72	7.6321	4.2357	3.1120	3.0228	89.20	0.02046	0.02066	34.86
3H 2M B	72	7.6321	4.2357	3.1736	3.0827	90.90	0.02085		
3H 4M	72	7.6321	4.2357	3.1647	3.0994	65.30	0.01498	0.01451	54.25

A									
3H 4M B	72	7.6321	4.2357	2.8731	2.8119	61.20	0.01404		
3H 6M A	72	7.6321	4.2357	3.2183	3.1579	60.40	0.01386		
3H 6M B	72	7.6321	4.2357	3.2868	3.2303	56.50	0.01296	0.01341	57.72

Data Pengujian 6 hari

Tabel 4.3. Hasil pegujian imersi 6 hari

Sampel	Time (hour)	Density sampel	Surface area (inch ²)	initial weight	Final	weight loss(mg)	CR (MPY)	Avg CR (MPY)	Efisiensi (%)
6H 0M A	144	7.6321	4.2357	2.9081	2.6430	265.10	0.03041		
6H 0M B	144	7.6321	4.2357	2.9334	2.6498	283.60	0.03253	0.03147	
6H 2M A	144	7.6321	4.2357	2.9794	2.8483	131.10	0.01504		
6H 2M B	144	7.6321	4.2357	3.0558	2.9018	154.00	0.01767	0.01635	48.04
6H 4M A	144	7.6321	4.2357	2.9723	2.8915	80.80	0.00927		
6H 4M B	144	7.6321	4.2357	3.4849	3.4272	57.70	0.00662	0.00794	74.76
6H 6M A	144	7.6321	4.2357	2.9629	2.8955	67.40	0.00773		
6H 6M B	144	7.6321	4.2357	3.0223	2.9621	60.20	0.00691	0.00732	76.75

Data Pengujian 9 hari

Tabel 4.4. Hasil pegujian imersi 9 hari

Sampel	Time (hour)	Density sampel	Surface area (inch ²)	initial weight	Final	weight loss(mg)	CR (MPY)	Avg CR (MPY)	Efisiensi (%)
9H 0M A	216	7.6321	4.2357	3.3467	2.8942	452.50	0.03460		
9H 0M B	216	7.6321	4.2357	3.2367	2.7842	452.50	0.03460	0.03460	
9H 2M A	216	7.6321	4.2357	4.7649	4.4179	347.00	0.02654		
9H 2M B	216	7.6321	4.2357	4.7234	4.4478	275.60	0.02108	0.02381	31.19
9H 4M A	216	7.6321	4.2357	4.3133	4.1694	143.90	0.01100	0.01062	69.30

9H 4M B	216	7.6321	4.2357	4.4233	4.2894	133.90	0.01024		
9H 6M A	216	7.6321	4.2357	3.0479	2.9545	93.40	0.00714		
9H 6M B	216	7.6321	4.2357	3.0734	2.9588	114.60	0.00876	0.00795	77.01

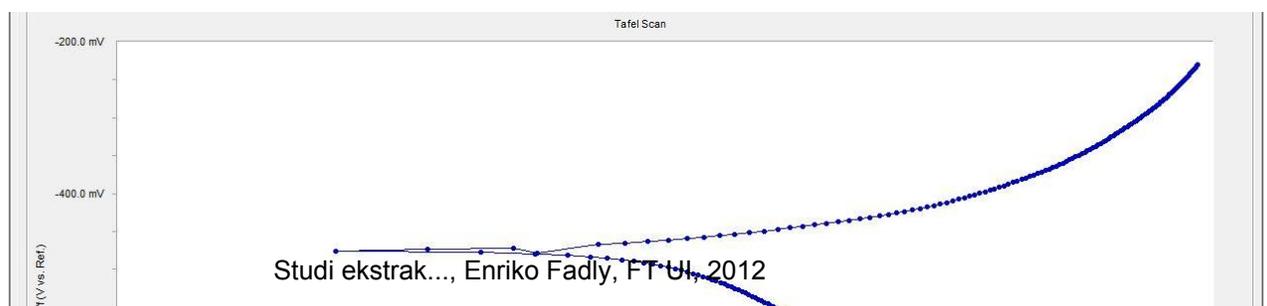
Data Pengujian 13 hari

Tabel 4.5. Hasil pegujian imersi 13 hari

Sampel	Time (hour)	Density sampel	Surface area (inch ²)	initial weight	Final	weight loss (mg)	CR (MPY)	Avg CR (MPY)	Efficiency (%)
13H 0M A	312	7.6321	4.2357	3.0840	2.4870	597.00	0.031607		
13H 0M B	312	7.6321	4.2357	3.0445	2.4634	581.10	0.030765	0.03119	
13H 2M A	312	7.6321	4.2357	2.9808	2.7931	187.70	0.00993		
13H 2M B	312	7.6321	4.2357	3.0719	2.8659	206.00	0.010906	0.01042	66.58
13H 4M A	312	7.6321	4.2357	3.2660	3.0757	190.30	0.010075		
13H 4M B	312	7.6321	4.2357	3.0901	2.9045	185.60	0.009826	0.00932	70.12
13H 6M A	312	7.6321	4.2357	3.1237	2.9620	161.70	0.008561		
13H 6M B	312	7.6321	4.2357	3.0943	3.0007	93.60	0.004955	0.00667	78.33

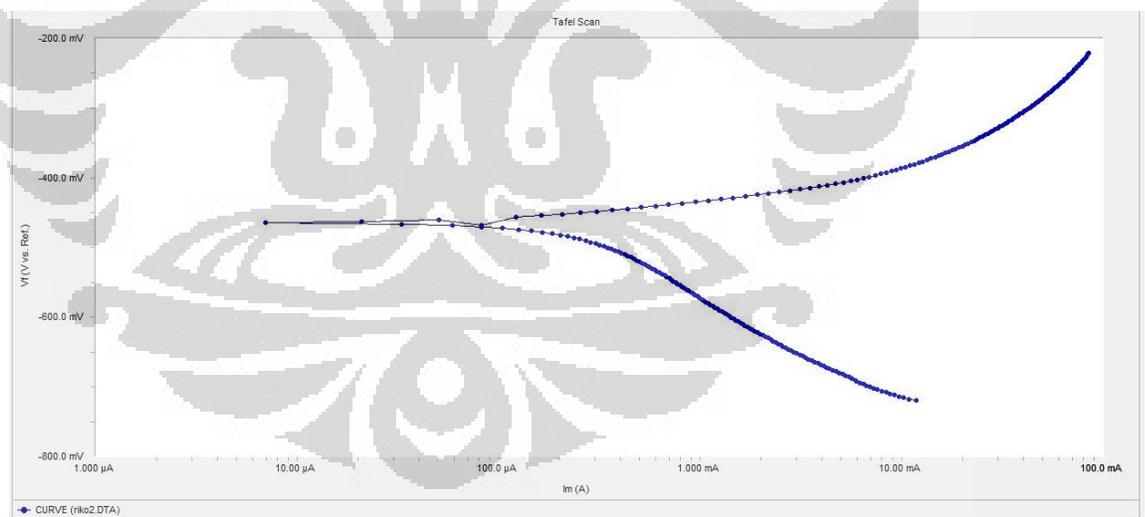
4.1.3. Hasil Pengujian polarisasi

Pengujian polarisasi tanpa inhibitor



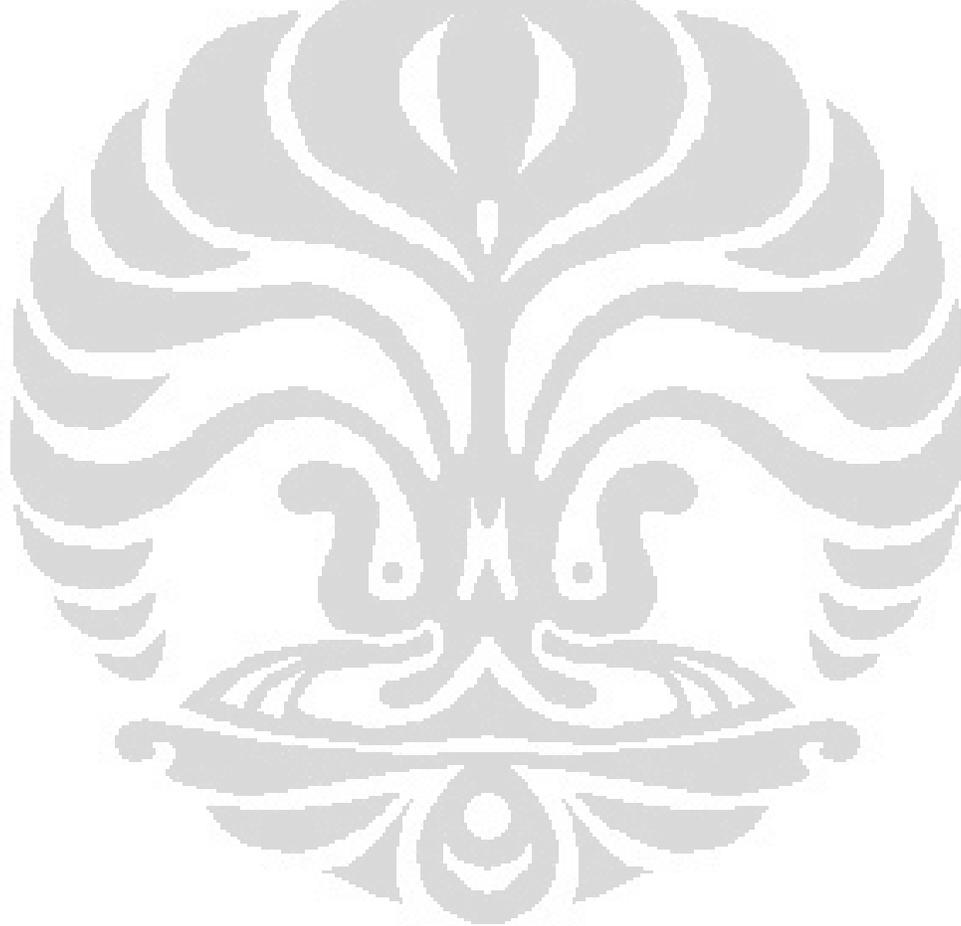
Parameter	Value
Beta A	44.80e-3 V/decade
Beta C	145.5e-3 V/decade
Icorr	286.0 μ A
Ecorr	-475.0 mV
Corrosion Rate	158.1 mpy
Chi Squared	3.690
Data File	riko1.dta

Gambar 4.1. Hasil pengujian polarisasi sampel dalam H_2SO_4

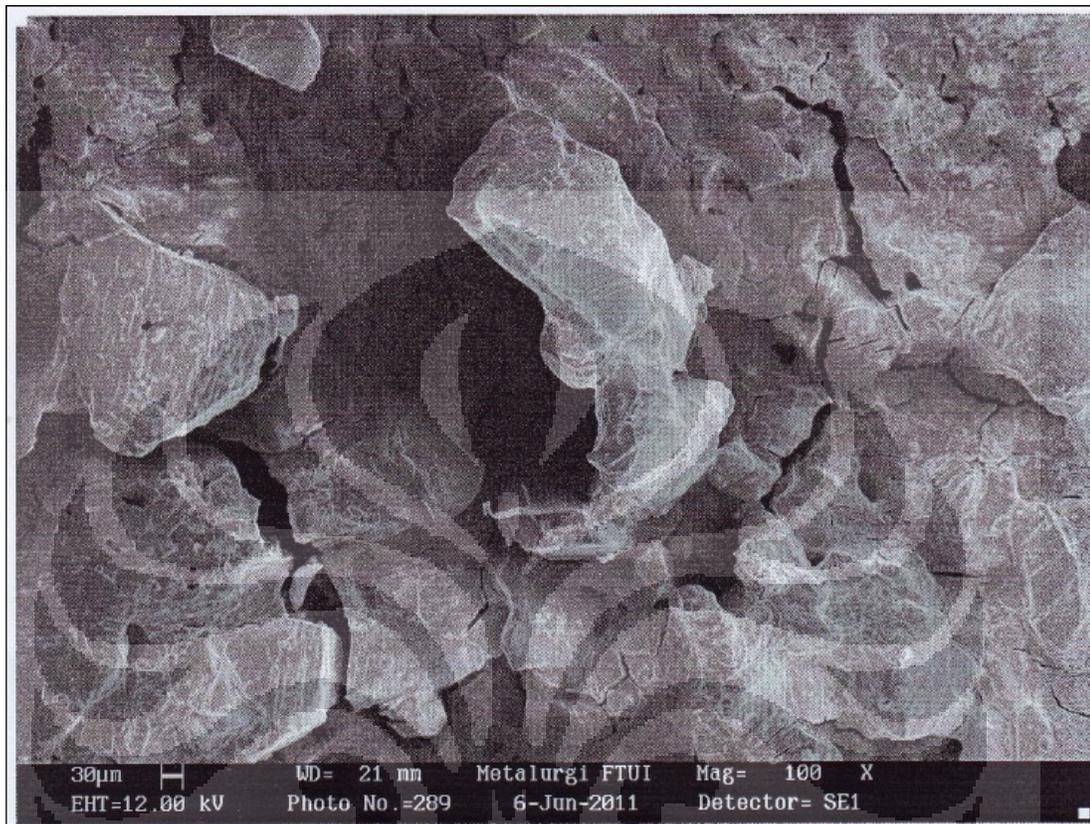


Parameter	Value
Beta A	41.20e-3 V/decade
Beta C	163.2e-3 V/decade
Icorr	212.0 μ A
Ecorr	-464.0 mV
Corrosion Rate	117.9 mpy
Chi Squared	3.182
Data File	riko2.DTA

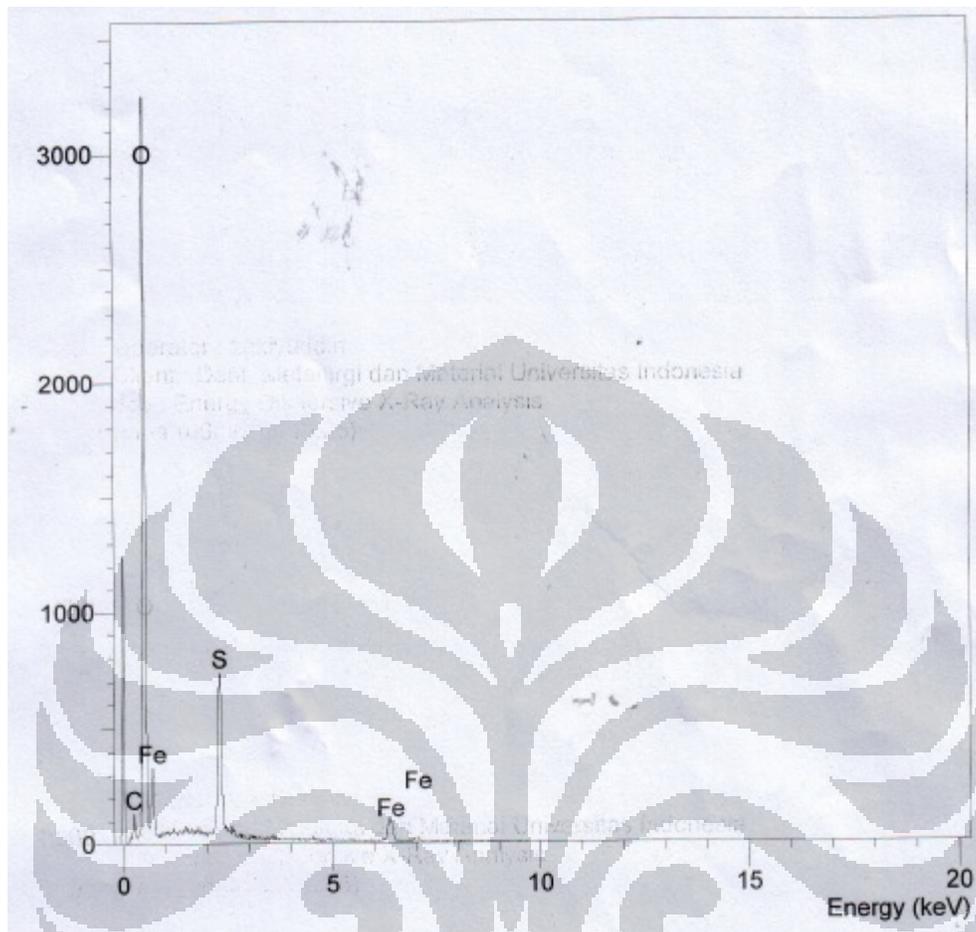
Gambar 4.2. Hasil pengujian polarisasi sampel dalam H₂SO₄ + inhibitor 6 ml



4.1.4. Pengujian SEM dan EDX



Gambar 4.3. Hasil pengujian SEM



SEMQuant results. Listed at 18:27:46 on 06/06/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: enr-1

System resolution = 61 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
 S K FeS2 18/05/11
 Fe K FeS2 18/05/11

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	0.61	0.93
O K	ED	78.42	89.96
S K	ED	9.11	5.21
Fe K	ED	11.87	3.90
Total		100.00	100.00

Gambar 4.4. Hasil Uji EDX

4.2 Pembahasan

4.2.1. Analisis Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Berdasarkan hasil pengujian *spectroscopy* pada baja sebagai sampel dalam pengujian rendam maka dapat disimpulkan baja ini termasuk merupakan baja karbon rendah. Hal ini terlihat dari kandungan karbon yang kurang dari 0,3% (0,057%)^[20]. Unsur-unsur yang menyusun dari baja ini adalah Fe (99.7%) sebagai unsur penyusun utama, dan unsur lain seperti C (0.057%), Si (,0.007%), Mn (0.0160%), Cr (0.023%), S (0.003%), Ni (<0.031%), Mo(<0.005%), Ti (0.002%), Cu(0.121%), Nb(<0.002%), Pb (<0.025%), P (0,007%), dan V (<0.002%). Semua kandungan unsur tersebut memiliki pengaruh terhadap karakteristik dari sampel baja.

Unsur paduan Cu, Cr, dan Ni dapat meningkatkan ketahanan korosi dari baja^[21]. Unsur krom sangat mempengaruhi ketahanan baja terhadap korosi, dengan konsentrasi 12-14% yang merupakan konsentrasi optimum dari krom^[1]. Semakin banyak kandungan krom pada baja, maka ketahanan korosinya akan semakin meningkat. Begitu juga dengan Cu, kandungan Cu dapat menurunkan laju korosi baja dengan konsentrasi optimum sebesar 0,3%^[22]. Selain kedua unsur tersebut Ni juga berpengaruh terhadap laju korosi. Kandungan Ni sebesar kurang dari 0,031% pada sampel tidak terlalu berpengaruh pada ketahanan korosi baja, apabila konsentrasi Ni sebesar 1-5%, maka sangat berpengaruh terhadap penurunan laju korosi^[22].

Kadar yang rendah dari unsur tersebut tidak menghasilkan perubahan terhadap ketahanan korosinya. Kelemahan baja karbon adalah ketahanan korosinya yang rendah. Serangan korosi pada baja karbon sangat rentan pada lingkungan asam seperti H₂SO₄.

4.2.2. Pengamatan Visual Dengan Penambahan dan Tanpa Penambahan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu

Saat dilakukan pengujian, penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu sebanyak 2 ml, 4 ml, dan 6 ml kedalam larutan H₂SO₄ dalam pengujian laju korosi, terjadi perubahan warna lingkungan menjadi keunguan pada larutan. Larutan dengan

penambahan inhibitor yang lebih banyak menghasilkan warna ungu yang semakin pekat. Pada larutan yang tidak diberi inhibitor, warna larutan bening dan tidak berubah hingga pengujian dengan waktu terlama yakni 13 hari.

Pada akhir pengujian terlihat seluruh sampel mengalami korosi dan menjadi berwarna kehitaman pada permukaannya. Namun sampel pada lingkungan tidak terinhibisi terlihat lebih hitam pekat dibandingkan sampel pada lingkungan terinhibisi, khususnya pada sampel dilingkungan 6 ml ubi ungu. Hal ini terjadi karena inhibitor ubi ungu membentuk lapisan yang menahan serangan korosi pada permukaan sampel. Lapisan hitam yang terbentuk pada sampel bersifat pasif, hal ini nampak dari laju korosi yang stabil pada sampel tanpa inhibitor dari hari 3 hingga hari 13. Lapisan pasif ini diperkuat dengan proteksi dari inhibitor yang menyempurnakan perlindungan korosi pada permukaan sampel.

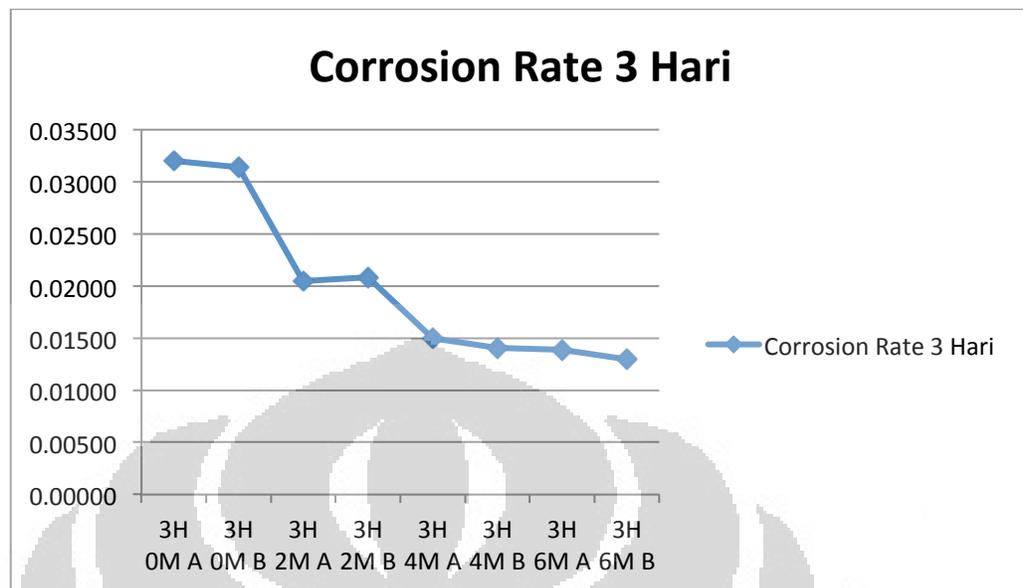


Gambar 4.5. Pengamatan visual uji imersi

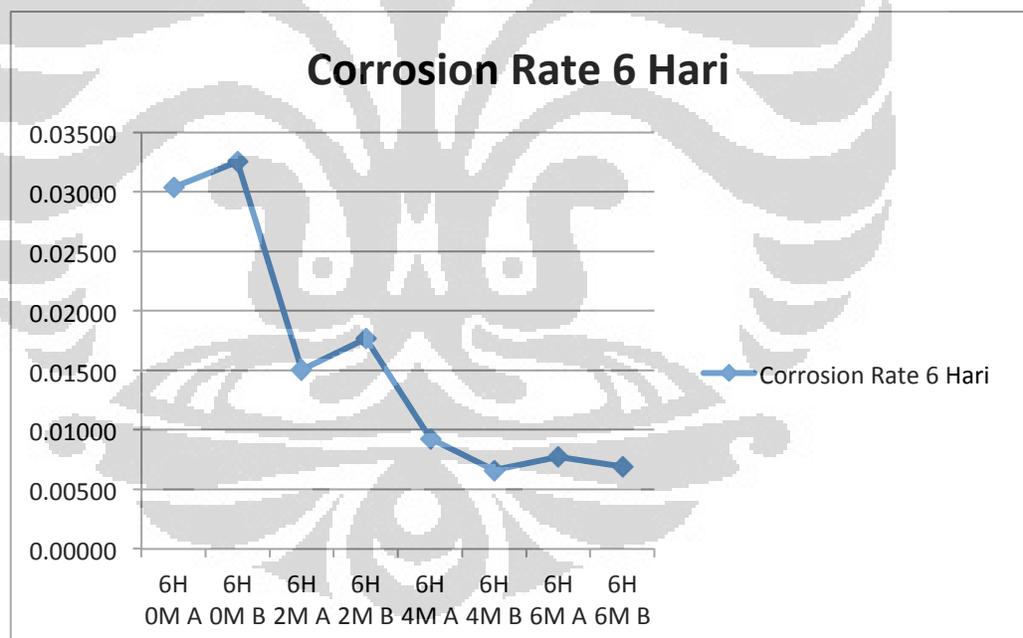
4.2.3 Pengaruh Waktu Uji Rendam Terhadap Pengurangan Berat Logam, Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Dari tabel dapat dilihat hasil dari pengurangan berat, laju korosi dan efisiensi dari inhibitor ekstrak ubi ungu. Pada tabel dapat terlihat hubungan waktu perendaman dengan pengurangan berat, terlihat bahwa pada hari ke 13 pengurangan berat pada sistem terinhibisi lebih kecil daripada pengujian 9 hari. Hal ini disebabkan lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan sampel menjadi semakin kuat pada waktu 13 hari.

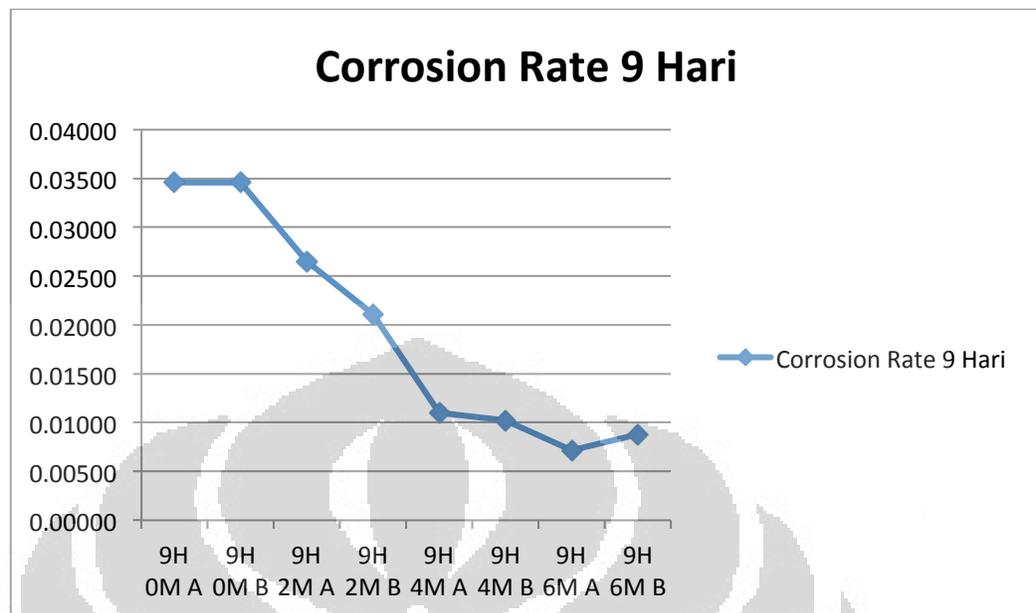
Dari tabel juga dapat dilihat perbandingan laju korosi sampel 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 13 hari. Berikut adalah grafik laju korosi untuk setiap pengujian.



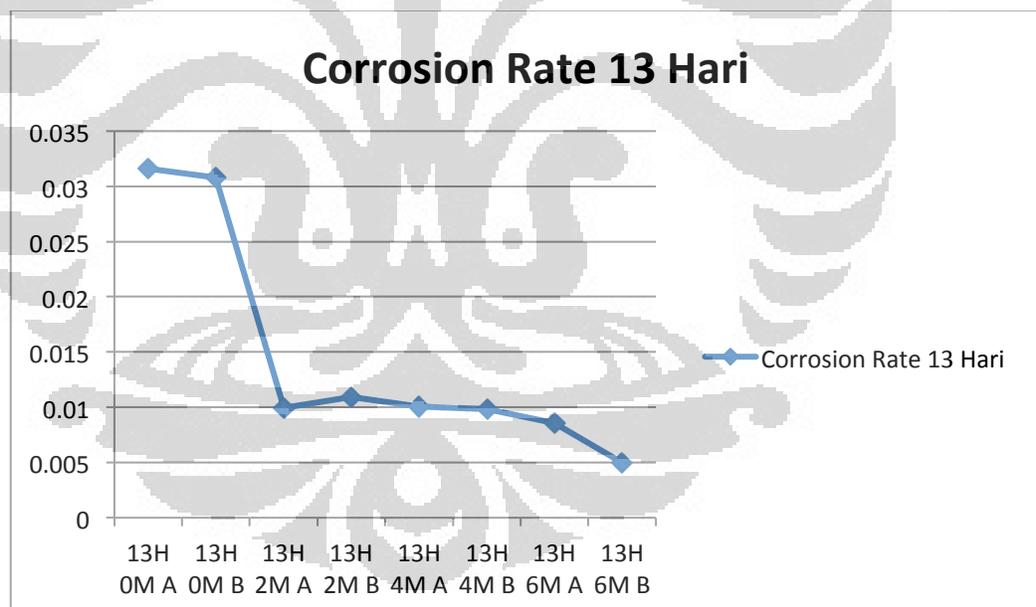
Gambar 4.6. Grafik Laju Korosi Pengujian 3 Hari



Gambar 4.7. Grafik Laju Korosi Pengujian 6 Hari



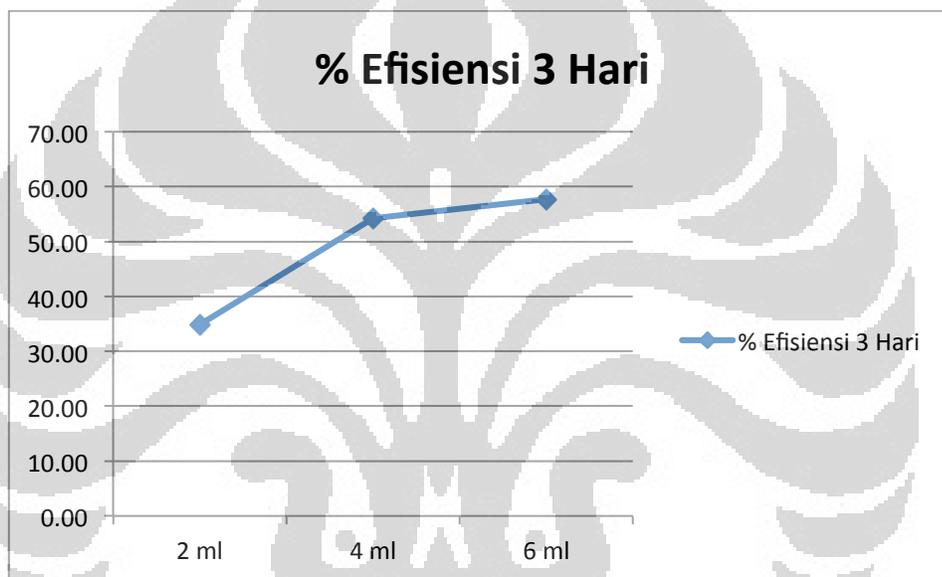
Gambar 4.8. Grafik Laju Korosi Pengujian 9 Hari



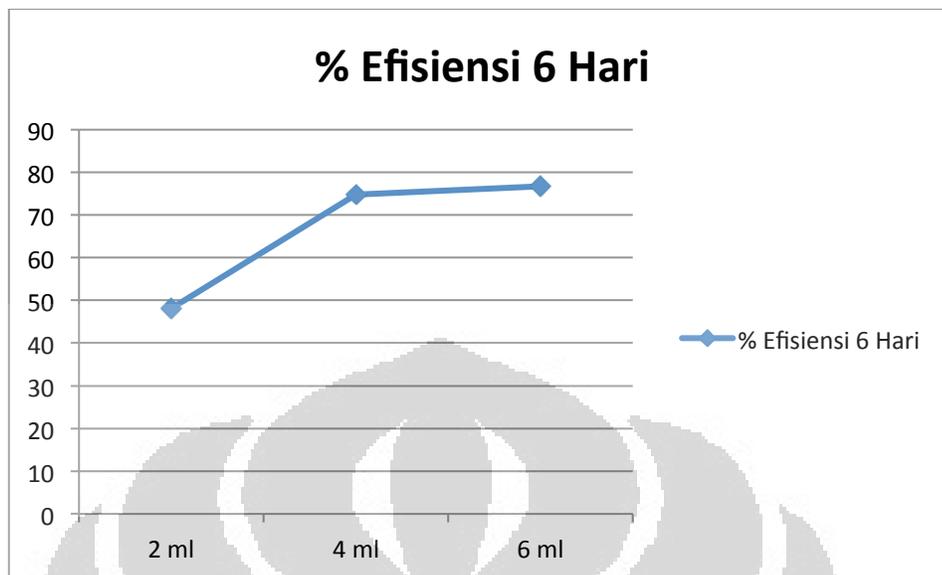
Gambar 4.9. Grafik Laju Korosi Pengujian 13 Hari

Berdasarkan grafik laju korosi dapat terlihat kecenderungan penurunan laju korosi untuk penambahan jumlah volume inhibitor. Hal ini menunjukkan kemampuan

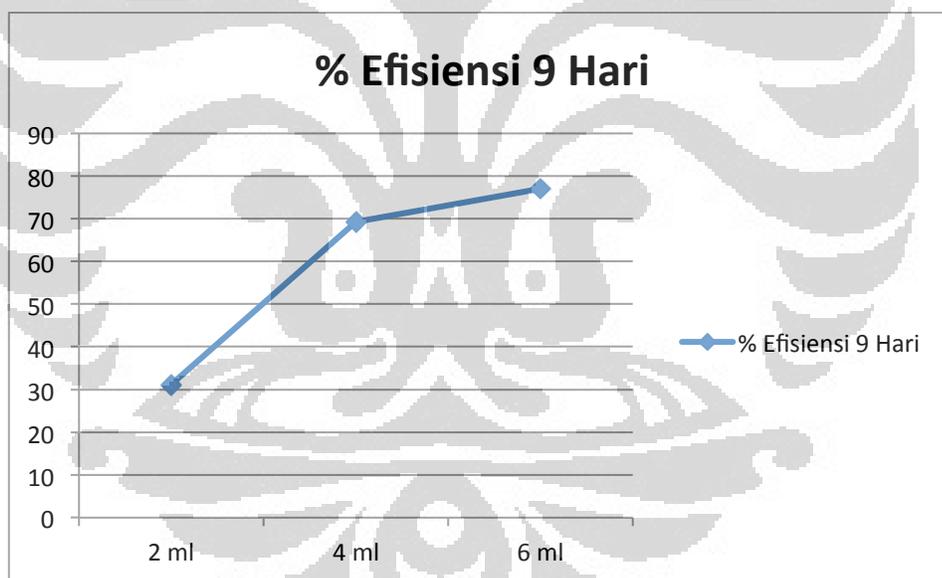
inhibitor ubi ungu untuk dipakai sebagai inhibitor korosi. Laju korosi terendah terjadi pada pengujian 13 hari dengan penambahan inhibitor s6 ml yakni sebesar 0.00495 MPY. Hal ini menunjukkan inhibitor ubi ungu tetap bekerja hingga 13 hari masa perendaman. Secara keseluruhan nilai laju korosi pada sampel dilindungi yang terinhibisi lebih rendah dibandingkan laju korosi pada sampel yang tidak di inhibisi. Selain perhitungan laju korosi, dilakukan juga perhitungan nilai efisiensi dari setiap sampel pengujian. Berikut adalah hasil perhitungan efisiensi dari setiap pengujian.



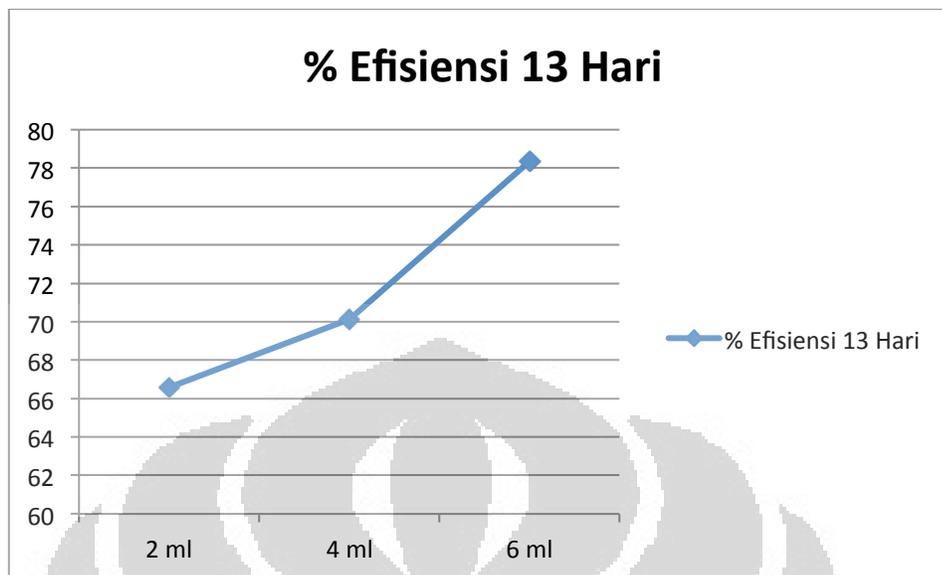
Gambar 4.10. Grafik % Efisiensi Pengujian 3 Hari



Gambar 4.11. Grafik % Efisiensi Pengujian 6 Hari



Gambar 4.12. Grafik % Efisiensi Pengujian 9 Hari



Gambar 4.10. Grafik % Efisiensi Pengujian 13 Hari

Berdasarkan grafik efisiensi diatas, dapat terlihat adanya peningkatan efisiensi inhibitor yang berbanding lurus dengan peningkatan volume inhibitor ubi ungu yang ditambahkan pada larutan asam sulfat. Dari seluruh sampel uji, sampel 13 hari dengan penambahan inhibitor 6 ml menunjukkan nilai efisiensi paling tinggi yakni sebesar 78.33 % diikuti efisiensi sampel uji 9 hari dengan penambahan inhibitor sebesar 6 ml dengan efisiensi 77.01%.

4.2.4 Analisa Pengujian Polarisasi

Pengujian polarisasi dilakukan pada sampel baja karbon didalam larutan asam sulfat dan sampel baja karbon didalam larutan asam sulfat yang terinhibisi. Jumlah inhibitor yang ditambahkan pada asam sulfat terinhibisi adalah 6 ml, volume ini dipilih berdasarkan hasil uji imersi yang menunjukkan nilai penurunan laju korosi tertinggi dan nilai efisiensi tertinggi. Dari hasil uji polarisasi pada gambar diatas dapat terlihat pergeseran kurva anodic, hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan inhibitor terhadap reaksi oksidasi pada baja. Pergeseran kurva anodic ini menyebabkan turunnya laju korosi baja karbon dari 158.1 MPY menjadi 117.9 MPY. Hasil uji polarisasi ini mendukung hasil dari uji imersi yang menunjukkan bahwa ubi ungu dapat digunakan sebagai inhibitor pada lingkungan asam sulfat.



Gambar 4.14 Pengujian polarisasi

4.2.5 Analisa SEM dan EDX

Pengujian SEM dan EDX dilakukan untuk mengkarakterisasi senyawa yang terbentuk pada permukaan sampel. Uji SEM dan EDX dilakukan pada sampel yang tercelup dalam larutan terinhibisi 6 ml ubi ungu selama 13 hari. Dari hasil uji SEM, tidak terlihat dengan jelas adanya senyawa atau lapisan pasif yang terbentuk oleh inhibitor. Dari hasil EDX diperoleh data unsure yang ada dipermukaan sampel adalah Fe, C, O, dan S. Jumlah unsure karbon berdasarkan hasil EDX adalah 0.61%, hasil ini meunjukkan peningkatan kadar karbon pada permukaan sampel dibandingkan dengan hasil dari pengujian spectroscopy. Pada pengujian spectroscopy jumlah karbon yang terdeteksi pada sampel adalah 0.057%, peningkatan % C menunjukkan adanya gugus karbon dari inhibitor yang menempel pada permukaan membentuk lapisan yang menghambat laju korosi pada sampel baja karbon.

BAB 5

KESIMPULAN

1. Ubi ungu merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai *green inhibitor*
2. Laju korosi terendah terjadi pada pengujian 13 hari dengan penambahan inhibitor 6 ml yakni sebesar 0.00495 MPY.
3. Dari seluruh sampel uji, sampel 13 hari dengan penambahan inhibitor 6 ml menunjukkan nilai efisiensi paling tinggi yakni sebesar 78.33 % diikuti efisiensi sampel uji 9 hari dengan penambahan inhibitor sebesar 6 ml dengan efisiensi 77.01%.
4. Hasil uji polarisasi menunjukkan pergeseran kurva anodik yang menyebabkan turunnya laju korosi baja karbon dari 158.1 MPY menjadi 117.9 MPY.
5. Hasil EDX menunjukkan adanya senyawa atau lapisan permanen pada permukaan sampel yang diindikasikan dari meningkatnya kadar karbon pada permukaan yang mengindikasikan adanya lapisan protektif yang dibentuk oleh inhibitor ubi ungu.

Daftar Pustaka

1. Jones, Denny. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: Macmillan Publishing Company.
2. Fontana, G. 1986. *Corrossion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
3. William D. Callister, Jr., *Materials Science and Engineering, An Introduction*, 6th ed., John Wiley & Son, Inc., 2003.
4. Roberge, Pierre R. (2000). *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill
5. Evan Putra, Sinly. “*Antioksidan Alami Disekitar Kita*”. 18 Agustus 2008.
6. Revie, R. Winston. (2000). *Uhlig's Corrosion Handbook* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc
7. NACE International. (1973). *Corrosion Inhibitor*. Texas: Nathan, C. C
8. <http://ptp2007.wordpress.com/2008/07/08/ekstraksi-antosianin-dari-ubi-jalar/>
9. <http://www.setiaphari.com/2010/01/manfaat-ubi-ungu.html>
10. N. O. EDDY and E. E. EBENSO, Corrosion inhibition and absorption characteristic of Tarivid on mild steel in H₂SO₄, 2009
11. Wikipedia.org/antosianin
12. Majalah Flona Edisi 97/Februari 2011
13. K.R. Trethewey and J. Chamberlain. (1995). *Corrosion for Science and Engineering 2nd Edn*, Longman (UK).
14. ASM Handbook Volume 13A. (2003) Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection. USA : ASM International.
15. Laque, Francis L. (1975). *Marine Corrosion*. Kanada: John Willy & Sons Inc.
16. Ismail N.Andijani and Mohammad Mobin, “Studies On The Determination Of Maximum Chloride Level In Product Water Transmitted Through Pipelines A, B And C1”, 2005
17. Zivica, Z. (2002). *Significance and Influence of The Ambient Temperature as a Rate Factor of Steel Reinforcement Corrosion*. Bull. Mater. Sci., Vol. 25, No. 5, October 2002, pp. 375–379: Indian Academy of Sciences
18. ASTM Internasional. (2004). ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. United State

19. ASTM G1 – 03. “*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*”, ASTM International. 2004.
20. Yee, Yin Jin. (2004). *Green Inhibitor for Corrosion Control: A Study on the Inhibitive Effects of Extracts of HoneyRosemarinus Officinalis L. (Rosemary)*. Corrosion and Protection Centre, University of Manchester: United Kingdom.
21. Aballe, M. Bethencourt, F.J. Botana and M. Marcos, Journal of Alloys and Compounds 323-324 (2001) 855-858
22. ASTM G5 - 94, *Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement*, ASTM International. 1999.
23. ASTM G31 – 72. “*Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*”, ASTM International. 2004.
24. A. M Abdel Gaber, B.A. Abd-El-Nabey, I.M. Sidahmed, A.M. El-Zayadi, M.Saadawy, Inhibitive action of some plant extracts on the corrosion of steel in acidic media, Corrosion Science 48. Pp. 2765-2779. 2006
25. K.F. Khaled, Mohammed A.Amin, Corrosion monitoring of mild steel in sulphuric acid solutions in presence of some thiazole derivatives – Molecular dynamics, chemical and electrochemical studies, Corrosion Science 51. Pp. 1964-1975. 2009
26. Mohammed A.Amin, Mohammed M. Ibrahim, Corrosion and corrosion control of mild steel in concentrated H₂SO₄, Corrosion Science 53. Pp. 873-885. 2011
27. G. Moretti, F.Guidi, G.Grion, Tryptamine as a green iron corrosion inhibitor in 0.5 M deaerated sulphuric acid, Corrosion Science 46. Pp. 387-403. 2004
28. Mohorich, Michael E., dkk. (2010). *Electrochemical studies on silicate and biocarbonate ion for corrosion inhibitors*. The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International.
29. C. Kamal, M.G. Sethuraman, Spirulina platensis – A novel green inhibitor for acid corrosion of mild steel, Arabian Journal of Chemistry. 2010
30. Maayta A.K., N. A. F. Al-Rawashdeh. (2004). *Inhibition of acidic corrosion of pure aluminum by some organic compounds*. Corrosion Science Volume 46, Issue 5,, Pages 1129-1140.
31. M. Znini, L.Majidi, A. Bouyanzer, J. Paolini, J-M. Desjobert, J. Costa, B., Essential oil of Salvia aucheri mesatlantica as a green inhibitor for the corrosion of steel in 0.5 M H₂SO₄. 2010