



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU
SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK UNTUK MATERIAL BAJA
KARBON RENDAH DI LINGKUNGAN AIR LAUT BUATAN
PADA TEMPERATUR 40⁰C**

SKRIPSI

DOBIET KISAN KAEFAMA

0706163716

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU
SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK UNTUK MATERIAL BAJA
KARBON RENDAH DI LINGKUNGAN AIR LAUT BUATAN
PADA TEMPERATUR 40⁰C**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

DOBIET KISAN KAEFAMA

0706163716

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dobiet Kisan Kaefama

NPM : 0706163716

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Dobiet Kisan Kaefama
NPM : 0706163716
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu
Sebagai Inhibitor Organik Untuk Material Baja
Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Buatan
Pada Temperatur 40°C

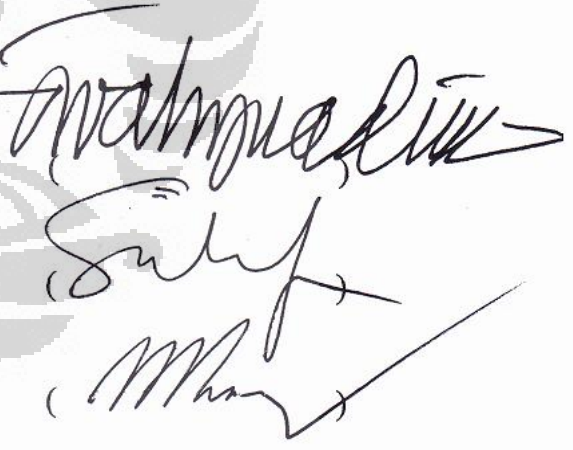
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

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

Penguji 1 : Dr. Ir. Sutopo, Msc.

Penguji 2 : Dr. Ir. Muhammad Anis M.Met.



Ditetapkan : Depok, Juni 2011

KATA PENGANTAR

Sedih bercampur gembira karena akhirnya penulis dapat menghela nafas panjang seraya mengucapkan Alhamdulillah, Alhamdulillah, Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat serta ridho-Nya lah akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat kelulusan program sarjana Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia yang berjudul **“Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Untuk Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Buatan Pada Temperatur 40°C”**

Penulisan skripsi ini sungguh berarti penting bagi penulis, selain dapat membina banyak ilmu dari penelitian seraya mencari aplikasi ilmu yang dipelajari di kampus, penulis juga menemukan banyak rekan yang sungguh sabar dan baik hati menanggapi permasalahan yang dihadapi oleh penulis selama penyusunan skripsi ini.

Hanya melalui selembar kertas inilah penulis dapat mencurahkan ungkapan terima kasih penulis untuk:

1. Keluarga penulis: Mamah tercinta yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik moril maupun materil, adik-adik tersayang yang telah tidak mengganggu penulis selama penyusunan laporan ini, Alm. Bapak tercinta yang hingga kini nasihatnya selalu menjadi motivator bagi penulis.
2. Ua, Teh Santi, A Wildan, Tia, Mang Deni, dan A Agung, dan *All Whole Family* yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Neng Ira & *family*, terima kasih telah selalu mengingatkan penulis untuk terus menulis skripsi.
4. Bpk. Johny Wahyuadi, M.D.E.A yang telah membimbing saya di kampus terima kasih atas wawasannya yang sangat berharga.
5. Prof. Dr. Dewa Suprpta yang telah menyediakan ekstrak ubi ungu sebagai bahan utama inhibitor organik dalam penelitian ini.
6. Bpk. Prof. Dr.-Ing. Ir. Bambang Suharno sebagai Ketua Jurusan Metalurgi dan Material FTUI.

7. Dr. Ir. Winarto M.Sc sebagai Sekretaris Jurusan Metalurgi dan Material FTUI.
8. Bpk. Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono, M.Phil.Eng sebagai Koordinator Skripsi Jurusan Metalurgi dan Material FTUI.
9. Dr. Ir. Sutopo, M.Sc dan Dr. Ir. Muhammad Anis M. Met selaku dewan penguji skripsi
10. Bpk. Deni Ferdian, S.T., M.Sc, yang telah memberikan banyak masukan serta kritik dan sarannya yang membangun serta membantu penulis dalam menyelesaikan masalah-masalah yang muncul selama penelitian.
11. Rekan seperjuangan, Koresy, Andhi G, Ai, Bibsy, Wildan, Rangga, Adhi, Ari, Agung, dan Roni yang telah membantu penulis dalam pencarian literatur.
12. De' Widiya Ayu Sitaresmi, teman terdekatku sejak SD.. Thanks yah karena telah support penulis saat detik-detik menjelang sidang. Danke 'die'...
13. Asisten Lab. Korosi Metalurgi UI yang telah meluangkan waktunya selama proses penelitian.
14. Bang Riko, Bang Aduy, serta senior-senior Lt. 3 yang telah memberikan banyak masukan selama penyusunan skripsi.
15. Bang Udin yang telah meminjamkan agitator untuk pickling sampel. Thanks banget bang udah bantu memperlancar penelitian.
16. Untuk angkatan '07 serta semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwasanya apa yang penulis bahas disini masih banyak sekali kesalahan karena nol pengalaman yang penulis miliki. Oleh karenanya penulis mohon saran serta kritik yang membangun

Bogor, 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 : Dobiet Kisan Kaefama
NPM : 0706163716
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik
Untuk Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Buatan Pada
Temperatur 40°C**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan

(Dobiet Kisan Kaefama)

ABSTRAK

Nama : Dobiet Kisan Kaefama
NPM : 0706163716
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu
Sebagai Inhibitor Organik Untuk Material Baja
Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Buatan
Pada Temperatur Operasi 40°C

Penggunaan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik untuk material baja karbon rendah di lingkungan air laut pada temperatur 40°C telah diteliti dapat melindungi baja dari korosi. Ekstrak ubi ungu yang mengandung senyawa antioksidan yang berupa senyawa antosianin diharapkan dapat digunakan sebagai inhibitor organik yang bersifat ramah lingkungan. Metode kehilangan berat untuk menguji efektivitas ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor dengan variasi konsentrasi (0, 0,44%, 0,89%, dan 1,33%) dan lama waktu perendaman selama 4 hari, memberikan hasil yang cukup baik untuk menghambat laju korosi pada baja karbon rendah dengan efisiensi sebesar 11,40%-41,13%.

Kata kunci :
Korosi; Baja Karbon Rendah; Ubi ungu; Inhibitor organik;
Metode kehilangan berat; Konsentrasi; Air laut; Temperatur

ABSTRACT

Name : Dobiet Kisan Kaefama
NPM : 0706163716
Major : Teknik Metalurgi dan Material
Title : Study of Influence of Adding Extract of Purple Potato as Organic Inhibitor for Low Carbon Steel Material in Artificial Seawater Environment at 40°C Operating Temperature

The using of extract purple potatoes as organic inhibitor for low carbon steel material in seawater environment at 40°C operating temperature had been tested that it can used to protect steel from corrosion. Extract of purple potatoes which contain antioxidant are expected can be used as a eco-friendly organic inhibitor. Weight loss method that applied to test the effectiveness of extract purple potato as inhibitor with different concentration of extract purple potato (0%, 0,44%, 0,89%, 1,33%) and the immersion time is 4 days long, give a good result that it can inhibit corrosion rate of low carbon steel with vary efficiency, from 11,40% to 41,13%.

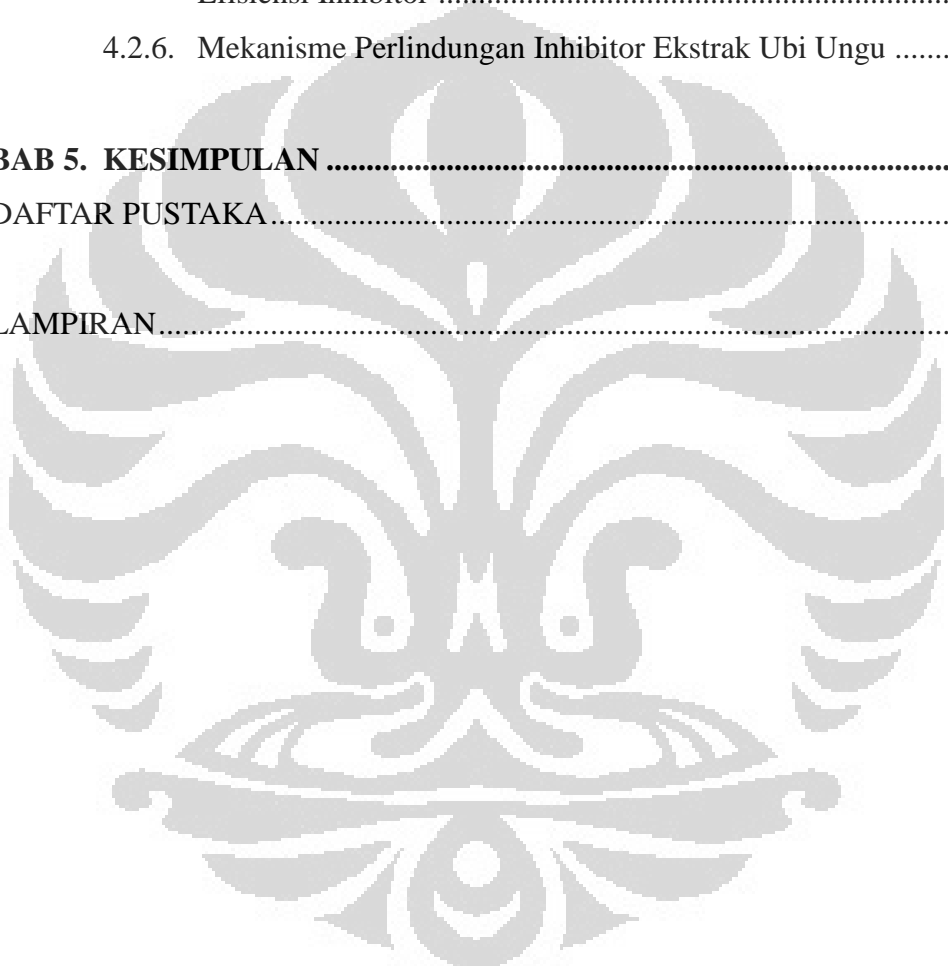
Kata kunci :
Corrosion; Low carbon steel; purple potato; Organic inhibitor;
Weight loss method; Concentration; Seawater; Temperature

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pengenalan Korosi	7
2.1.1. Definisi Korosi	7
2.1.2. Prinsip Korosi	8
2.1.3. Mekanisme Korosi	8
2.1.4. Tipe-Tipe Korosi	9
2.1.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi	10
2.2. Perhitungan Laju Korosi.....	14

2.2.1. Metode Kehilangan Berat (<i>Weight Lost</i>)	14
2.2.2. Metode Polarisasi	14
2.3. Pengendalian Laju Korosi	15
2.3.1. Proteksi Katodik	15
2.3.2. <i>Coatings</i>	16
2.3.3. Inhibitor	16
2.3.3.1. Kalsifikasi Inhibitor	18
2.3.3.2. Inhibitor Ramah Lingkungan	19
2.4. Ubi Ungu	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Diagram Alir Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan.....	24
3.2.1. Alat.....	24
3.2.2. Bahan	24
3.3. Prosedur Kerja	25
3.3.1. Preparasi Sampel	25
3.3.2. Persiapan Larutan Rendam	27
3.3.3. Pembuatan Inhibitor	27
3.3.4. Perendaman Sampel Dalam Larutan	27
3.3.5. Pembersihan Sampel (NACE RP0775-2005)	28
BAB 4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Hasil Pengujian	29
4.1.1. Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah	29
4.1.2. Hasil Pengamatan Visual	29
4.1.2.1. Hasil Pengamatan Visual Pada Sampel	29
4.1.2.2. Hasil Pengamatan Visual Pada Larutan	30
4.1.3. Data Pengurangan Berat	30
4.1.4. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	31
4.1.5. Data Perubahan pH Larutan	31
4.1.6. Data Perubahan Potensial	32

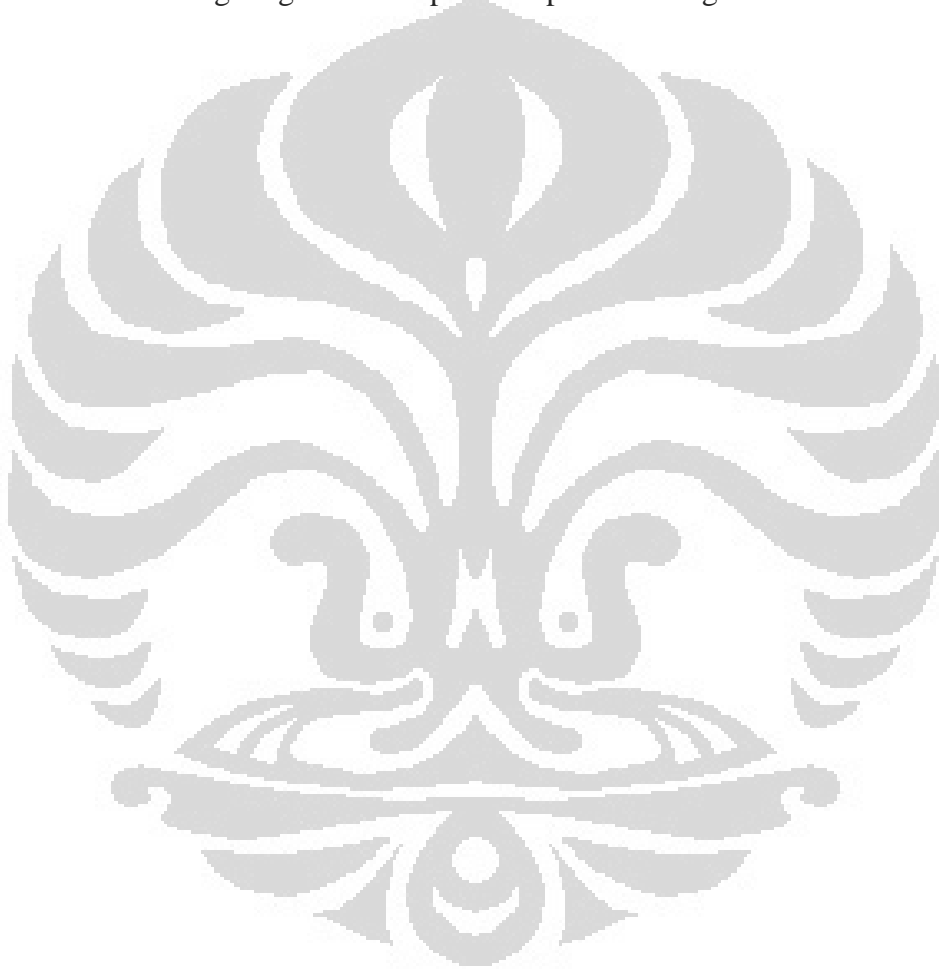
4.2. Pembahasan	32
4.2.1. Analisis Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah	32
4.2.2. Pengamatan Visual Dengan Penambahan dan Tanpa Penambahan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu	33
4.2.3. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap pH Larutan	34
4.2.4. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Potensial Logam	36
4.2.5. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	40
4.2.6. Mekanisme Perlindungan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu	45
BAB 5. KESIMPULAN	47
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	53



DAFTAR GAMBAR

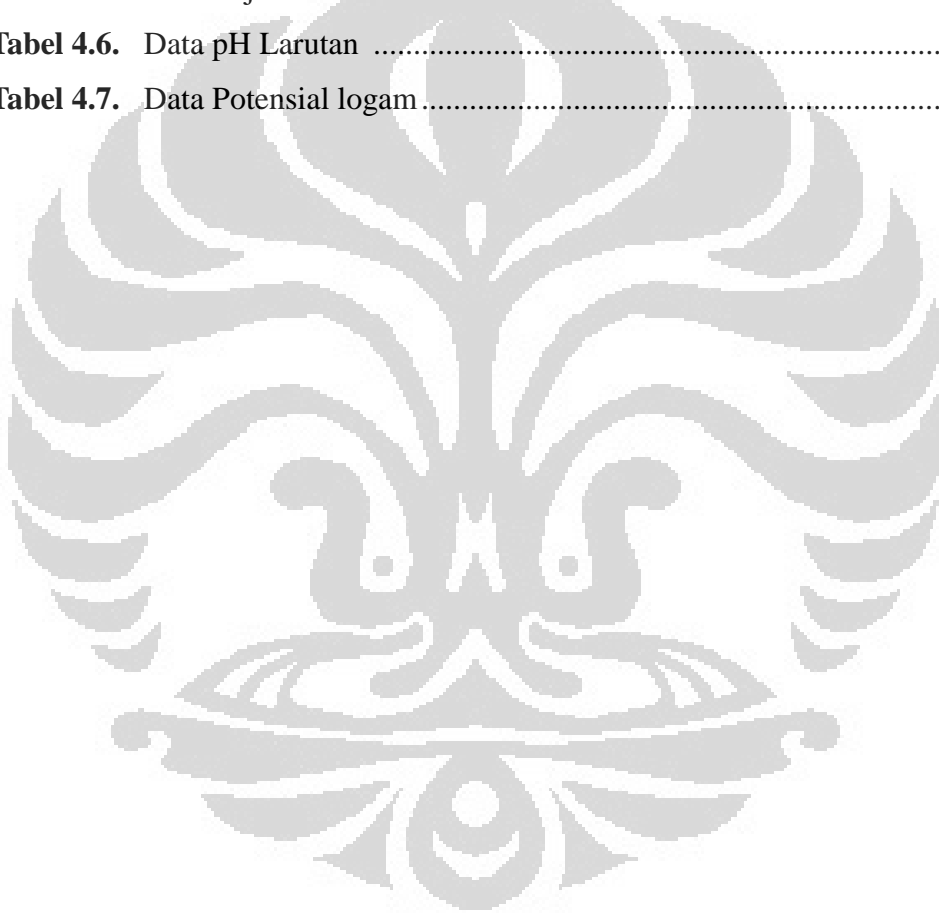
Gambar 2.1. Siklus material secara sederhana	7
Gambar 2.2. Pengaruh komposisi elemen paduan terhadap ketahanan korosi paduan tembaga	12
Gambar 2.3. Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi	12
Gambar 2.4. Pengaruh temperatur terhadap laju korosi Fe di lingkungan air yang mengandung oksigen	13
Gambar 2.5. Prinsip proteksi katodik	16
Gambar 2.6. Pembentukan lapisan tipis pada permukaan logam oleh inhibitor	17
Gambar 2.7. Model skematik lapisan persipit	19
Gambar 2.8. Struktur antosianin	21
Gambar 2.9. Skema kinerja antioksidan untuk menstabilkan radikal bebas	21
Gambar 2.10. Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibitor di lingkungan HCL 1M	22
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2. Bentuk dan ukuran kupon	26
Gambar 4.1. Grafik Perubahan pH Terhadap Konsentrasi	34
Gambar 4.2. Grafik persentase peningkatan pH larutan	35
Gambar 4.3. Grafik perubahan potensial sampel	37
Gambar 4.4. Diagram pourbaix Fe pada kondisi tidak terinhibisi saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman	37
Gambar 4.5. Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 0,44% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman	38
Gambar 4.6. Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 0,89% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman	38
Gambar 4.7. Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 1,33% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman	39
Gambar 4.8. Grafik persentase penurunan potensial sampel	40
Gambar 4.9. Grafik pengurangan berat terhadap konsentrasi	41
Gambar 4.10. Grafik laju korosi terhadap konsentrasi	41
Gambar 4.11. Grafik pengaruh konsntrasi ekstrak ubi ungu terhadap efisiensi	

inhibitor	43
Gambar 4.12. Grafik pengaruh jenis inhibitor terhadap efisiensi inhibitor ekstrak di lingkungan NaCl 3,5% pada temperatur 40°C	43
Gambar 4.13. Grafik pengaruh temperatur terhadap efisiensi inhibitor	43
Gambar 4.14. Grafik pengaruh waktu dan temperatur terhadap konsentrasi antosianin	44
Gambar 4.15 Kurva polarisasi pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak ubi ungu di lingkungan air laut pada temperatur ruang	46



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi kimia ubi ungu.....	21
Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	25
Tabel 4.1. Komposisi baja karbon rendah	29
Tabel 4.2. Hasil Pengamatan Visual Pada Sampel	29
Tabel 4.3. Hasil Pengamatan Visual Pada Larutan	30
Tabel 4.4. Data Pengurangan Berat Kupon	30
Tabel 4.5. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	31
Tabel 4.6. Data pH Larutan	31
Tabel 4.7. Data Potensial logam.....	32

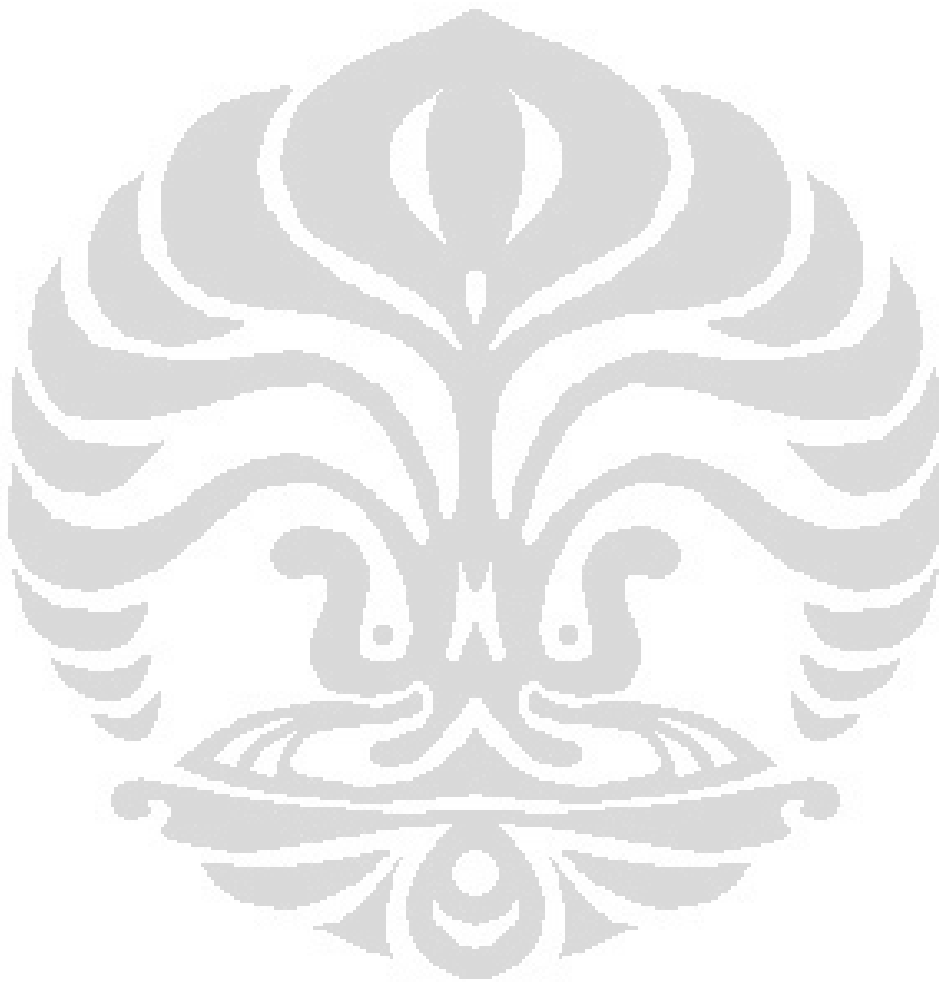


l = lebar (cm)

t = tinggi (cm)

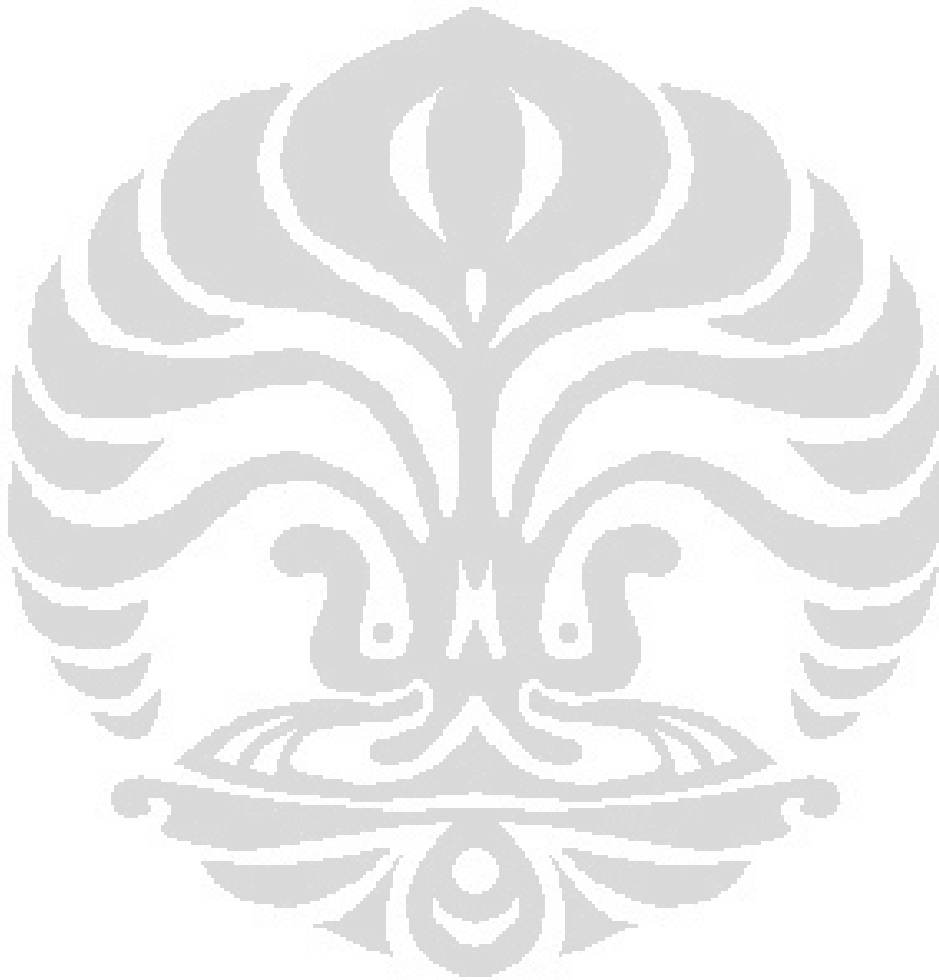
5. **Persamaan 4.1.**

$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222$$



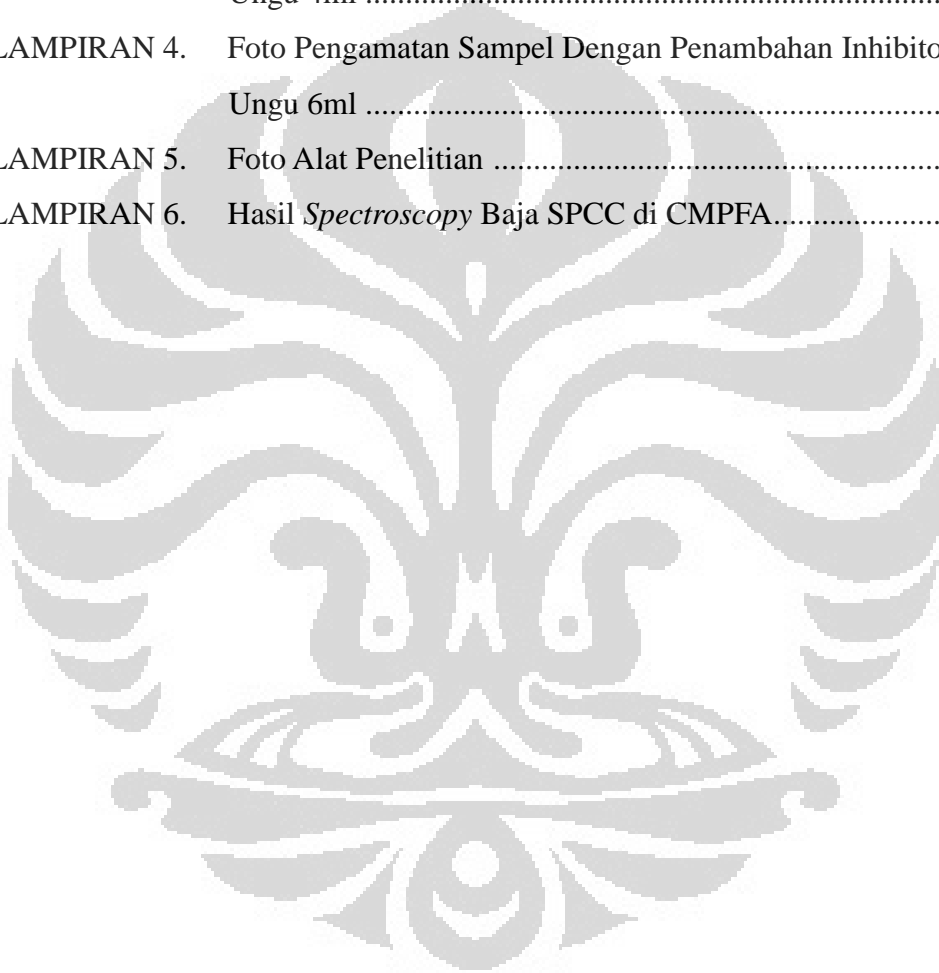
DAFTAR NOTASI

ρ	= Massa jenis	(gr/cm ³)
W_0	= Berat awal sampel baja karbon rendah	(gr)
W_1	= Berat akhir sampel baja karbon rendah	(gr)
ΔW	= Pengurangan berat sampel baja karbon rendah	(gr)
CR	= <i>Corrosion rate</i>	(mpy)



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Foto Pengamatan Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor.....	54
LAMPIRAN 2.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 2 ml	55
LAMPIRAN 3.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 4ml	56
LAMPIRAN 4.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 6ml	57
LAMPIRAN 5.	Foto Alat Penelitian	58
LAMPIRAN 6.	Hasil <i>Spectroscopy</i> Baja SPCC di CMPFA.....	59



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan atau degradasi material yang disebabkan oleh reaksi antara material dengan lingkungannya^[1]. Suatu material yang terkorosi akan memiliki sifat dan kualitas yang lebih rendah dari material yang tidak mengalami korosi. Bila korosi terjadi terus menerus pada suatu material, maka material tersebut akan berubah seluruhnya menjadi produk korosi. Dari definisi korosi di atas, ada dua komponen utama dalam korosi yaitu material dan lingkungan. Material dapat berupa logam maupun non-logam seperti keramik, karet, plastik, dan material non-logam lainnya. Lingkungan dapat berupa kelembaban udara, asam atau basa, gas, temperatur, dan lain-lain. Korosi dapat berlangsung secara cepat atau lambat bergantung pada tingkat keaktifan reaksi material tersebut dengan lingkungannya. Reaksi yang terjadi dapat berupa reaksi kimia, elektrokimia, atau secara mekanik.

Korosi menimbulkan masalah yang sangat rumit dalam dunia industri. Biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi masalah korosi sangat besar. Kerugian ini dapat berupa^[1]:

a. Biaya perawatan dan operasi

Biaya yang cukup besar diperlukan untuk memproteksi struktur dari korosi dan mengganti yang telah terkorosi. Misalnya, tiang-tiang pancang yang terendam air laut harus diproteksi sedangkan komponen-komponen untuk proteksi tersebut sangat mahal.

b. Penampakan

Korosi menyebabkan terdegradasinya permukaan logam. Akibatnya, permukaan logam yang terkorosi akan memperlihatkan nilai penampakan yang lebih rendah.

c. Produksi terhenti

Jumlah produksi dapat terhenti bila terjadi kegagalan akibat korosi. Produksi yang harusnya berjalan, harus terhenti karena ada komponen yang harus

diganti karena mengalami kegagalan. Misalnya bila pipa pada industri minyak bocor atau pecah.

d. Kontaminasi

Produk korosi yang dihasilkan dapat mengkontaminasi produk industri misalnya karat yang dihasilkan di dalam *flowline* industri minyak dapat bercampur dengan fluida yang ditransfer dari *wellhead* menuju *manifold*.

e. Faktor keselamatan

Penanganan material yang berbahaya seperti gas, asam, bahan kimia, dan material yang mudah meledak dapat menimbulkan kerusakan lingkungan bahkan kematian jika terlepas ke lingkungan.

Untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat terjadinya korosi, perlu dilakukan suatu tindakan pencegahan sehingga peralatan produksi maupun transportasi pada perusahaan minyak dan gas. Penggunaan sistem proteksi yang benar dapat meningkatkan ketahanan korosi baik eksternal maupun internal dari peralatan produksi minyak dan gas. Korosi pada logam tidak dapat dihentikan lajunya, namun korosi dapat dikurangi/dikendalikan dengan banyak cara, tergantung dari aplikasi dan kebutuhannya. Secara umum, ada beberapa metode dasar untuk pengendalian dan perlindungan pada korosi, yaitu^[1]:

a. Korosi eksternal

Korosi yang terjadi di bagian eksternal pipa maupun peralatan produksi dan transportasi lainnya di perusahaan minyak dan gas dapat diminimalisir dengan cara sebagai berikut:

- Pemilihan material, yaitu pemilihan material berdasarkan ketahanan korosinya untuk aplikasi pada lingkungan kerja. Metode ini dilakukan sebagai langkah awal untuk meminimalisir laju korosi
- Pelapisan (*coating*), yaitu pembentukan suatu lapisan yang memisahkan permukaan logam dengan lingkungannya.
- Proteksi katodik, yaitu dengan memperlakukan logam yang akan dilindungi sebagai katoda. Penggunaan proteksi katoda ini merupakan suatu metode yang dilakukan untuk menutupi efisiensi penggunaan *coating*. Pada dasarnya, *coating* tidak dapat melindungi material dari korosi 100%. Untuk itu, perlu dikombinasikan dengan sistem proteksi

katodik sehingga efisiensi proteksi dapat maksimal. Penggunaan *coating* dan proteksi katodik yang tepat akan meminimalisir biaya untuk perlindungan material.

b. Korosi internal

Fenomena korosi ini terjadi di dalam pipa. Ukuran pipa yang relatif kecil tidak memungkinkan sistem proteksi dengan metode *coating* serta proteksi katodik untuk dilakukan. Untuk itu diperlukan metode lain untuk melindungi material dari korosi internal. Inhibitor merupakan salah satu metode yang paling efektif untuk melindungi material dari korosi internal. Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.

Inhibitor merupakan salah satu metode yang sering digunakan pada berbagai industri terutama industri minyak dan gas untuk melindungi aset maupun peralatan dari korosi. Inhibitor yang digunakan di dunia industri saat ini masih banyak yang mengandung senyawa beracun (kromat, arsenic) sehingga masih terbatas oleh kebijakan mengenai lingkungan^[1]. Penggunaan kromat untuk aplikasi inhibitor di lingkungan air laut dinilai masih banyak menimbulkan polusi di laut. Untuk itu, dikembangkan suatu teknologi inhibitor yang lebih ramah lingkungan.

Pengembangan inhibitor yang ramah lingkungan telah banyak dikembangkan. Penggunaan mangga dan jeruk pada penelitian Saleh dkk cukup memadai untuk digunakan sebagai inhibitor organik pada baja di lingkungan 5% dan 10% HCl pada suhu 25 dan 40°C^[2]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Srivatsa yang memanfaatkan tembakau, lada hitam, dan getah akasia sebagai inhibitor organik untuk baja pada larutan asam^[2].

Penelitian lain yang baru-baru ini dilakukan adalah penggunaan ekstrak ubi ungu sebagai *green inhibitor*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan inhibitor berbasis ekstrak ubi ungu telah mampu digunakan untuk melindungi material baja karbon rendah di lingkungan HCl 1M. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fahmi Abdurahman (2010), efisiensi inhibitor dari ekstrak ubi ungu berada pada persentase maksimum 89,03%^[3]. Penelitian lainnya dilakukan

oleh Fadila Iman (2010), efisiensi inhibitor maksimum dari ekstrak ubi ungu berada pada persentase 92,26% pada penambahan inhibitor sebanyak 6 ml^[4].

Namun, penggunaan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor untuk suatu sistem yang berada pada lingkungan air laut masih belum dikembangkan. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja karbon rendah dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak ubi ungu.

1.2 Perumusan Masalah

Air laut merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak tersebar di seluruh belahan dunia. Air laut mengandung kadar garam sebesar 3,5% yang mengandung sebagian besar adalah garam NaCl. Keberadaan kandungan klorida (Cl⁻) pada air laut, menyebabkan air laut bersifat korosif. Meskipun begitu, pemanfaatan air laut masih terus digunakan dalam berbagai industri. Salah satu aplikasi air laut dalam industri perminyakan adalah sebagai suatu media yang digunakan untuk mengangkat *crude oil* maupun gas yang terdapat dalam *well*.

Crude oil yang terangkat dari *well* akan ditransfer menuju dengan media pipa yang terbuat dari *low carbon steel*. Dalam pipa tersebut tidak hanya *crude oil* saja yang ditransfer melainkan juga fluida yang sebagian besar berasal dari air laut yang digunakan untuk menginjek *crude oil* di dalam *well*. Keberadaan fluida ini menyebabkan korosivitas dalam pipa semakin meningkat. Kandungan klorida serta temperatur fluida yang cukup tinggi akan meningkatkan agresivitas fluida dalam “menyerang” pipa sehingga pipa akan mudah mengalami korosi dan pada akhirnya menyebabkan terjadinya kebocoran.

Untuk mengatasi hal tersebut banyak upaya yang dilakukan agar kegagalan pada pipa dapat dicegah dan diminimalisir. Penggunaan inhibitor berbasis nitrat dan kromat yang sangat efektif untuk melindungi pipa baja dari korosi pada lingkungan air laut^[1]. Namun, penerapan inhibitor tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal karena adanya dampak lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaan inhibitor berbasis kromat dan nitrat.

Untuk itu, perlu dikembangkan suatu inhibitor yang memiliki dampak pencemaran lingkungan yang cukup rendah. Ubi ungu merupakan salah satu jalan

untuk mengembangkan inhibitor yang ramah lingkungan. Di Indonesia, terutama di Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian memiliki potensi hasil sebesar 20-20,75 ton/ha^[5]. Selain potensi hasil yang cukup besar, ubi ungu juga mengandung senyawa antosianin yang berguna untuk menghambat laju korosi. Senyawa antosianin yang terdapat pada ubi jalar berfungsi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas, sehingga berperan dalam mencegah terjadinya penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif seperti *arteriosclerosis*^[5].

Sifat ekstrak ubi ungu yang tidak beracun, *biodegradable*, dan memiliki kelarutan yang baik dalam air, serta ditambah dengan melimpahnya bahan baku serta proses pembuatan yang murah dan sederhana membuat produk ini dapat menjadi *green inhibitor* yang baik dan memiliki potensi besar untuk diteliti, dikembangkan, kemudian diaplikasikan dalam suatu sistem dengan media air laut.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor pada lingkungan air laut pada temperatur 40°C.
2. Mengetahui mekanisme penghambatan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.
3. Mengetahui konsentrasi efektif ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.
4. Mengetahui pengaruh temperatur terhadap efektivitas ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Material yang digunakan adalah plat baja karbon rendah dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk variabel uji yang berbeda.
2. Perhitungan *corrosion rate* menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03.
3. Inhibitor organik yang digunakan adalah ekstrak ubi ungu yang diaplikasikan pada air laut dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G31-72 dengan temperatur air 40°C.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penulisan skripsi ini dapat mengenai sasaran yang diharapkan dan efisien, maka diperlukan sistematika penulisan yang baik. Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, tujuan, ruang lingkup penelitian serta metode dan sistematika penulisan laporan ini.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Terdiri dari dasar teori yang berkaitan dengan penelitian yang meliputi jenis-jenis korosi, mekanisme korosi, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi, dan metode pengendalian korosi.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Berisi diagram alir penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian, dan prosedur kerja penelitian secara sistematis dan terperinci.

BAB 4 : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi data-data yang diperoleh dari penelitian yang berupa data mentah maupun data yang telah diolah yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data-data tersebut meliputi data hasil pengujian komposisi sampel, berat awal dan akhir sampel, pH awal dan akhir larutan, potensial awal dan akhir sampel, serta perubahan warna pada larutan. Dari data-data tersebut dapat dilakukan analisa yang meliputi analisa pengamatan visual, analisa pengaruh inhibitor terhadap laju korosi, perubahan pH, perubahan potensial, serta perubahan warna pada larutan.

BAB 5 : KESIMPULAN

Berisi kesimpulan akhir dari penelitian berdasarkan dasar teori, hasil penelitian serta analisa data.

BAB 2

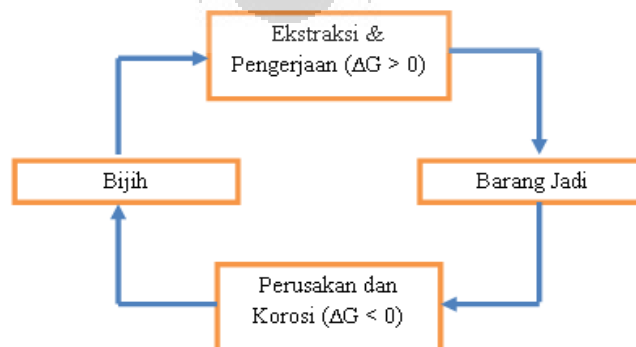
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Korosi

2.1.1 Definisi Korosi

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan atau degradasi material yang disebabkan oleh reaksi antara material dengan lingkungannya^[1]. Suatu material yang terkorosi akan memiliki sifat dan kualitas yang lebih rendah dari material yang tidak mengalami korosi. Bila korosi terjadi terus menerus pada suatu material, maka material tersebut akan berubah seluruhnya menjadi produk korosi. Dari definisi korosi di atas, ada dua komponen utama dalam korosi yaitu material dan lingkungan. Material dapat berupa logam maupun non-logam seperti keramik, karet, plastik, dan material non-logam lainnya. Lingkungan dapat berupa kelembaban udara, asam atau basa, gas, temperatur, dan lain-lain. Korosi dapat berlangsung secara cepat atau lambat bergantung pada tingkat keaktifan reaksi material tersebut dengan lingkungannya. Reaksi yang terjadi dapat berupa reaksi kimia, elektrokimia, atau secara mekanik.

Korosi paling banyak terjadi dan menimbulkan masalah yang sangat rumit adalah korosi pada logam. Logam yang terkorosi akan teroksidasi membentuk senyawa lain yang merupakan produk korosi. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu reaksi senyawa untuk kembali ke bentuk asalnya atau disebut dengan proses kebalikan dari ekstraksi metalurgi, misalnya logam *ferrous* yang terkorosi akan menghasilkan karat sebagai produk korosi yang merupakan senyawa $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ^[6].



Gambar 2.1 Siklus material secara sederhana

2.1.2 Prinsip Korosi

Pada korosi logam, reaksi yang paling banyak terjadi adalah reaksi elektrokimia dimana terdapat anoda, katoda, dan elektrolit sebagai tiga komponen utama dalam reaksi elektrokimia. Antara anoda dan katoda terjadi suatu kontak satu sama lain atau terhubung secara elektrokimia. Katoda mengalami reaksi reduksi sedangkan anoda mengalami oksidasi dan terkorosi. Proses oksidasi merupakan suatu proses pelepasan sejumlah elektron sehingga terjadi suatu peningkatan bilangan oksidasi. Reaksi reduksi merupakan suatu proses penangkapan elektron dan terjadi penurunan bilangan oksidasi. Logam yang mengalami oksidasi inilah yang akan terkorosi dan berubah menjadi senyawa lain dengan bilangan oksidasi yang lebih besar.

Secara umum, reaksi anodik dapat dituliskan menjadi^[1]:



Reaksi katodik yang mungkin terjadi selama proses korosi logam adalah^[1] :



Salah satu prinsip dasar korosi yang paling penting adalah “selama korosi logam, laju oksidasi sama dengan laju reduksi (dalam hal pelepasan dan penangkapan elektron)”^[1].

2.1.3 Mekanisme Korosi

Dalam proses korosi terjadi transfer elektron. Logam bertindak sebagai sel yang memberikan elektron atau biasa disebut anoda sedangkan lingkungan sebagai penerima elektron yang disebut katoda.

Ada empat komponen penting dalam proses korosi, yaitu^[6]:

1. Anoda

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi. Korosi pada anoda biasanya terjadi dengan pembentukan ion-ion logam dan pelepasan elektron-elektron dari atom logam netral. Ion-ion ini tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil

korosi yang tidak larut (*scale*). Pasivasi terjadi ketika lapisan film tipis dan protektif terbentuk di permukaan logam yang dikespos pada lingkungan korosif. Lapisan pasif berfungsi sebagai lapisan pelindung yang dapat menghambat reaksi korosi dengan memperlambat kelarutan ion-ion logam dalam elektrolit

2. Katoda

Katoda biasanya tidak mengalami korosi atau mengalami laju korosi yang sangat rendah. Reaksi yang terjadi dalam katoda adalah reaksi reduksi. Elektron yang dilepaskan oleh anoda ditangkap oleh katoda.

3. Elektrolit

Elektrolit merupakan media yang dapat menghantarkan arus listrik dengan nilai tahanan listriknya (*electrical resistivity*) yang dipengaruhi oleh lingkungan. Pengaruh lingkungan terhadap sifat-sifat elektrolit akan mempengaruhi laju korosi.

4. Hubungan listrik

Antara anoda dan katoda harus terdapat kontak agar terjadi aliran elektron dalam sel korosi.

Mekanisme korosi dibagi ke dalam empat tahap, yaitu^[1,6]:

1. Larutnya logam pada anoda
2. Transfer elektron dari logam (anoda) ke penerima elektron (katoda)
3. Terjadinya arus ion dalam larutan
4. Terjadinya arus elektron dalam logam

Laju korosi yang terjadi dalam suatu lingkungan tertentu sangat ditentukan oleh mekanisme korosi. Kecenderungan logam untuk melepaskan elektron pada saat terjadinya elektrokimia dalam proses korosi menunjukkan kereaktifan logam yang bersangkutan.

2.1.4 Tipe korosi

Tipe-tipe korosi di pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut^[1]:

1. *Uniform Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam yang berbentuk pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai

akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka. misalnya permukaan luar pipa.

2. *Pitting Corrosion*

yaitu korosi yang berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam karena hancurnya film dari proteksi logam yang disebabkan oleh rate korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya pada permukaan logam tersebut.

3. *Stress Corrosion Cracking*

yaitu korosi berbentuk retak-retak yang tidak mudah dilihat, terbentuk dipermukaan logam dan berusaha merembet ke dalam. Ini banyak terjadi pada logam-logam yang banyak mendapat tekanan. Hal ini disebabkan kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang korosif sehingga struktur logam melemah.

4. *Errosion Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi karena tercegahnya pembentukan film pelindung yang disebabkan oleh kecepatan alir fluida yang tinggi, misalnya abrasi pasir,

5. *Galvanic Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi karena terdapat hubungan antara dua metal yang disambung dan terdapat perbedaan potensial antara keduanya.

6. *Crevice Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat.

7. *Selective Leaching*

korosi ini berhubungan dengan melepasnya satu elemen dari campuran logam. Contoh yang paling mudah adalah desinification yang melepaskan zinc dari paduan tembaga.

2.1.5 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi suatu logam dapat terkorosi dan kecepatan laju korosi suatu logam. Sua 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. 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.

c. Sifat mampu fabrikasi dan pemesinan

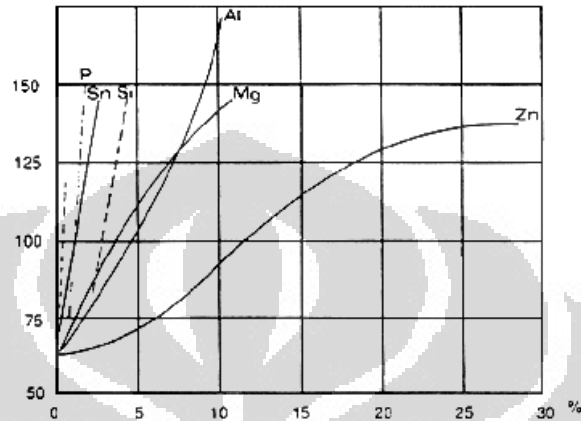
Merupakan suatu kemampuan material untuk menghasilkan sifat yang baik setelah proses fabrikasi dan pemesinan. Bila suatu logam setelah fabrikasi memiliki tegangan sisa atau endapan inklusi maka memudahkan terjadinya retak^[1].

2. Faktor Lingkungan

Faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi korosi antara lain:

a. Komposisi kimia

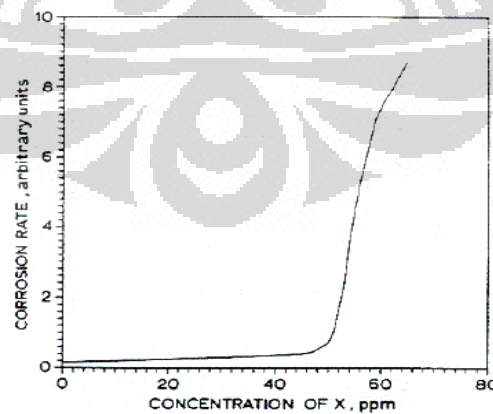
Ion-ion tertentu yang terlarut di dalam lingkungan dapat mengakibatkan jenis korosi yang berbeda-beda. Misalkan antara air laut dan air tanah memiliki sifat korosif yang berbeda dimana air laut mengandung ion klor yang sangat reaktif mengakibatkan korosi. Gambar 2.2. menunjukkan pengaruh komposisi elemen paduan terhadap ketahanan korosi terhadap paduan tembaga.



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

b. Jenis 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.

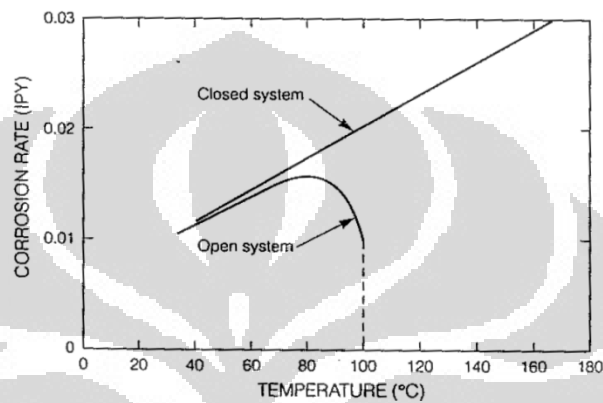


Gambar 2.3 Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi^[1]

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^[8]

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^[1].

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.

2.2 Perhitungan Laju Korosi

2.2.1 Metode Kehilangan Berat (*Weight Lost*)

Metode ini mengikuti Hukum Faraday. Kecepatan korosi dihitung dalam satuan *Mils Per Years (MPY)* (1 mil = 0,001 inch). Prinsipnya adalah mengitung perbedaan berat material sebelum dan sesudah terkorosi. Perbedaan berat tersebut dinyatakan sebagai jumlah material yang telah terkorosi. Dengan mengaitkan antara berat dengan waktu, maka laju korosi dapat diketahui. Alat yang digunakan sebagai pengukur disebut *coupon*. Untuk menghitung laju korosi dari suatu material dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{KW}{DAT} \quad (2.7)$$

Dimana:

W	: berat yang hilang (mg)	A	: area (<i>square inch</i>)
D	: densitas (gr/cm^3)	T	: time (<i>hours</i>)
K	: Konstanta ($3,45 \times 10^6$)		

Selain itu, laju korosi dapat dinyatakan dalam mdd (*miligrams per square decimeter per day*), untuk konversinya: 1 mpy = 1,44 mdd/specific gravity. Laju korosi juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$r = \frac{0.129ai}{nD} \quad (2.8)$$

Dimana:

r	: laju korosi (mpy)	n	: jumlah elektron
i	: arus ($\mu\text{A/cm}^2$)	D	: densitas (gr/cm^3)
a	: berat atom		

2.2.2 Metode Polarisation

Perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode polarisasi menggunakan Diagram *Taffel* dan Diagram *Evans*. Polarisation (η) merupakan penyimpangan potensial elektroda (E) dari keadaan setimbang yang disebabkan karena kecepatan reaksi bersih permukaan untuk reaksi setengah sel. Ada polarisasi katodik dan ada pula polarisasi anodik. Untuk polarisasi katodik (η_c),

elektron disuplai ke permukaan dan terbentuk pada logam dikarenakan kecepatan reaksi yang lambat dan menyebabkan potensial permukaan E menjadi negatif. Oleh karena itu, nilai dari polarisasi katodik (η_c) bernilai negative^[1,7].

Pada polarisasi anodik (η_a), elektron dihilangkan dari logam, pengurangan elektron menghasilkan perubahan potensial positif karena pelepasan elektron yang lambat oleh reaksi permukaan. Oleh karena itu, nilai dari polarisasi anodik (η_a) bernilai positif^[1,7].

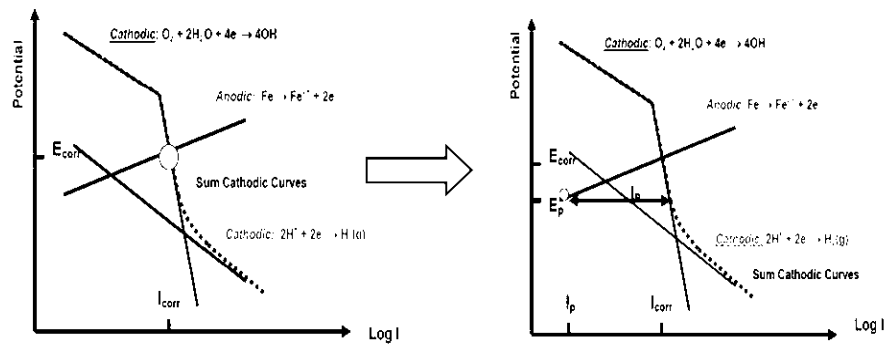
2.3 Pengendalian Laju Korosi

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^[1,7] :

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^[9].

2.3.3 Inhibitor

Inhibitor adalah zat yang kimia yang jika ditambahkan dalam konsentrasi yang kecil pada suatu lingkungan, secara efektif dapat menurunkan laju korosi^[10]. Pemilihan inhibitor untuk suatu material perlu didasari atas beberapa pertimbangan berikut^[2]:

- Biaya dari suatu inhibitor yang terkadang sangat mahal sehingga meningkatkan biaya operasi.
- Kandungan inhibitor yang bersifat toksin yang memberikan efek yang membahayakan bagi kehidupan manusia atau kehidupan makhluk lain.
- Ketersediaan inhibitor akan menentukan pemilihan inhibitor dan apabila ketersediaannya sangat sedikit, maka inhibitor akan menjadi sangat mahal.
- Tingkat keramahan terhadap lingkungan

Pengurangan laju korosi yang dihasilkan oleh suatu inhibitor menunjukkan efisiensi inhibitor tersebut. Efisiensi ini dapat ditentukan dengan perhitungan berikut^[10]:

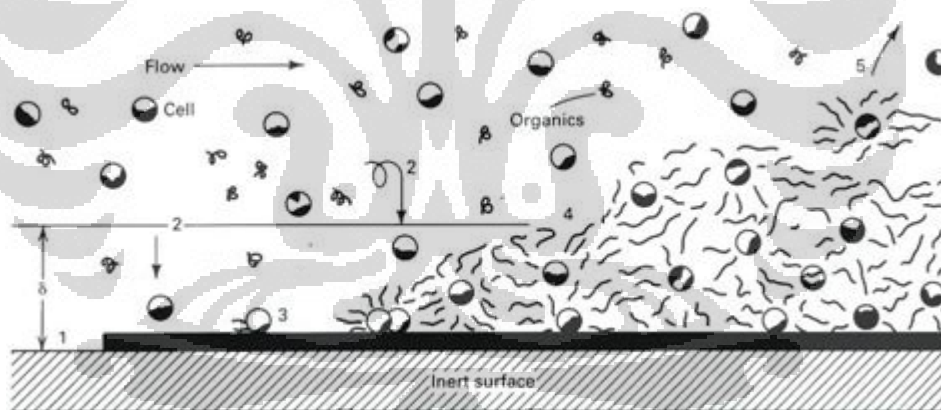
$$\text{Efisiensi Inhibitor (\%)} = \frac{(CR_{non-inhibitor} - CR_{inhibitor})}{CR_{non-inhibitor}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana CR = laju korosi

Secara umum, penambahan konsentrasi inhibitor akan meningkatkan efisiensi inhibitor (umumnya, inhibitor yang baik akan menghasilkan efisiensi sebesar 95% pada konsentrasi 0.008% dan menghasilkan efisiensi sebesar 90% pada konsentrasi 0.004%)^[10].

Pemilihan inhibitor yang tepat akan memberikan tingkat proteksi yang tinggi karena pada dasarnya setiap inhibitor memiliki mekanisme perlindungan yang berbeda. Inhibitor memiliki beberapa mekanisme kerja secara umum yaitu^[2]:

- a. Meningkatkan atau menurunkan polarisasi anodik atau katodik suatu logam
- b. Menurunkan laju difusi reaktan di permukaan logam
- c. Menurunkan tahanan listrik di permukaan logam



Gambar 2.6 Pembentukan lapisan tipis pada permukaan logam oleh inhibitor^[11]

Pada industri minyak dan gas jumlah penggunaan inhibitor perlu dikalkulasi dengan seksama. Konsentrasi penggunaannya pun harus tepat bergantung debit dari aliran effluent. *Corrosion inhibitor* biasanya diinjeksikan ke dalam aliran *effluent* dengan konsentrasi tertentu dan untuk jangka waktu tertentu. Oleh karena lapisan tipis inhibitor lama-kelamaan dapat tersapu oleh aliran *effluent*, untuk itu perlu dilakukan penginjeksian inhibitor yang kontinu agar perlindungan pada logam semakin optimal^[11].

2.3.3.1 Klasifikasi Inhibitor

Inhibitor dalam dalam bagaimana mekanisme inhibitor tersebut bekerja dapat dibedakan menjadi 5 jenis yaitu^[12]:

a. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik membuat logam menjadi terpolarisasi ke arah anodik sehingga berada pada daerah pasif yang membuat suatu lapisan pasif di permukaan logam sehingga laju korosi dapat menurun. Terdapat dua tipe inhibitor anodik, yakni^[8,10]:

- *Oxidizing anions*, seperti kromat, nitrat, dan nitrit yang dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja.
- *Non-oxidizing ions*, seperti fosfat, tungsten, dan molybdate yang membutuhkan keberadaan oksigen agar dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja^[10].

b. Inhibitor Katodik

Inhibitor jenis ini bekerja dengan menghambat reaksi katodik suatu logam akibat pembentukan suatu persipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi reaksi reduksi untuk melindungi logam tersebut. Perlindungan terjadi akibat penghambatan reaksi reduksi yang terjadi di katoda sehingga otomatis reaksi di anoda juga berkurang atau terhambat karena reaksi yang terjadi di anoda dan katoda berjalan setimbang dan spontan. Dari inhibitor katodik ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu^[10]:

- Racun katoda, jenis yang menghambat reaksi evolusi hidrogen.
- Persipitat katoda, jenis yang dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam.
- *Oxygen scavenger*, jenis yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda.

c. Inhibitor Persipitasi

Inhibitor jenis ini bekerja dengan membentuk persipitat yang relatif porous, tebal, dan kurang kuat melekat pada logam^[13]. Lapisan ini terbentuk di seluruh permukaan logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung.

Lapisan oksida



Gambar 2.7 Model skematik lapisan persipit^[14]

d. Inhibitor organik

Baik efek anodik maupun katodik terkadang muncul oleh adanya penambahan inhibitor organik pada suatu sistem. Namun, secara umum, inhibitor organik mempengaruhi seluruh permukaan dari logam yang terkorosi saat pemberian konsentrasi inhibitor yang optimum. Umumnya, inhibitor organik melindungi logam dengan cara membentuk suatu lapisan yang bersifat *hydrophobic* di permukaan logam^[10].

e. *Volatile Corrosion Inhibitor*

Inhibitor jenis ini bekerja dengan menurunkan tingkat korosifitas lingkungan dari suatu logam yang ingin dilindungi berada sebagai senyawa yang dialirkan melalui lingkungan tertutup menuju lingkungan korosif tersebut dengan cara penguapan dari sumbernya. Inhibitor jenis ini yang sering digunakan morpholine, hydrazine pada *boiler*. Senyawa tersebut dialirkan sebagai uap untuk mencegah korosi pada bagian *condenser tubes* untuk menetralkan suasana asam dan menggeser pH kesuasana yang tidak terlalu asam. Pemakaian yang efisien dari inhibitor dari jenis ini dapat menghasilkan proses inhibisi secara cepat dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama^[10].

2.3.3.2 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^[15].

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 serium dapat digunakan sebagai inhibitor ramah lingkungan yang cukup efektif^[16].

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^[17]. 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^[18]:

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

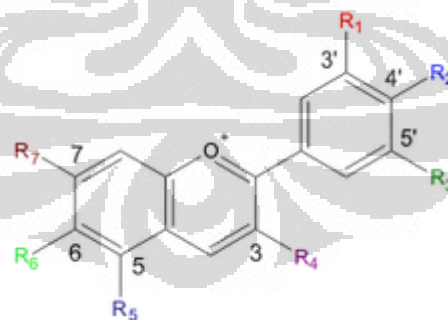
2.4 Ubi Ungu

Ubi ungu merupakan bahan pangan sumber energi dalam bentuk gula dan karbohidrat. Umbi ini mengandung vitamin dan mineral, seperti, kalsium, zat besi, vitamin A maupun C. Tidak hanya itu juga, ubi jalar ungu sangat banyak mengandung zat warna, terutama pigmen antosianin. Kandungan antosianin (zat warna pada tanaman) dari ubi jalar ungu ini berkisar antara 14,68 – 210 mg/100 gram bahan^[19].

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Ubi Ungu^[20]

Komposisi Kimia	Konsentrasi
Air (%)	70,48
Abu (%)	0,84
Pati (%)	12,64
Protein (%)	0,77
Gula Reduksi (%)	0,3
Serat Kasar (%)	3
Lemak (%)	0,94
Vitamin C (mg/100 mg)	21,43
Antosianin (mg/100 g)	110-210
Betakaroten (mkg/100g)	9.900

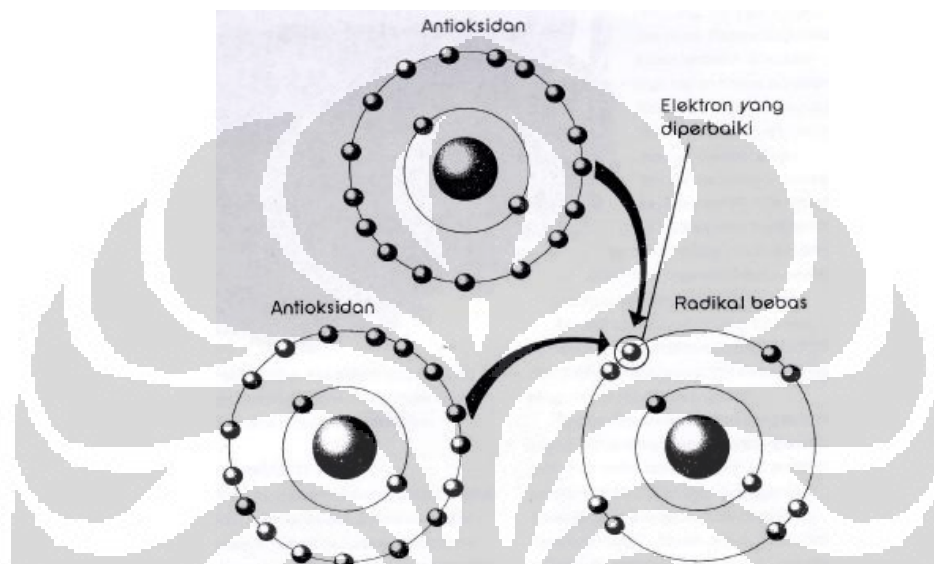
Secara kimia antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil atau dengan metilasi. Antosianin adalah suatu pigmen yang terkandung dalam buah atau sayuran yang dapat memberikan tampilan warna tertentu pada buah-buahan atau sayuran. Antosianin juga merupakan suatu antioksidan yang membantu melindungi organisme dari radikal-radikal bebas yang dihasilkan oleh sinar UV^[21].

**Gambar 2.8** Struktur antosianin^[23]

Antosianin secara umum mempunyai stabilitas yang rendah. Pada pemanasan yang tinggi, kestabilan dan ketahanan zat warna antosianin akan berubah dan mengakibatkan kerusakan. Selain mempengaruhi warna antosianin, pH juga mempengaruhi stabilitasnya, dimana dalam suasana asam akan berwarna

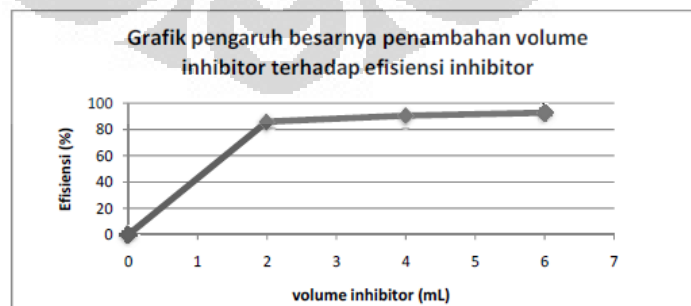
merah dan suasana basa berwarna biru. Antosianin lebih stabil dalam suasana asam daripada dalam suasana alkalis ataupun netral^[19].

Berdasarkan artikel yang tertulis pada majalah Flona edisi 97/VI, Februari 2011 yang berjudul Antioksidan vs Radikal Bebas dijelaskan bahwa kinerja antioksidan adalah sebagai pendonor elektron untuk senyawa yang memiliki elektron yang tidak berpasangan^[20]. Antioksidan akan mendonorkan elektron pada radikal bebas sehingga radikal bebas menjadi stabil.



Gambar 2.9 Skema kinerja antioksidan untuk menstabilkan radikal bebas^[20]

Penelitian mengenai pemanfaatan ubi ungu sebagai inhibitor organik dilakukan oleh Fadila Iman (2010). Penambahan inhibitor ubi ungu akan sangat berpengaruh pada efisiensi inhibitor. Semakin tinggi konsentrasi ubi ungu, maka efisiensi inhibitor akan semakin meningkat^[4]. Efisiensi inhibitor maksimum dari penggunaan ubi ungu di lingkungan HCl 1M adalah sebesar 92,6%^[4].



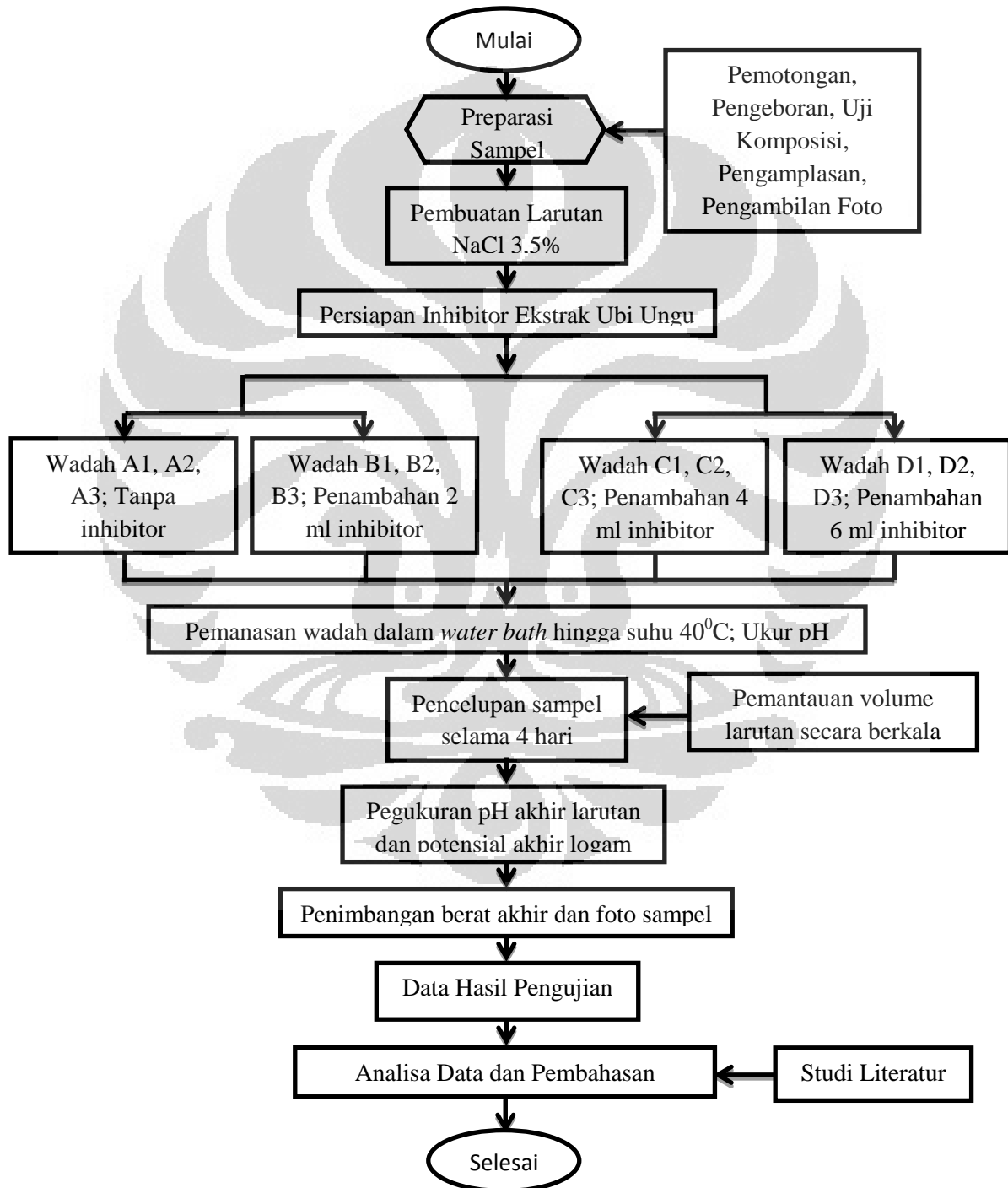
Gambar 2.10 Grafik Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Efisiensi Inhibitor^[4]

BAB 3

Metodologi Penelitian

1.1 Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian berjalan dengan lancar, maka diperlukan kerangka kerja yang sistematis yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



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. Amplas #80 dan #320
4. Timbangan digital
5. pH meter digital
6. *Water bath*
7. Termometer
8. Multimeter
9. Jangka sorong
10. Benang untuk menggantung sampel
11. 6 buah *beaker glass pyrex* 500 ml
12. Elektroda standar kalomel (SCE-*Saturated Calomel Electrode*)
13. Kamera digital
14. Hair dryer
15. *Magnetic steerer*
16. *Ultrasonic agitator*

3.2.2 Bahan

1. Baja Karbon Rendah
 - Dimensi : 25 mm x 20 mm x 1 mm
 - Densitas : Sampel yang digunakan untuk percobaan ini diukur panjang, lebar serta tebal aktual dengan menggunakan jangka sorong serta ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan digital. Dengan data ini, dapat dihitung densitas dari sampel dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} \quad (3.1)$$

Dimana ρ : massa jenis (gr/cm^3) p : panjang (cm)
 l : lebar (cm) t : tinggi (cm)

Tabel 3.1 Data Luas Permukaan, Massa, dan Massa Jenis

No	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gr)	Densitas (gr/cm ³)
1	3,15	1,99	0,10	0,6143	3,2238	5,2478
2	3,03	1,99	0,10	0,5909	3,2003	5,4158
3	2,64	2,01	0,10	0,5306	3,3060	6,2302
4	2,63	2,05	0,08	0,4313	3,3010	7,6532
5	2,61	2,08	0,08	0,4343	3,3269	7,6603
6	2,57	2,08	0,09	0,4811	3,2050	6,6617
7	2,60	2,13	0,09	0,4984	3,3719	6,7651
8	2,61	2,14	0,08	0,4468	3,3846	7,5746
DENSITAS SAMPEL						6,6511

Dari kedelapan sampel diatas, maka didapat densitas rata – rata dari kupon adalah : 6,6511 gr/cm³

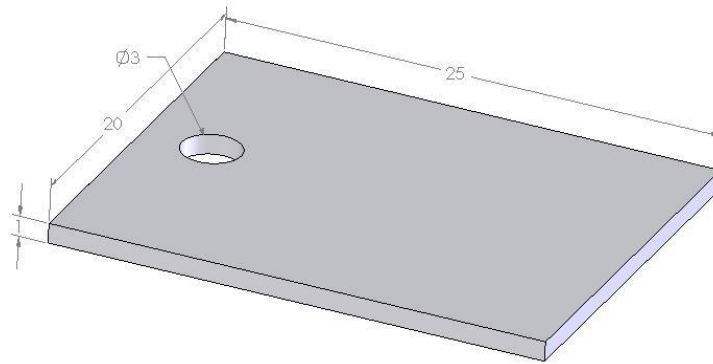
2. Sirup ekstrak ubi ungu
3. Aquades
4. Garam teknis
5. Sabun
6. *Acetone*
7. HCL teknis
8. inhibitor Barracor 12M
9. NaHCO₃

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Preparasi Sampel

1. Pemotongan Sampel

Material dipotong menjadi ukuran 25 mm x 20 mm x 1 mm. Ukuran sampel ini disesuaikan dengan ukuran *beaker glass* (500 ml) yang digunakan untuk pencelupan. Berdasarkan ASTM G31-72, dimana volume larutan minimal untuk merendam sebuah sampel adalah sebanyak 0,4 kali luas permukaan sampel.



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran *coupon*

Luas permukaan sampel:

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

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

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

2. Pengeboran Sampel

Sampel yang telah dipotong, kemudian dibor dengan mata bor berukuran diameter 3 mm pada bagian atas untuk penggantungan sampel.

3. Pengamplasan Sampel

Sampel yang telah dipotong dan dibor berwarna hitam yang merupakan lapisan pelindung bagi sampel agar tidak terkorosi. Oleh karena itu, sampel perlu diampelas untuk menghilangkan lapisan tersebut. Proses pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas #80, dan dilanjutkan dengan kertas amplas #320.

4. Pengambilan Foto

Setelah dilakukan pengamplasan, sampel difoto terlebih dahulu untuk mendapatkan data kondisi visual sampel sebelum dilakukan pencelupan.

5. Penimbangan Berat Sampel

Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya dengan menggunakan timbangan digital.

6. Pengamatan Visual

Sampel difoto dibagian permukaan dengan kamera digital untuk mendapatkan penampakan permukaan sebelum, sesudah dilakukan uji rendam, dan sesudah pembersihan.

3.3.2 Persiapan Larutan Rendam

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut. Air laut dibuat dengan cara mencampurkan aquades dengan garam teknis. Untuk mendapatkan kondisi larutan yang sama dengan air laut (NaCl 3,5%), maka perlu dilarutkan garam teknis sebanyak 35 gram ke dalam 1000 ml aquades.

$$\text{NaCl } 3,5\% \rightarrow \frac{\text{massa garam}}{\text{massa pelarut}} = 3,5\%$$

Volume pelarut : 1000 ml; Massa jenis aquades : 1 gr/cm³

Maka massa pelarut : 1000 gram

$$\frac{\text{massa garam}}{1000} = 0,035$$

$$\text{massa garam} = 35 \text{ gram}$$

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

Volume larutan = 0,4 x luas permukaan sampel

Volume larutan = 0,4 x 1085,29

Volume larutan = 434,12 ml \approx 450 ml

3.3.3 Pembuatan Inhibitor

Produk minuman ekstrak ubi ungu adalah inhibitor yang digunakan secara langsung. Volume inhibitor yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Wadah A1, A2, dan A3 tidak ditambahkan inhibitor
- Wadah B1, B2, dan B3 ditambahkan inhibitor sebanyak 2 ml
- Wadah B1, B2, dan B3 ditambahkan inhibitor sebanyak 4 ml
- Wadah B1, B2, dan B3 ditambahkan inhibitor sebanyak 6 ml

3.3.4 Perendaman Sampel dalam Larutan

Sampel yang telah dilakukan preparasi, digantung dengan benang dan kemudian dicelupkan kedalam *beaker glass* yang telah berisi larutan air laut 450 ml pada temperatur 40⁰C, dimana setiap satu sampel direndam pada 1 wadah selama 4 hari.

Sesaat setelah dilakukan pencelupan, setiap wadah diukur pH larutan dan potensial logam. Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan sensor pada pH

meter digital. Pengukuran potensial logam dilakukan dengan menggunakan multimeter dimana bagian positif dihubungkan dengan sampel dan bagian negatif dengan elektroda standar kalomel (*Saturated Calomel Electrode-SCE*).

3.3.5 Pembersihan Sampel (NACE RP0775-2005)

1. Setelah lama perendaman selesai sesuai waktu yang telah ditentukan (4 hari), keluarkan kupon dari rendaman dan foto sampel dengan kamera digital pada sampel kupon setelah perendaman.
2. Celupkan kupon kedalam air sabun sambil dibersihkan dengan spons yang bertujuan untuk menghilangkan minyak atau lemak pada permukaan kupon. Setelah itu cuci dengan air dan bilas dengan aquades lalu celupkan dalam *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*.
3. Setelah lakukan pengeringan, masukan sampel kupon kedalam *beaker glass* yang telah berisi zat pickling. Zat pickling dibuat dengan cara mencampurkan 100ml larutan HCL teknis dengan 100 ml aquades dan kemudian tambahkan inhibitor barracor sebanyak 2 ml. Tujuan dari pickling ini adalah untuk menghilangkan *scale* dari produk korosi dan tujuan dari penambahan barracor adalah agar proses korosi pada sampel tidak bejalan lagi. Lakukan proses ini dilakukan di dalam mesin *ultrasonic agitator* selama ± 2 menit.
4. Setelah dilakukan pickling, celupkan kupon kedalam larutan NaHCO_3 lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam setelah dari proses pickling sebelumnya lalu bilas dengan *aquades*.
5. Celupkan kembali kupon kedalam *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*. Setelah kering lakukan penghitungan massa sesudah pembersihan dan foto kupon.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah yang digunakan sebagai sampel diuji *Spectroscopy* di CMPFA (*Center for Material Processing and Failure Analysis*) untuk mengetahui komposisinya. Baja yang digunakan merupakan baja karbon rendah dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.



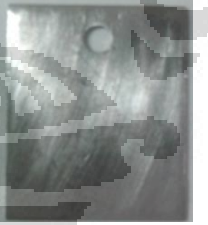
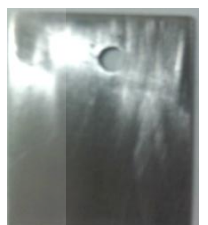
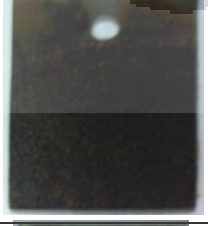

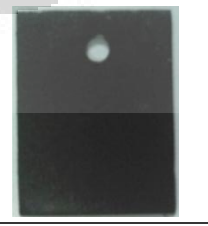
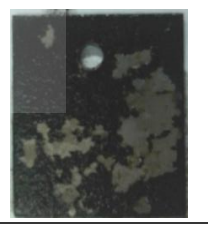
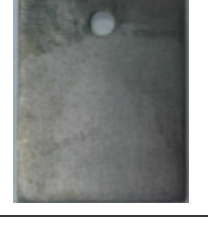
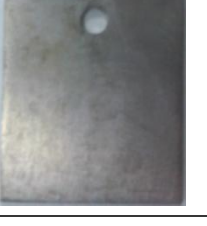

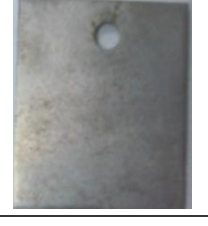
Tabel 4.1. Komposisi Baja Karbon Rendah

Fe(%)	C(%)	Si(%)	S(%)	P(%)	Cr(%)	Pb(%)
≈99.59	0.057	0.007	0.003	0.007	0.023	<0,025 ²
Ni(%)	Mo(%)	Ti(%)	Cu(%)	Nb(%)	V(%)	Mn(%)
0.031	<0.005 ²	<0.002 ²	0.121	<0.002 ²	<0.002 ²	0.160

4.1.2. Hasil Pengamatan Visual









4.1.2.1 Hasil Pengamatan Visual Pada Sampel

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Visual Pada Sampel

	Tanpa Inhibitor	Penambahan 2 ml (0,44%) Inhibitor	Penambahan 4 ml (0,89%) Inhibitor	Penambahan 6 ml (1,33%) Inhibitor
Sebelum Perendaman				
Setelah Perendaman				
Setelah Pickling				

4.1.2.2 Hasil Pengamatan Visual Pada Larutan

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Visual Pada Larutan

	Tanpa Inhibitor	Penambahan 2 ml (0,44%) Inhibitor	Penambahan 4 ml (0,89%) Inhibitor	Penambahan 6 ml (1,33%) Inhibitor
Awal				
Akhir				

4.1.3 Data Pengurangan Berat

Tabel 4.4 Data Pengurangan Berat Kupon

Kupon	Konsentrasi Inhibitor (per 450 ml larutan)	Berat Sampel (gr)		Pengurangan Berat (gr)	Rata – rata ΔW (gr)
		Awal	Akhir		
A	0 ml	3,1524	3,1318	0,0206	0,0231
		3,1453	3,1231	0,0222	
		3,1268	3,1003	0,0265	
B	2 ml (0,44%)	3,0364	3,0188	0,0176	0,020467
		3,2155	3,1953	0,0202	
		3,1123	3,0887	0,0236	
C	4 ml (0,89%)	3,0246	3,0072	0,0174	0,0163
		3,1724	3,1571	0,0153	
		3,1263	3,1101	0,0162	
D	6 ml (1,33%)	3,0989	3,0855	0,0134	0,0136
		3,0983	3,0878	0,0105	
		3,0583	3,0414	0,0169	

4.1.4 Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.5 Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Kupon		Konsentrasi Inhibitor (per 450 ml larutan)	ΔW (gr)	Corrosion Rate (MPY)	Rata - rata CR (MPY)	Efisiensi Inhibitor(%)
A	1	0 ml	0,0206	10,2785	11,5259	-
	2		0,0222	11,0768		
	3		0,0265	13,2223		
B	1	2 ml (0,44%)	0,0176	8,78165	10,2120	11,40%
	2		0,0202	10,0789		
	3		0,0236	11,7754		
C	1	4 ml (0,89%)	0,0174	8,68187	8,1330	29,44%
	2		0,0153	7,63406		
	3		0,0162	8,08312		
D	1	6 ml (1,33%)	0,0134	6,68604	6,7858	41,13%
	2		0,0105	5,23906		
	3		0,0169	8,43239		

4.1.5 Data Perubahan pH Larutan

Tabel 4.6 Data pH Larutan

Kupon	Konsentrasi Inhibitor (per 450 ml larutan)	pH				
		pH Awal	Rata-rata pH awal	pH Akhir	Rata-rata pH akhir	Perubahan pH
A	0 ml	6,8	6,8	7,4	7,7	0,9
		7,0		7,7		
		6,7		8,0		
B	2 ml (0,44%)	6,2	6,3	6,7	6,9	0,6
		6,1		6,9		
		6,6		7,0		
C	4 ml (0,89%)	6,0	6,1	6,6	6,4	0,3
		6,1		6,2		
		6,3		6,4		
D	6 ml (1,33%)	5,8	5,8	5,9	6,0	0,2
		6,0		6,1		
		5,7		6,1		

4.1.6 Data Perubahan Potensial

Tabel 4.7 Data Potensial Logam

Kupon		Konsentrasi Inhibitor (per 450 ml larutan)	Potensial (V) vs Ag/AgCl				Potensial (V) vs SHE		Perubahan Potensial
			Awal		Akhir		Awal	Akhir	
			Aktual	Rata-rata	Aktual	Rata-rata			
A	1	0 ml	-0,508	-0,509	-0,674	-0,622	-0,287	-0,844	-0,400
	2		-0,505		-0,693				
	3		-0,513		-0,499				
B	1	2 ml (0,44%)	-0,499	-0,495	-0,693	-0,641	-0,273	-0,863	-0,419
	2		-0,491		-0,706				
	3		-0,496		-0,523				
C	1	4 ml (0,89%)	-0,477	-0,479	-0,688	-0,651	-0,257	-0,873	-0,429
	2		-0,482		-0,614				
	3		-0,479		-0,650				
D	1	6 ml (1,33%)	-0,472	-0,476	-0,712	-0,709	-0,254	-0,931	-0,487
	2		-0,477		-0,721				
	3		-0,480		-0,694				

4.2 Pembahasan

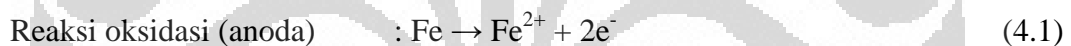
4.2.1 Analisis Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Dari 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%)^[23]. Unsur-unsur yang menyusun dari sampel ini sangat mempengaruhi karakteristik dari sampel. Keberadaan krom pada baja sangat mempengaruhi ketahanan material terhadap korosi. Semakin banyak kandungan krom pada baja, maka ketahanan korosinya akan semakin meningkat dengan konsentrasi krom optimum sebesar 12-14%^[1]. Selain itu, kandungan Cu pada baja juga sangat mempengaruhi ketahanan korosi baja. Sama halnya dengan krom, kandungan Cu dapat menurunkan laju korosi baja dengan konsentrasi optimum sebesar 0,3%^[24]. Kandungan Ni pada baja mampu meningkatkan ketahanan korosi baja. Kandungan Ni sebesar 0,1-0,5% tidak terlalu berpengaruh pada ketahanan korosi baja, namun, konsentrasi Ni sebesar 1-5% sangat berpengaruh terhadap penurunan laju korosi^[24].

Kandungan elemen paduan pada sampel yang digunakan pada penelitian yang cukup rendah tidak berpengaruh pada ketahanan korosi baja. Kandungan krom yang sebesar 0,023%, Ni sebesar 0,031%, dan Cu sebesar 0,121% tidak bersifat protektif pada sampel.

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

Pada saat dilakukan pengujian, penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu menyebabkan perubahan warna pada larutan rendam. Pada larutan yang diberi penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu, warna larutan berubah menjadi keunguan. Warna ungu yang dihasilkan pun semakin pekat seiring dengan peningkatan konsentrasi inhibitor. Namun, setelah perendaman serta pemanasan pada temperatur 40°C selama ± 4 hari, warna larutan berubah menjadi keabu-abuan. Pada larutan yang tidak diberi inhibitor, warna larutan yang semula berwarna agak bening berubah menjadi agak oranye. Warna oranye yang dihasilkan disebabkan oleh adanya produk korosi yang terbentuk selama proses perendaman.



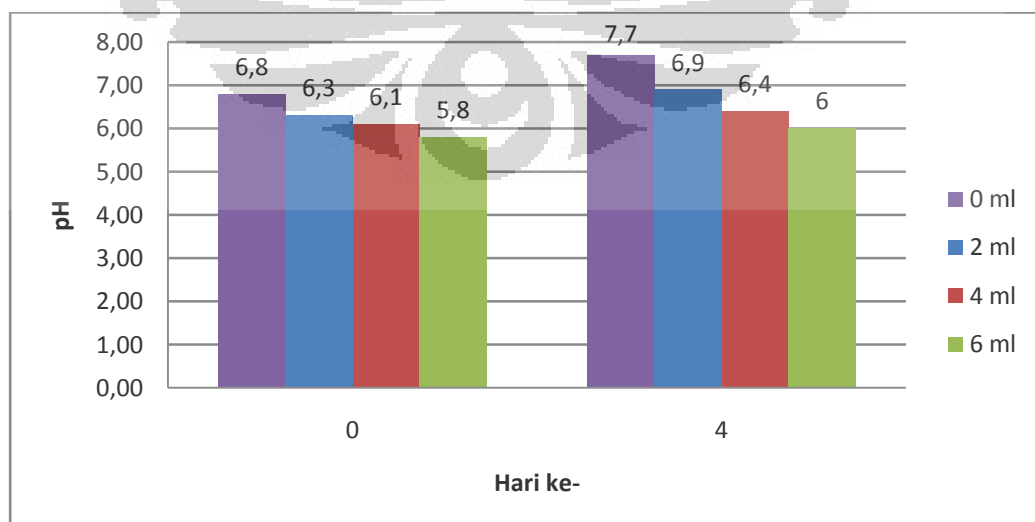
Pada sampel yang digunakan dalam penelitian ini, kondisi awal sampel berada pada keadaan yang bersih dari oksida. Pada awal pembelian sampel, sampel diterima pada kondisi yang berwarna hitam yang merupakan suatu lapisan yang melindungi sampel dari korosi. Setelah diampelas, warna sampel berubah menjadi silver yang bebas dari oksida. Setelah proses pencelupan, permukaan sampel pada pada sistem yang tidak terinhibisi mengalami korosi seragam terutama pada permukaan dan bagian pinggir dari sampel. Warna sampel pun berubah menjadi agak kehitaman yang diduga merupakan *scale* sebagai produk dari korosi

Namun, pada sistem yang terinhibisi, korosi seragam yang terjadi tidak terlalu banyak dan terbentuk lapisan yang terbentuk pada permukaan logam dan mengendap. Lapisan ini terbentuk akibat penambahan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik. Lapisan yang terbentuk di permukaan sampel sangat mudah hilang ketika dibersihkan dengan menggunakan sabun. Hal ini juga terlihat dari

semakin besar konsentrasi atau penambahan jumlah inhibitor ubi ungu yang dipakai, lapisan seperti endapan kehitaman yang ada dipermukaan semakin terlihat. Lapisan tipis yang terbentuk pada permukaan pada sampel yang terinhibisi berfungsi untuk menghambat laju korosi^[25]. Selain itu, pada penambahan ekstrak ubi ungu sebanya 6 ml (1,33%), terdapat beberapa bagian permukaan logam yang tidak terkorosi. Hal ini diduga adanya suatu lapisan yang melindungi bagian tersebut sehingga tidak ada kontak langsung antara permukaan logam dan larutan celup. Lapisan ini hanya bersifat menempel sementara pada permukaan logam karena pada saat pengangkatan sampel, tidak terlihat lapisan pada sampel. Lapisan tersebut telah rusak pada saat sampel diangkat dari larutan. Keberadaan lapisan ini membuat sampel terlindung dari korosi untuk sementara waktu.

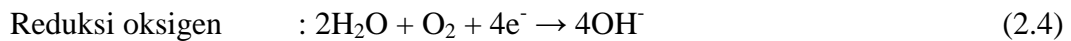
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap pH Larutan

Selama pengujian *weight loss*, diperoleh data pH larutan dihari pertama perendaman dan hari terakhir perendaman (hari ke-4) dimana data ditunjukkan pada Tabel 4.6. Pada pengujian untuk sampel tanpa inhibitor pH awal sebesar 6,8 dan pada hari ke-4 menunjukkan pH akhir sebesar 7,7. Pada pengujian sampel dengan penambahan 2 ml (0,44%) inhibitor organik, pH awal adalah sebesar 6,3 dan pH akhir sebesar 6,9. Saat penambahan 4 ml (0,89%) inhibitor organik untuk pH awal sebesar 6,1 dan pH akhir adalah 6,4, serta penambahan 6 ml (1,33%) organik didapat data pH awal sebesar 5,8 dan pH akhir sebesar 6,0.

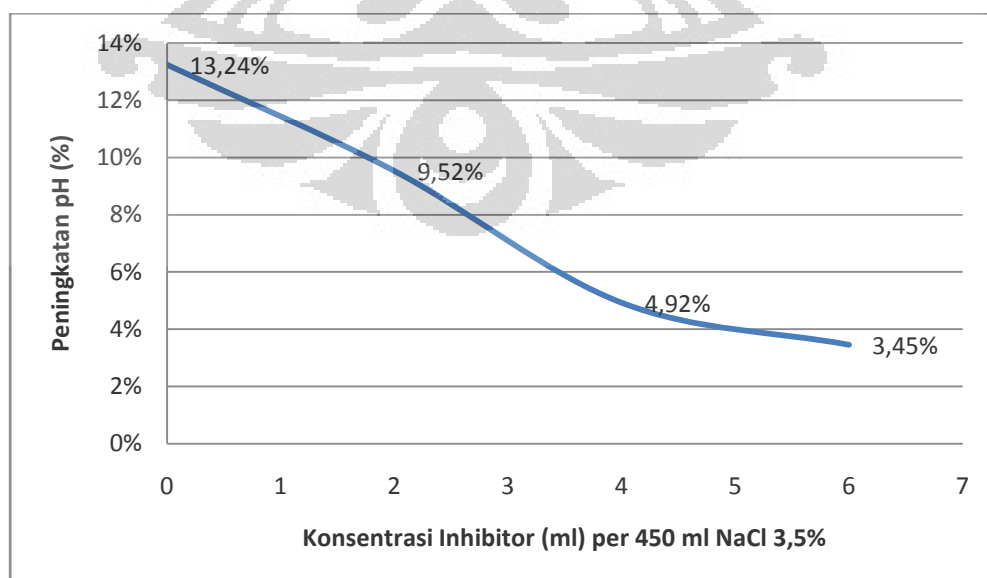


Gambar 4.1 Grafik Perubahan pH terhadap Konsentrasi

Data pH dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 4.1 dimana secara keseluruhan terjadi peningkatan pH namun dengan besar peningkatan yang berbeda. Perubahan pH tersebut terjadi karena adanya reaksi reduksi yang terjadi pada katoda di lingkungan air laut dimana kondisi dari lingkungan netral adalah reaksi reduksi oksigen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut^[1]:



Berdasarkan perubahan pH yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi inhibitor akan membuat larutan menjadi semakin asam. Perubahan pH tersebut disebabkan oleh pH dari inhibitor yang bersifat asam (pH = 4,8). Jika dilihat perubahan pH pada larutan baik yang diberi inhibitor maupun tidak, dapat diketahui bahwa mekanisme yang dihasilkan oleh inhibitor ekstrak ubi ungu ini adalah mekanisme pengikatan oksigen. Hal ini dapat dilihat dari perubahan pH yang cukup signifikan pada larutan yang diberi penambahan inhibitor sebesar 4 dan 6 ml (1,33%). Pada larutan yang tidak diberi inhibitor, pH larutan mengalami peningkatan sebesar 8,45% dari pH larutan sebelum pencelupan. Pada larutan yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 2 ml (0,44%), pH larutan meningkat sebesar 9,25% dari pH larutan awal. Pada larutan yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 4 ml (0,89%), pH larutan meningkat sebesar 4,92% dari pH larutan awal. Pada larutan yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 6 ml (1,33%), pH larutan meningkat sebesar 3,45% dari pH larutan awal.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Peningkatan pH Larutan

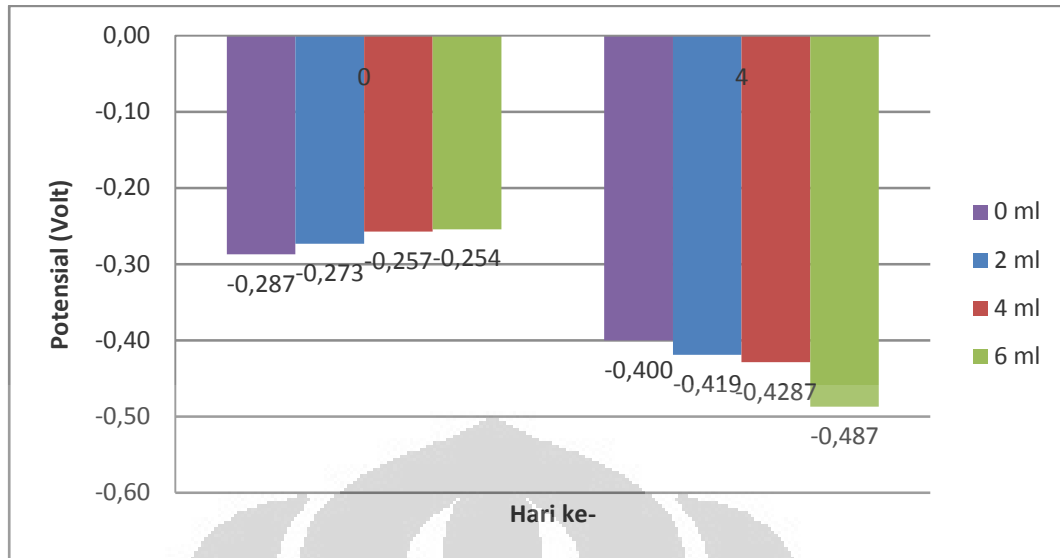
Berdasarkan Gambar 4.2, semakin tinggi konsentrasi ekstrak ubi ungu pada larutan celup, pH larutan pada saat sebelum dan setelah pencelupan cenderung untuk mengalami peningkatan pH yang rendah. Dengan kata lain, kandungan yang terdapat pada ekstrak ubi ungu mampu mengikat oksigen (*oxygen scavenger*) sehingga ion OH^- yang dihasilkan oleh adanya reduksi oksigen dalam larutan menjadi semakin kecil sehingga pH hanya mengalami sedikit peningkatan. Dengan adanya mekanisme pengikatan oksigen (*oxygen scavenger*) pada air laut sehingga terjadi penurunan kadar oksigen yang terlarut dan laju reaksi reduksi oksigen pada katoda menurun (depolarisasi katoda)^[24]. Bila reaksi reduksi mengalami penghambatan atau gangguan akibat menurunnya kadar oksigen pada larutan rendam, maka akan terjadi penghambatan reaksi oksidasi di anoda karena reaksi reduksi-oksida yang terjadi pada proses korosi adalah reaksi spontan dan setimbang.

4.2.4 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Potensial Logam

Pengukuran potensial dalam pengujian *Immersion* dilakukan dengan menggunakan elektroda standar Ag/AgCl. Hasil yang didapat lalu dikonversikan ke V vs SHE dengan menggunakan persamaan berikut^[1]:

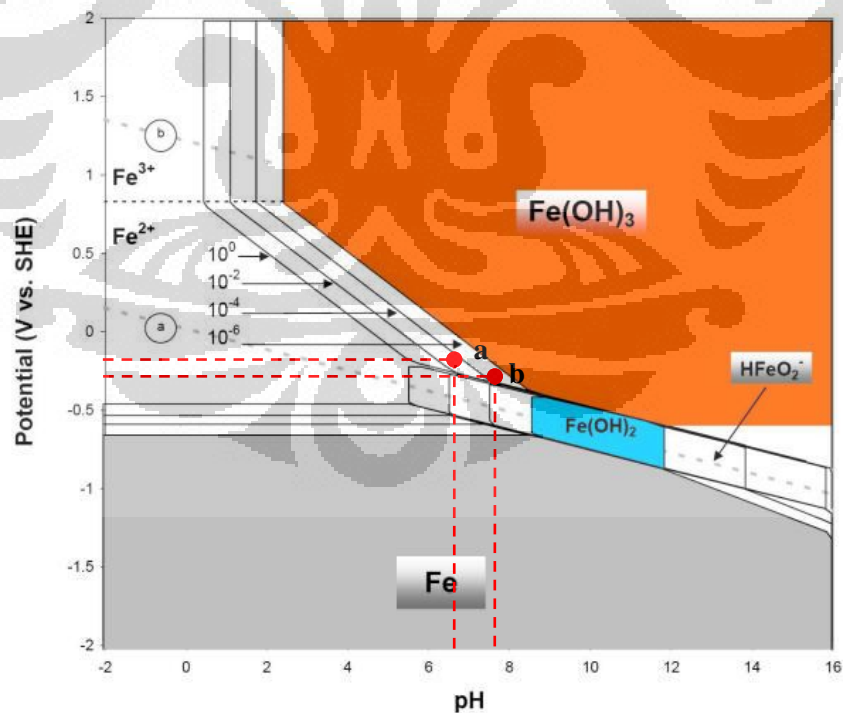
$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) } \frac{vsAg}{AgCl} + 0,222 \text{ V} \quad (4.2)$$

Pada Tabel 4.7. ditampilkan potensial awal yang berbeda untuk setiap perlakuan dari sampel. Pada sampel kupon yang tidak diberi inhibitor memiliki potensial lebih positif dibandingkan dengan sampel kupon yang diberi inhibitor. Perubahan potensial serta kondisi potensial akhir yang diperoleh menunjukkan bahwa mekanisme perlindungan yang diberikan oleh inhibitor ubi ungu ini adalah perlindungan katodik karena logam dijadikan menjadi lebih bersifat katodik yang ditunjukkan oleh potensial yang semakin negatif.

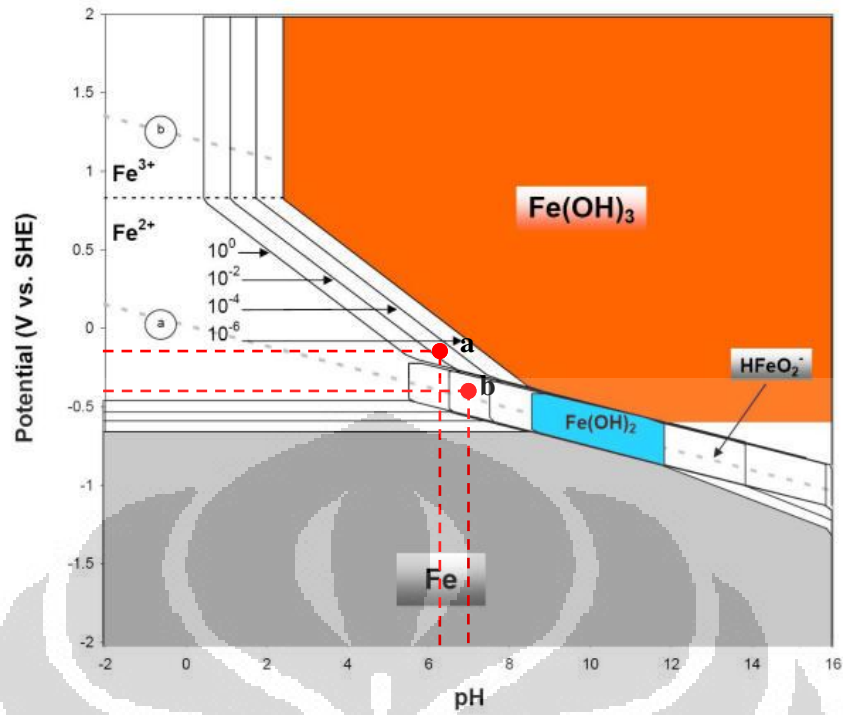


Gambar 4.3 Grafik perubahan potensial sampel

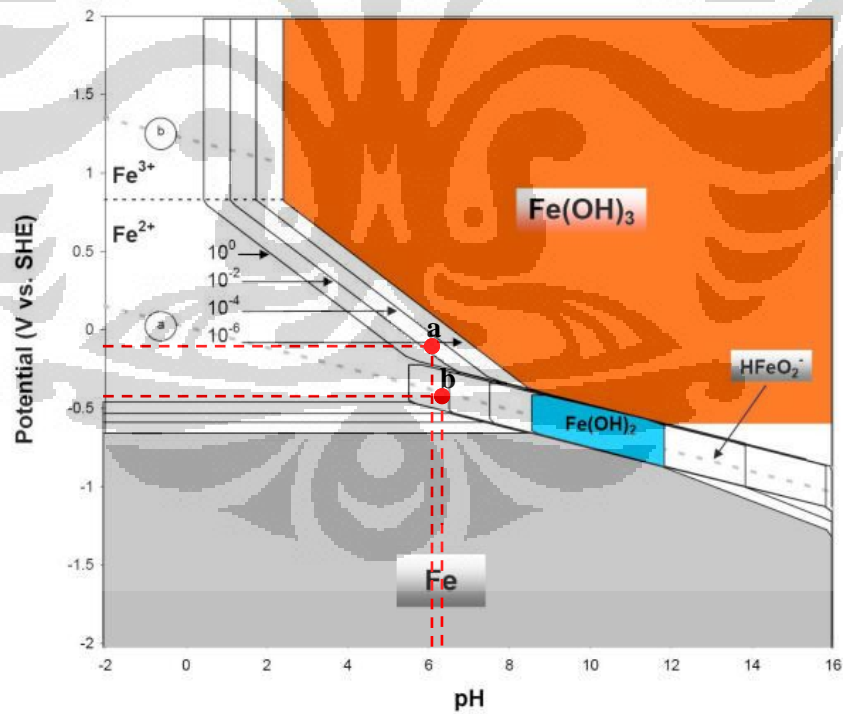
Dari data potensial dan pH yang diperoleh dari hasil penelitian, maka akan diketahui kondisi awal dan akhir sampel serta senyawa yang terbentuk akibat proses korosi melalui diagram pourbaix. Jika data potensial dan pH dari hasil penelitian diplot ke dalam diagram pourbaix, maka akan diperoleh hasil sebagai berikut:



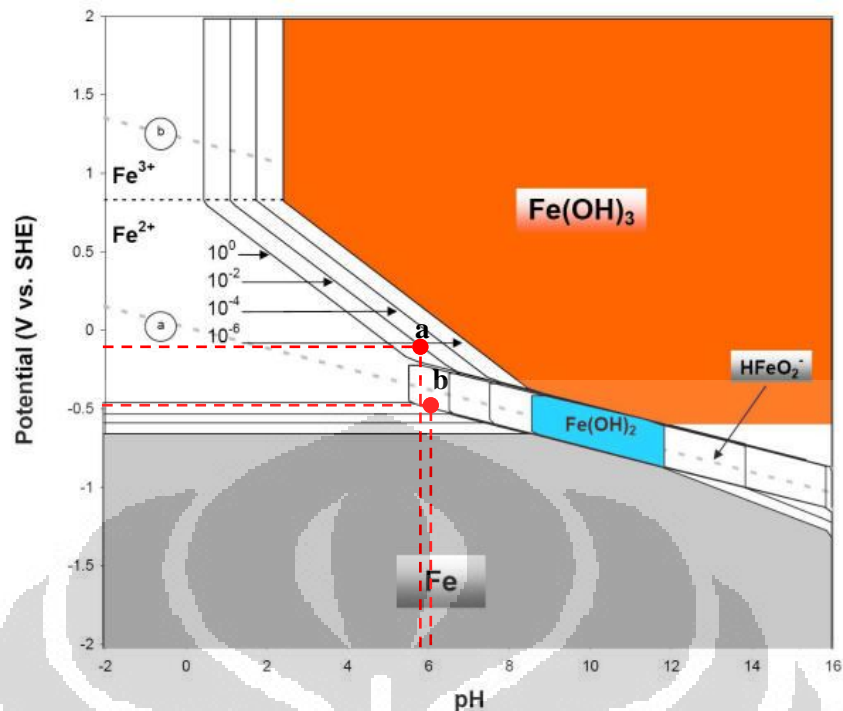
Gambar 4.4 Diagram pourbaix Fe pada kondisi tidak terinhibisi saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman



Gambar 4.5 Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 0,44% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman

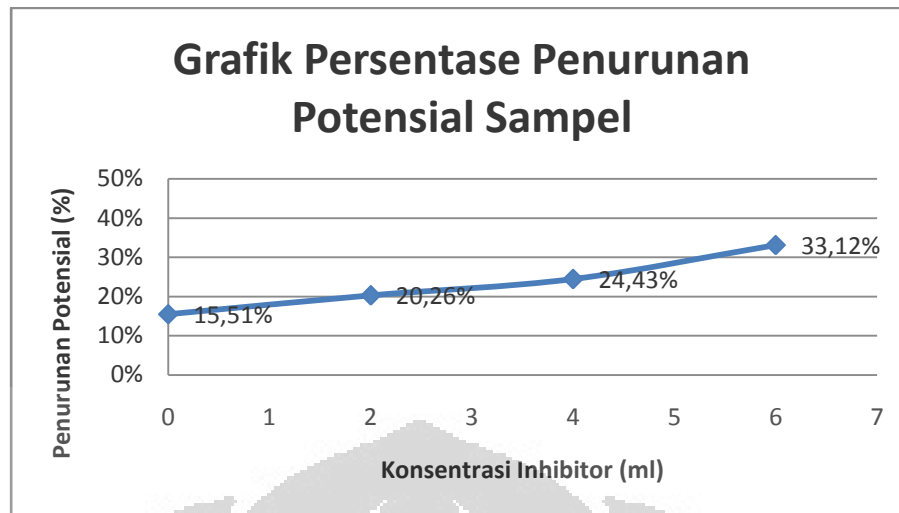


Gambar 4.6 Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 0,89% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman



Gambar 4.7 Diagram pourbaix Fe pada kondisi terinhibisi 1,33% inhibitor saat (a) awal perendaman dan (b) setelah perendaman

Berdasarkan diagram Pourbaix di atas, dapat dilihat bahwa kondisi akhir logam pada saat tidak terinhibisi berada pada daerah $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Pada saat penambahan ekstrak ubi ungu, potensial logam menurun hingga berada pada daerah $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Potensial kupon menjadi semakin negatif seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor. Pada sampel yang berada pada sistem yang tidak terinhibisi, potensial akhir dari sampel sebesar $-0,400\text{V}$ dengan perubahan potensial sebesar $15,51\%$ ke arah negatif. Pada sampel yang berada pada sistem yang terinhibisi oleh penambahan 2 ml ($0,44\%$) inhibitor, potensial akhir dari sampel adalah sebesar $-0,419\text{V}$ dengan perubahan potensial sebesar $20,26\%$ ke arah negatif. Pada sampel yang berada pada sistem yang terinhibisi oleh penambahan 4 ml ($0,89\%$) inhibitor, potensial akhir dari sampel adalah sebesar $-0,429\text{V}$ dengan perubahan potensial sebesar $24,43\%$ ke arah negatif. Pada sampel yang berada pada sistem yang terinhibisi oleh penambahan 6 ml ($1,33\%$) inhibitor, potensial akhir dari sampel adalah sebesar $-0,487\text{V}$ dengan perubahan potensial sebesar $33,12\%$ ke arah negatif.

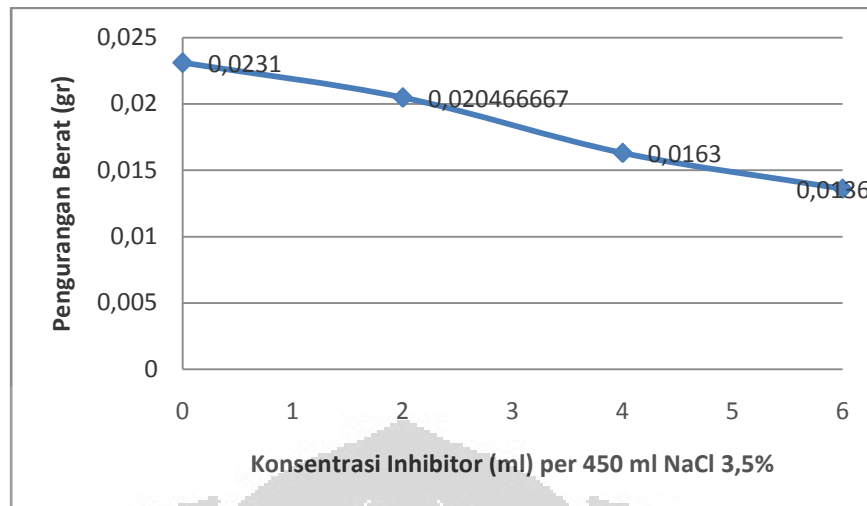


Gambar 4.8 Grafik Persentase Penurunan Potensial Sampel

4.2.5 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

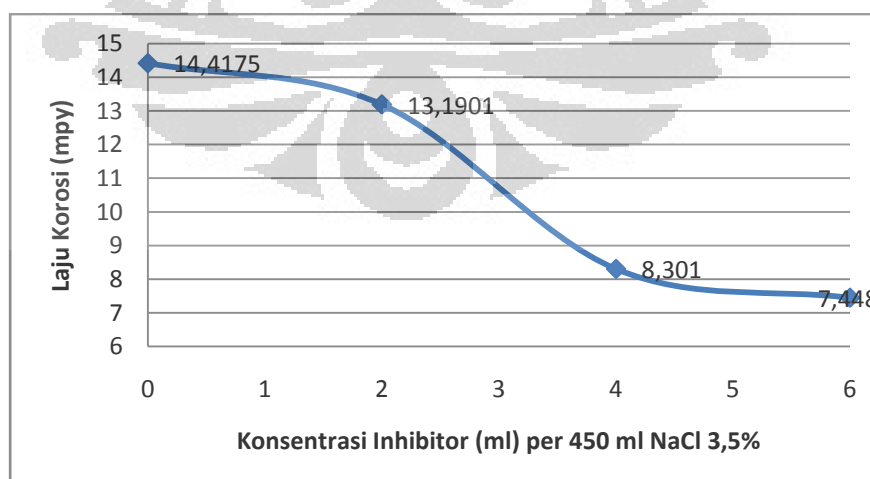
Dalam pengujian ini digunakan inhibitor ekstrak ubi ungu dengan variabel konsentrasi yang berbeda. Sampel yang dibagi dalam 4 kelompok yang dibedakan atas dasar pemberian inhibitor yaitu kelompok tanpa inhibitor, penambahan 2 ml (0,44%), penambahan 4 ml (0,89%), dan penambahan 6 ml (1,33%) dengan lama pengujian 4 hari. dari pengujian ini didapatkan hasil sesuai dengan tujuan dari penelitian.

Hasil dari pengujian rendam ditunjukkan pada Tabel 4.4. didapatkan hubungan antara sistem yang terinhibisi dengan yang tidak terinhibisi serta dengan hasil pengurangan berat dan hubungan antara konsentrasi inhibitor dengan hasil pengurangan berat sampel. Hasil yang didapat adalah semakin besar konsentrasi inhibitor melalui banyaknya jumlah penambahan inhibitor tersebut maka semakin menurunnya pengurangan berat yang terjadi pada sampel. Untuk pengujian dengan penambahan 2 ml (0,44%) inhibitor ekstrak ubi ungu didapatkan pengurangan berat rata-rata sebesar 0,0205 gr, untuk pengujian dengan penambahan 4 ml (0,89%) inhibitor ekstrak ubi ungu didapatkan pengurangan rata-rata sebesar 0,163 gr, dan untuk pengujian dengan penambahan 6 ml (1,33%) inhibitor didapatkan pengurangan berat sebesar 0,136 gr.



Gambar 4.9 Grafik Pengurangan Berat Terhadap Konsentrasi

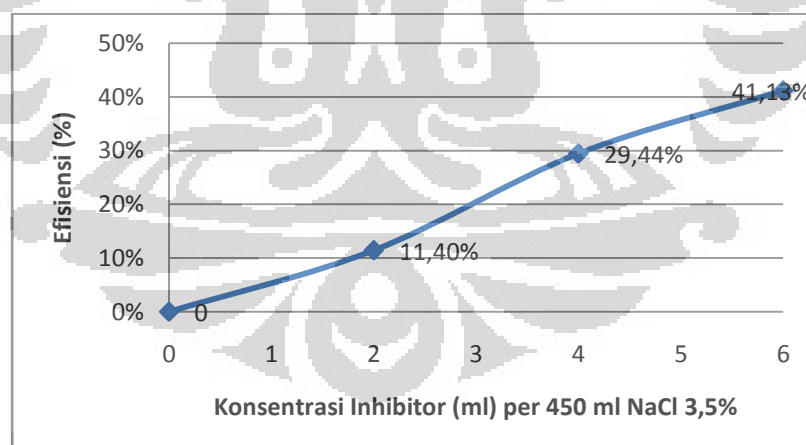
Dari pengurangan berat yang diperoleh, maka dengan memasukkan data tersebut ke dalam rumus *weight loss* dapat diperoleh besarnya laju korosi masing-masing sampel. Pada sampel yang berada di sistem yang tidak terinhibisi, laju korosi dari sampel sebesar 11,5259 mpy. Pada sampel yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 2 ml (0,44%), laju korosi dari sampel adalah sebesar 10,2120 mpy. Pada sampel yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 4 ml (0,89%), laju korosi dari sampel adalah sebesar 8,1330 mpy. Pada sampel yang diberi penambahan inhibitor sebanyak 6 ml (1,33%), laju korosi dari sampel adalah sebesar 6,7858 mpy. Berdasarkan data pada Tabel 4.4 serta Gambar 4.4., dapat diketahui bahwa seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor, laju korosi dari sampel semakin menurun.



Gambar 4.10 Grafik Laju Korosi Terhadap Konsentrasi

Penurunan laju korosi ini disebabkan karena penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu menurunkan konsentrasi oksigen yang ditunjukkan oleh perubahan pH pada larutan. Antosianin yang terkandung dalam ubi ungu memiliki kemampuan untuk mengikat oksigen yang terdapat pada larutan. Dengan terjadinya pengikatan oksigen oleh antosianin, laju reduksi pada logam akan menurun serta reaksi oksidasi lanjut (perubahan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$) semakin terhambat. Hal ini terlihat dari diagram Pourbaix logam yang semakin berada di daerah $\text{Fe}(\text{OH})_2$ seiring dengan penambahan ekstrak ubi ungu. Mekanisme lain yang terjadi adalah terbentuknya lapisan tipis di permukaan logam yang menghambat terjadinya laju oksidasi.

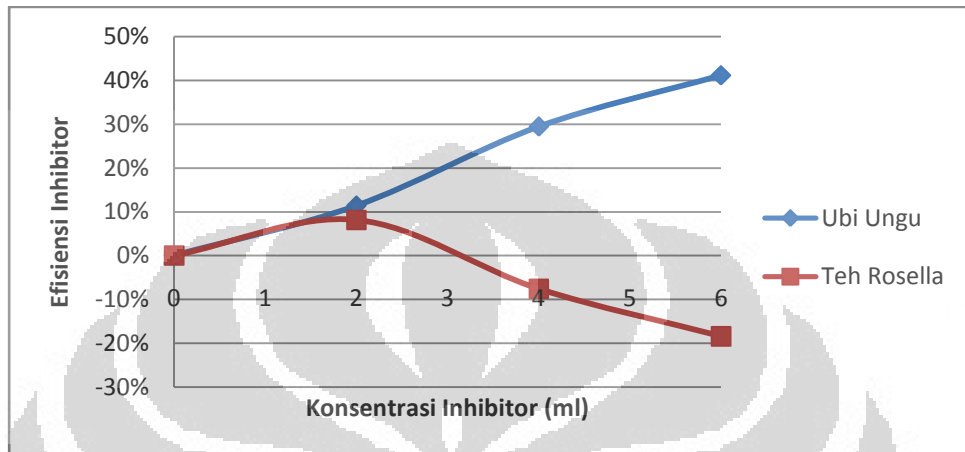
Dari laju korosi yang didapatkan pada penelitian ini, dapat diketahui nilai efisiensi dari inhibitor ekstrak ubi ungu yang sangat bergantung pada konsentrasi dari inhibitor tersebut. Penambahan ekstrak ubi ungu akan meningkatkan efisiensi inhibitor dalam melindungi logam dari korosi. Pada penambahan ekstrak ubi ungu sebanyak 2 ml (0,44%), efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 11,40%. Pada penambahan ekstrak ubi ungu sebanyak 4 ml (0,89%), efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 29,44%. Pada penambahan ekstrak ubi ungu sebanyak 6 ml (1,33%), efisiensi yang dihasilkan sebesar 41,13%.



Gambar 4.11 Pengaruh konsentrasi kestrak ubi ungu terhadap efisiensi inhibitor

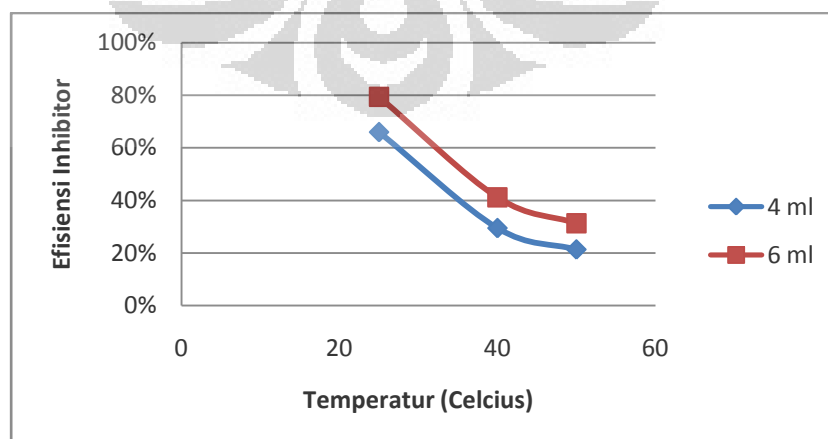
Jika dibandingkan dengan penelitian lain mengenai penggunaan inhibitor organik di lingkungan air laut pada temperatur 40°C yang dilakukan oleh Roni Saputra (2011) yang menggunakan teh rosella, ubi ungu jauh lebih efektif dibandingkan teh rosella sebagai inhibitor organik. Efisiensi inhibitor yang dihasilkan oleh teh rosella maksimum bernilai 8,14% dengan penambahan 2 ml

teh rosella kemudian menurun secara signifikan hingga -7,58% dan -18,44% dengan konsentrasi masing-masing sebesar 4 dan 6 ml^[26]. Tanda negatif menunjukkan bahwa penggunaan inhibitor teh rosella dengan konsentrasi 4 dan 6 ml justru mempercepat terjadinya korosi pada logam. Dengan kata lain, logam lebih mudah terdegradasi dengan adanya inhibitor jenis ini.



Gambar 4.12 Pengaruh jenis inhibitor terhadap efisiensi inhibitor di lingkungan NaCl 3,5% pada temperatur 40°C

Jika data ini digabungkan dengan penelitian lainnya dengan larutan yang sama namun pada temperatur yang berbeda baik yang lebih rendah maupun lebih tinggi dari 40°C didapatkan hasil bahwa seiring dengan peningkatan temperatur efisiensi inhibitor semakin rendah. Pada temperatur 25°C, efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 65,96% pada penambahan 4 ml inhibitor dan 79,38% pada penambahan 6 ml inhibitor^[27]. Pada temperatur di atas 40°C, yakni 50°C, efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 21,30% pada penambahan 4 ml inhibitor, dan 31,27% pada penambahan 6 ml inhibitor^[28].

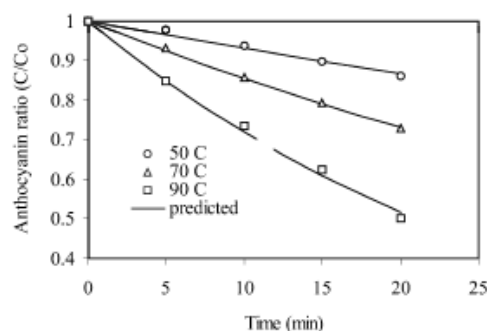


Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Efisiensi Inhibitor

Penurunan efisiensi inhibitor tersebut disebabkan oleh perubahan suhu yang berdampak pada stabilitas dan jumlah antosianin pada ekstrak ubi ungu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh J. Tarara, dkk (2008), peningkatan suhu akan menurunkan konsentrasi antosianin yang terkandung pada beberapa buah-buahan. Penelitian tersebut dilakukan dengan membandingkan kandungan antosianin pada buah berry yang terdapat di dua daerah yang berbeda yang memiliki perbedaan temperatur. Buah berry pertama disimpan di daerah yang bersuhu 35°C lebih panas dibandingkan daerah kedua. Hasil dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa kandungan antosianin buah berry pada tempat penyimpanan pertama lebih rendah dibandingkan kandungan antosianin buah berry pada tempat penyimpanan kedua^[29].

Penelitian lain dilakukan oleh J. Ahmed, dkk (2003) mengenai fenomena degradasi antosianin oleh perubahan temperatur. Kandungan antosianin semakin rendah seiring dengan meningkatnya temperatur dari larutan^[30]. Penurunan konsentrasi antosianin ini belum dapat dijelaskan secara pasti, namun, pada penelitian yang dilakukan oleh Youngmok Kim diberikan 3 kemungkinan mengenai fenomena degradasi antosianin oleh temperatur, yakni^[31]:

- Pertama, kation *flavylium* berubah menjadi basa karbinol yang kemudian berubah menjadi turunan *coumarin*
- Kedua, kation *flavylium* berubah menjadi basa karbinol tidak berwarna, kemudian berubah menjadi kalkon dan akhirnya berubah menjadi pigmen berwarna coklat.
- Ketiga, kation *flavylium* berubah menjadi kalkon, kemudian berubah menjadi basa karbinol tidak berwarna dan akhirnya berubah menjadi pigmen berwarna coklat.



Gambar 4.14 Pengaruh waktu dan temperatur terhadap konsentrasi antosianin^[30]

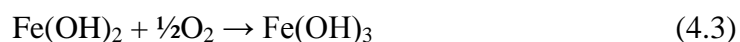
4.2.6 Mekanisme Perlindungan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu

Berdasarkan Gambar 4.10 mengenai pengaruh konsentrasi ekstrak ubi ungu terhadap laju korosi logam dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi ekstrak ubi ungu akan menurunkan laju korosi logam. Berdasarkan diagram Pourbaix yang tertera pada Gambar 4.4 hingga Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi inhibitor akan membuat potensial logam semakin negatif serta pH larutan menjadi semakin stabil (hanya mengalami sedikit peningkatan). Laju korosi yang terjadi pada pH netral sangat dipengaruhi oleh kecepatan reaksi oksigen dengan ion-ion hidrogen terlarut^[32]. Hal tersebut menyebabkan depolarisasi pada logam yang meningkatkan laju reaksi katodik. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

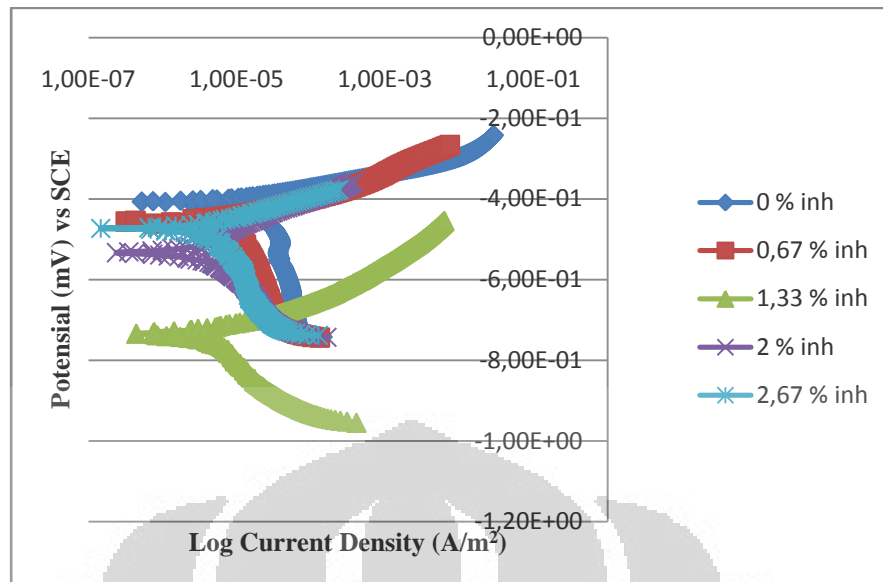


Pada permukaan logam akan terbentuk suatu lapisan yang akan menutupi baja sehingga laju difusi oksigen pada permukaan logam akan terhalangi oleh adanya lapisan ini^[32]. Pada bagian luar lapisan terbentuk lapisan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ karena $\text{Fe}(\text{OH})_2$ akan dioksidasi lebih lanjut oleh adanya oksigen berlebih. Hal ini pun diperkuat dengan hasil pengamatan visual pada sampel yang terbentuk suatu produk korosi pada permukaan logam yang tidak diberikan penambahan inhibitor yang berwarna merah agak kecoklatan. Warna ini menunjukkan adanya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ pada permukaan logam^[33].

Pada sub bab 4.2.3 dijelaskan bahwa mekanisme yang dihasilkan oleh ekstrak ubi ungu adalah pengikatan oksigen (*oxygen scavenger*). Dengan terjadinya ikatan antara oksigen dengan antosianin yang terkandung pada ekstrak ubi ungu, maka laju oksidasi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ akan semakin menurun yang ditunjukkan oleh persamaan 4.3. Hal inilah yang menyebabkan kondisi akhir logam setelah perendaman berada pada daerah $\text{Fe}(\text{OH})_2$ sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7



Untuk lebih meyakinkan terjadinya mekanisme *oxygen scavenger*, maka hipotesa ini dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Adhi Nugroho (2011) mengenai penggunaan ekstrak ubi ungu di lingkungan air laut pada temperatur ruang dengan metode polarisasi^[27].



Gambar 4.15 Kurva polarisasi pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak ubi ungu di lingkungan air laut pada temperatur ruang^[27]

Berdasarkan Gambar 4.15, dapat dilihat bahwa penambahan ekstrak ubi ungu akan menurunkan laju reduksi di katoda yang merupakan reaksi reduksi oksigen. Hal ini terlihat dari kurva katodik pada Gambar 4.17 menjadi lebih landai seiring akibat penambahan inhibitor sehingga menurunkan laju korosi dari logam. Oleh karena itu, mekanisme yang dihasilkan oleh ubi ungu adalah inhibitor katodik dengan reaksi pengikatan oksigen yang terkandung dalam larutan rendam.

BAB 5

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap baja karbon rendah dengan variasi penambahan ekstrak ubi ungu sebagai green inhibitor sebesar 0 ml, 2 ml, 4ml, dan 6 ml larutan ekstrak ubi ungu dan lama perendaman selama 4 hari di lingkungan air laut pada temperatur 40°C, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ekstrak ubi ungu dapat dijadikan sebagai inhibitor organik untuk material baja karbon rendah di lingkungan NaCl 3,5% pada temperatur 40°C namun kurang efektif untuk melindungi baja karbon rendah.
2. Penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu mempengaruhi perubahan pH larutan NaCl 3,5% yang berdampak pada penurunan konsentrasi oksigen terlarut. Besar rata-rata perubahan pH:

- Kondisi yang tidak terinhibisi pH larutan meningkat sebesar 13,24%, yang semula pH larutan 6,8 meningkat hingga 7,7.
- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 2 ml ekstrak ubi ungu pH larutan meningkat sebesar 9,52%, yang semula pH larutan 6,3 meningkat hingga 6,9.
- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 4 ml ekstrak ubi ungu pH larutan meningkat sebesar 4,92%, yang semula pH larutan 6,1 meningkat hingga 6,4.
- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 6 ml ekstrak ubi ungu pH larutan meningkat sebesar 3,45%, yang semula pH larutan 5,8 meningkat hingga 6,0.

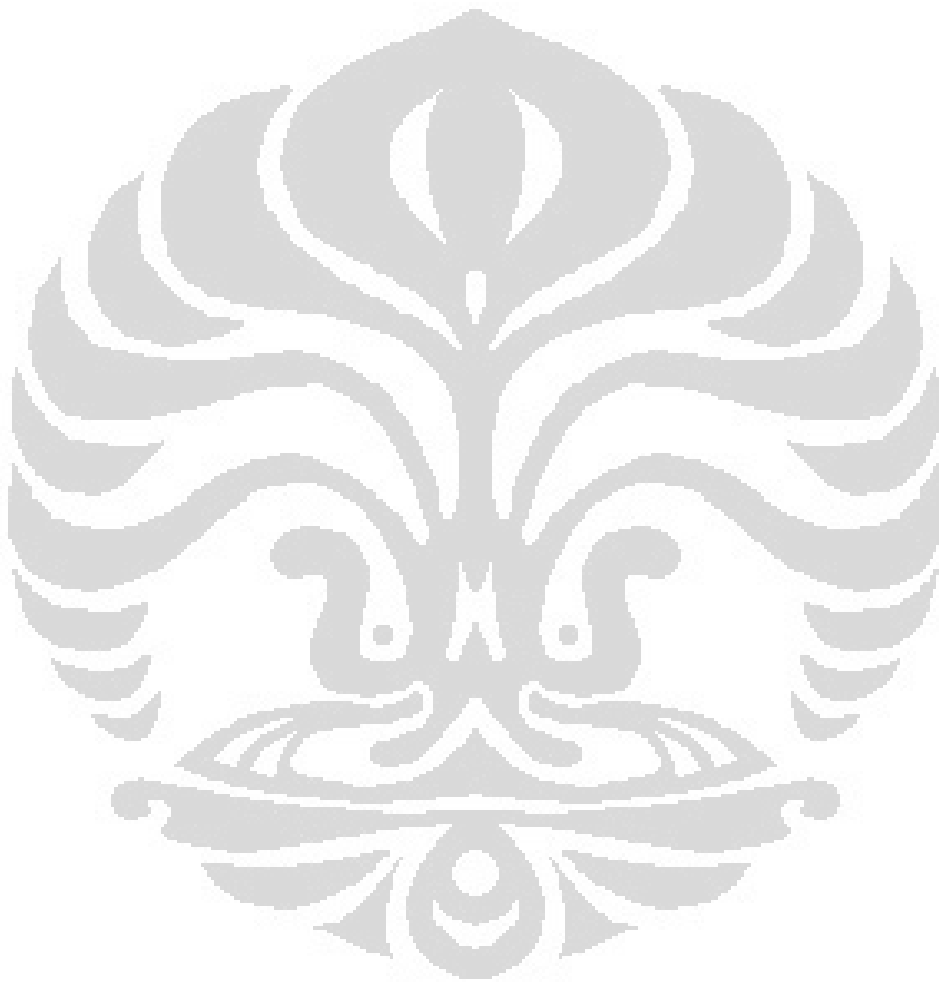
3. Besar laju korosi mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi dari ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor di lingkungan NaCl 3,5%.

Besar rata – rata laju korosi:

- Kondisi yang tidak terinhibisi sebesar 11,5259 mpy
- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 2ml ekstrak ubi ungu sebesar 10,2120 mpy

- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 4ml ekstrak ubi ungu sebesar 8,1330 mpy
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 6ml ekstrak ubi ungu sebesar 6,7858 mpy
4. Potensial akhir sampel semakin negatif serta selisih potensial semakin besar seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak ubi ungu. Potensial rata-rata sampel:
- Kondisi yang tidak terinhibisi, potensial sampel berubah dari -0,731 V vs SHE ke -0,844 V vs SHE dengan penurunan potensial sebesar 15,51%.
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 2 ml ekstrak ubi ungu, potensial sampel berubah dari -0,717 V vs SHE ke -0,863 V vs SHE dengan penurunan potensial sebesar 20,26%.
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 4 ml ekstrak ubi ungu, potensial sampel berubah dari -0,701 V vs SHE ke -0,873 V vs SHE dengan penurunan potensial sebesar 24,43%.
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 6 ml ekstrak ubi ungu, potensial sampel berubah dari -0,698 V vs SHE ke -0,931 V vs SHE dengan penurunan potensial sebesar 33,12% V.
5. Besar efisiensi inhibitor meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak ubi ungu di lingkungan NaCl 3,5% pada temperatur 40°C.
Besar efisiensi rata-rata:
- Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 2 ml ekstrak ubi ungu, efisiensi inhibitor sebesar 11,40%.
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 4 ml ekstrak ubi ungu, efisiensi inhibitor sebesar 29,44%.
 - Kondisi yang terinhibisi oleh penambahan 6 ml ekstrak ubi ungu, efisiensi inhibitor sebesar 41,13%.
6. Ekstrak ubi ungu memiliki sifat sebagai inhibitor organik dengan mekanisme kerja sebagai kontrol katodik (inhibitor katodik) melalui pengikatan oksigen terlarut (*oxygen scavenger*) karena adanya senyawa antioksidan. Hal ini terlihat melalui perubahan pH yang kecil dimana semakin besar konsentrasi Ubi Ungu semakin kecil peningkatan pH serta dengan melihat adanya

perubahan potensial ke arah yang lebih negatif secara umum dengan penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu. Selain itu, mekanisme yang terjadi adalah terbentuknya lapisan adsorpsi di permukaan logam yang bersifat melindungi logam sementara.



DAFTAR PUSTAKA

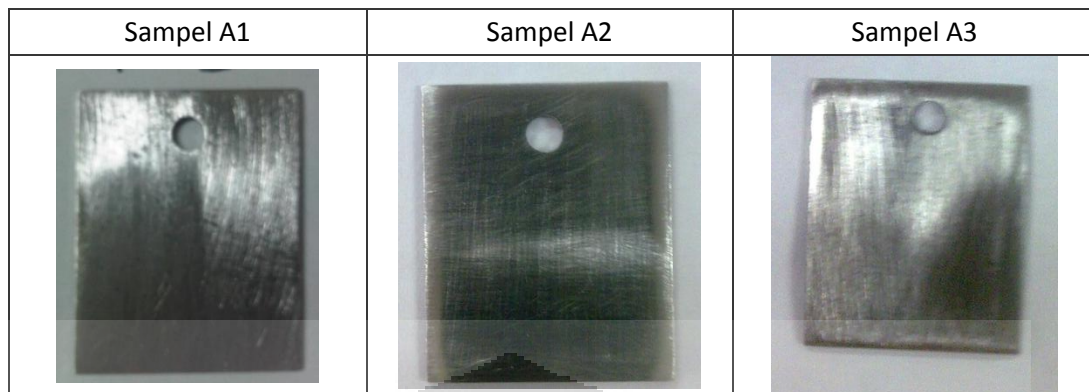
1. Denny A. Jones. (1997). *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd Ed. Singapore: Prentice Hall International, Inc.
2. Raja, Pandian Bothi, & Mathur Gopalakrishnan Sethuraman. (2007). *Natural Product as Corrosion Inhibitor for Metals in Corrosive Media – A Review*. ScienceDirect Journal, Materials Letters 62 (2008) 113–116.
3. Abdurahman, Fahmi. (2010). *Pengaruh Waktu Perendaman Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Green Corrosion Inhibitor Di Lingkungan HCl 1M*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
4. Ardianto, Fadila Iman. 2010. *Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Green Corrosion Inhibitor Untuk Material Baja Karbon Rendah Pada Lingkungan HCl 1M*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
5. Jusuf, M., A. Rahayuningsih, dan Erliana Ginting. (2008). *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol. 13: Ubi Jalar Ungu*. Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian: Malang.
6. K.R. Trethewey and J. Chamberlain. (1995). *Corrosion for Science and Engineering 2nd Edn*, Longman (UK).
7. Fontana, G. (1986). *Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
8. 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.
9. ASM Handbook Volume 13A. (2003) Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection. USA : ASM International.
10. Roberge, Pierre R. (2000). *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill
11. Putra, Jaka R. (2008). *Laporan Kerja Praktek Total E&P Indonesia: Analisis Korosi Flowline di Lapangan Handil*. Bandung: Intsitut Teknologi Bandung.

12. Riastuti, Rini & Andi Rustandi. (2008). *Diktat Mata Kuliah Korosi Dan Proteksi Logam*. Depok.
13. Utami, Isni. *Kinerja Inhibitor Sinergis Molibdat-Nitrit Terhadap Laju Korosi Baja*. UPN Veteran Jawa Timur.
14. Wallace N. (1981). *Assessment of Cooling Water Corrosion Inhibitor*. BHP Techinal Buletin Vol. 25 No. 2 November.
15. 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.
16. Aballe, M. Bethencourt, F.J. Botana and M. Marcos, *Journal of Alloys and Compounds* 323-324 (2001) 855-858
17. El-Etre, A.Y., Abdallah, M. (200). *Natural honey as corrosion inhibitor for metals and alloys. II. C-steel in high saline water. Corrosion Science* 42 (4), 731-738 (2000).
18. 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.
19. <http://www.litbang.deptan.go.id/berita/one/719/> diakses pada tanggal 21 Mei 2011 pukul 10:17 WIB.
20. Majalah Flona Edisi 97/Februari 2007. *Warna dan Antioksidan: Ungu Kaya Antosianin, Merah Kaya Betakaroten*. Kompas Gramedia: Jakarta.
21. Stefanut, Mariana Nela, dkk. (2009). *The Electrochemical Behaviour of Some Berries Extract*. *Studia Universitas Babes-Bolyai, Chemia, LIV, Sp. Iss1*.
22. Takos, Adam M., dkk. (2006). *Light-Induced Expression of a MYB Gene Regulates Anthocyanin Biosynthesis in Red Apples. Plant Physiology* 142:1216-1232 (2006): American Society of Plant Biologists.
23. Suharno, Bambang. (2009). *Diktat Mata Kuliah Proses Pembuatan Besi dan Baja*, Depok.
24. Schumacher, M. (1979). *Seawater Corrosion Handbook*. Noyes Data Cooperation: USA
25. Dalimunthe, Indra Surya. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

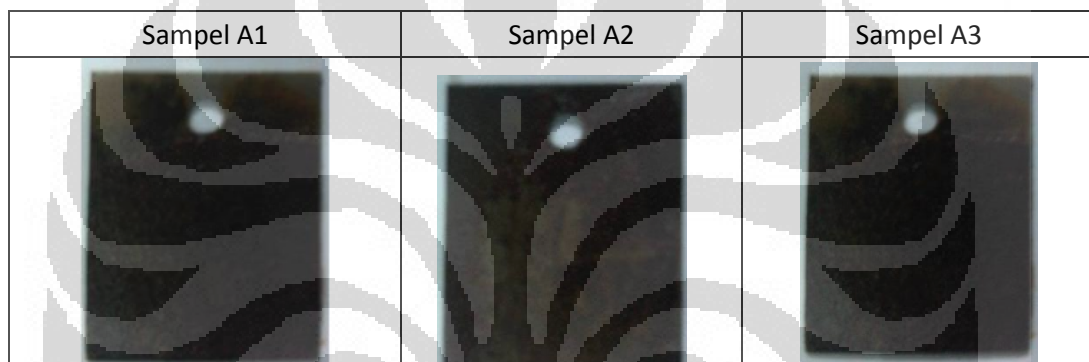
26. Saputra, Roni. (2011). *Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Rosell (Hibiscus Sabdariffa) Untuk Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan NaCl 3.5% Pada Temperatur 40°C*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
27. Nugroho, Adhi. (2011). *Studi Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu Pada Material Baja Low Carbon Di Lingkungan Air Laut Buatan 3,5%*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
28. Mangaraja, Koresi. (2011). *Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Ramah Lingkungan Untuk Material Baja Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Kadar 3,5% Pada Temperatur 50°C*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
29. Tarara, J., J. Lee, S. Spayd, dan C. Scagel. (2008). *Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot Grapes*. American Journal of Enology and Viticulture. 59(3):235-247.
30. Ahmed, J., U. S. Shivhare, dan G. S. V. Raghavan. (2004). *Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visula color of pulm puree*. Eur Food Res Technol (2004) 218:525–528: Springer-Verlag.
31. Kim, Youngmok, dan Kevin L. Goodner. 2009. *Factor Influencing Quick Oxidation of Purple Potatoes*.
32. Musalam, Iing, Sundjono, dan Ronald Nasution. (2006). *Korosi Baja Karbon Di Dalam Media Feed Water Pada Jalur Pipa Air Pendingin Heat Exchanger*. Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI Kawasan PUSPITEK Serpong: Tangerang.
33. <http://corrosion-doctors.org/Experiments/iron-products.htm> diakses pada tanggal 1 Juni 2011 pada pukul 20:32 WIB.



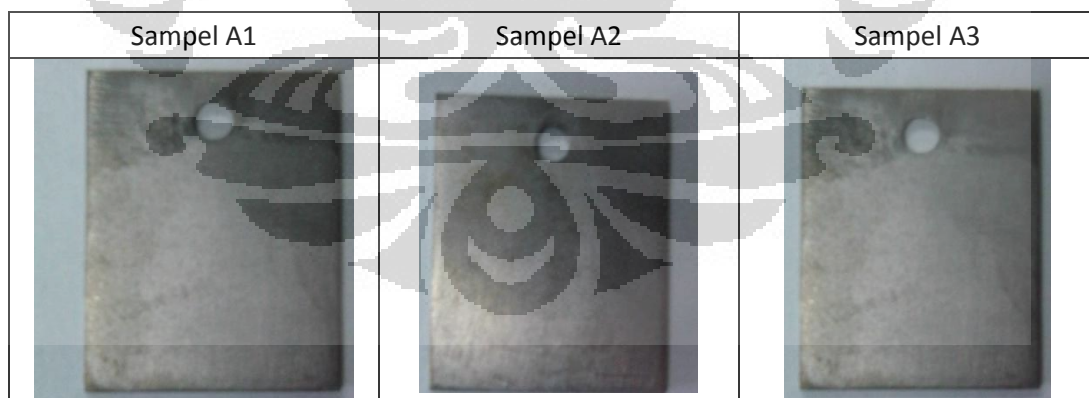
1. Foto Pengamatan Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 6.1. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Sebelum Pencelupan

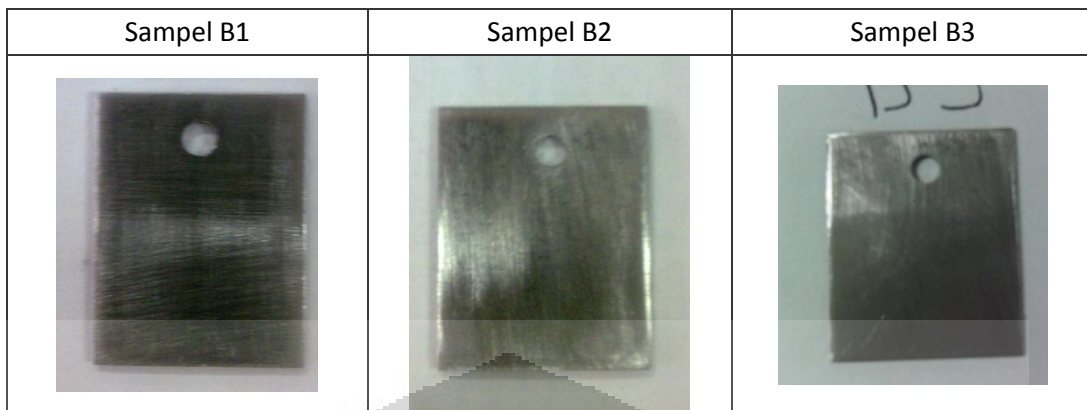


Gambar 6.2. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah Pencelupan

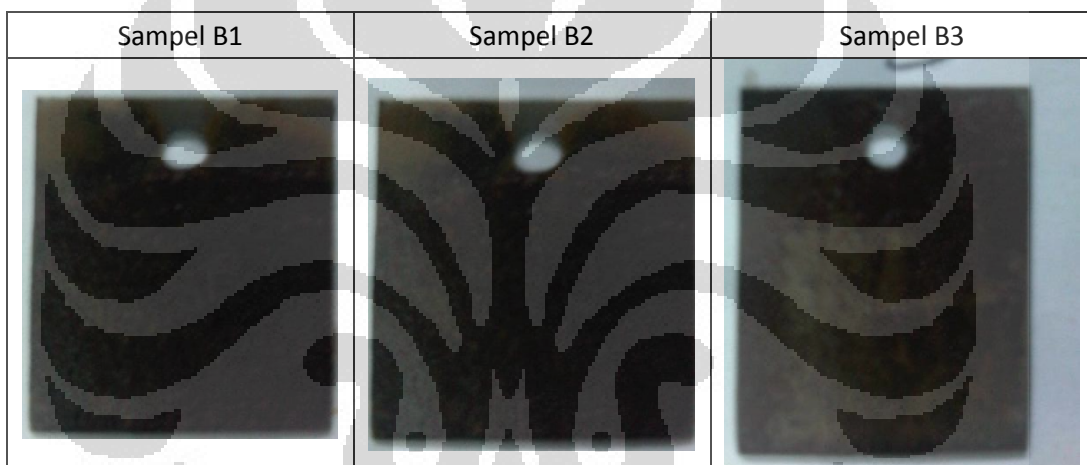


Gambar 6.3. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah *Pickling*

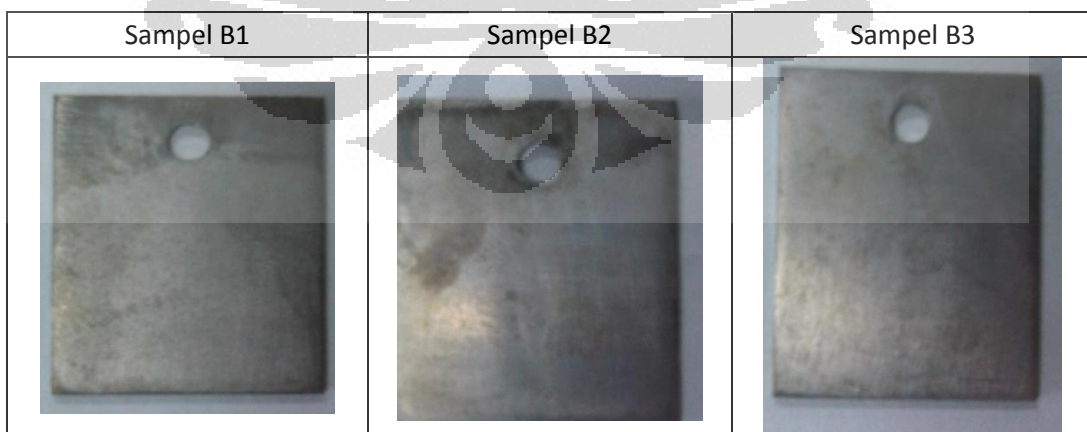
2. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 2ml



Gambar 6.4. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Sebelum Pencelupan

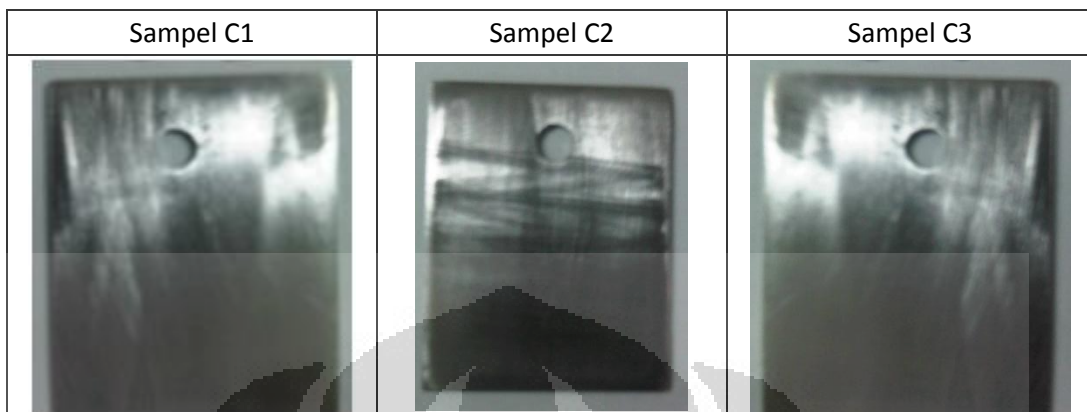


Gambar 6.5. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah Pencelupan

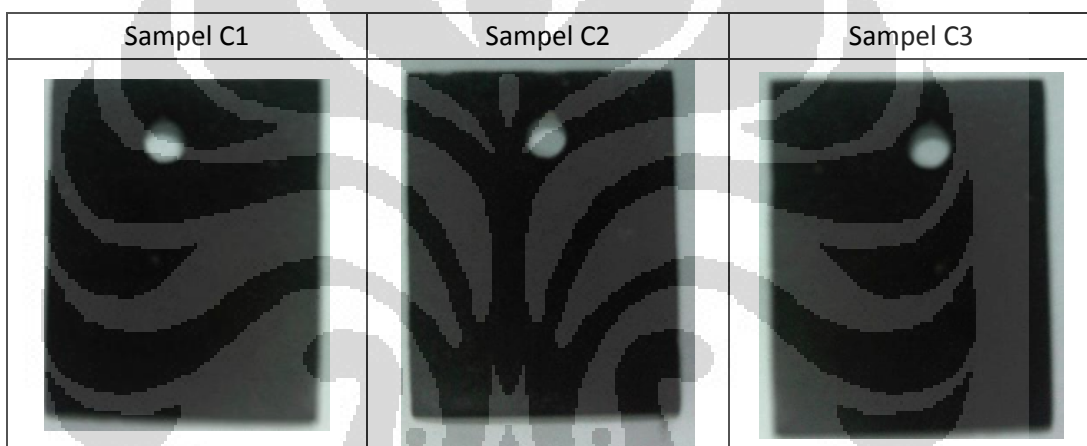


Gambar 6.6. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah *Pickling*

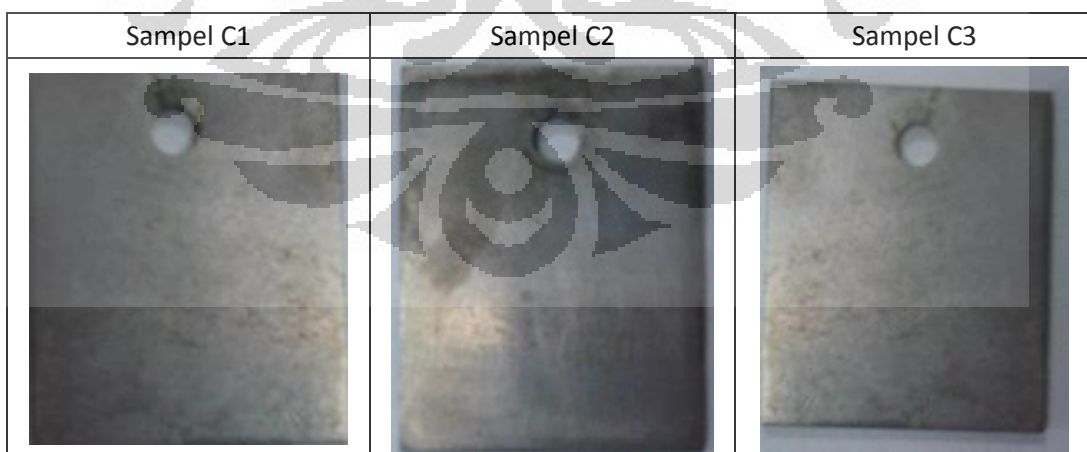
3. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 4ml



Gambar 6.7. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Sebelum Pencelupan

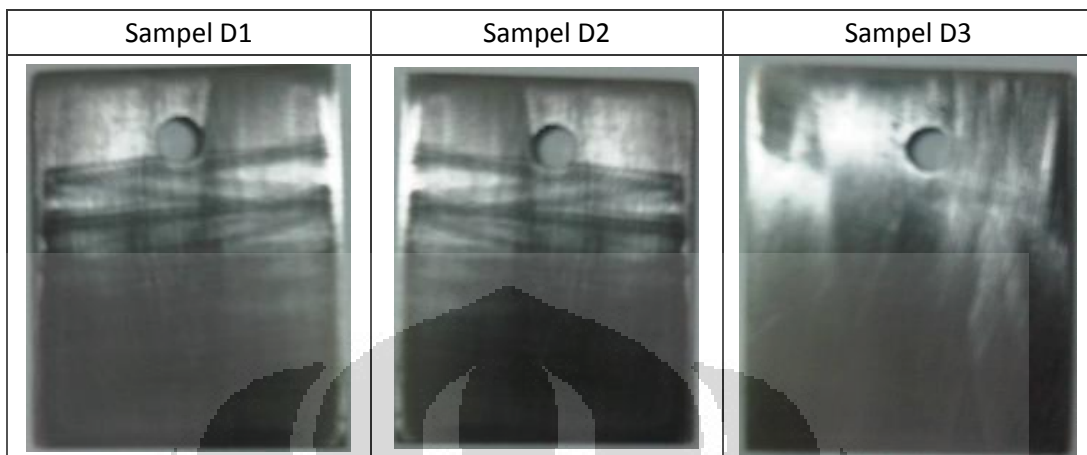


Gambar 6.8. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah Pencelupan

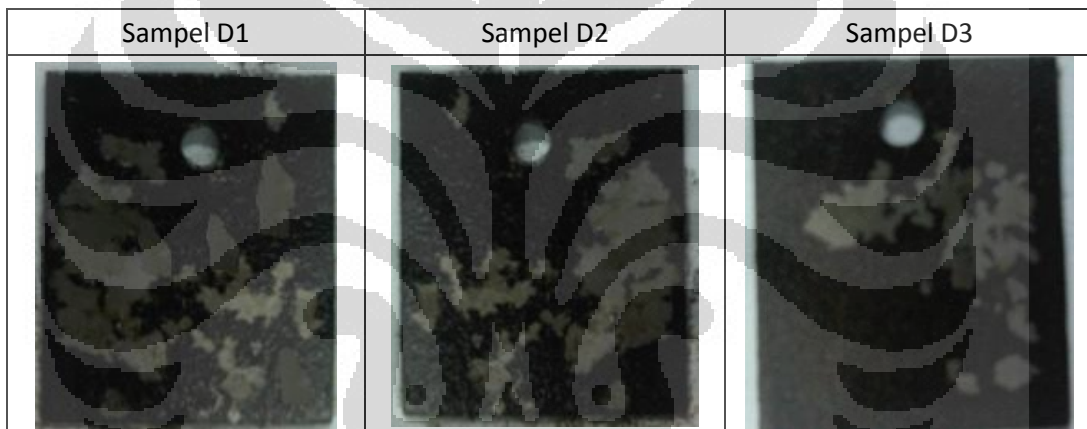


Gambar 6.9. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah *Pickling*

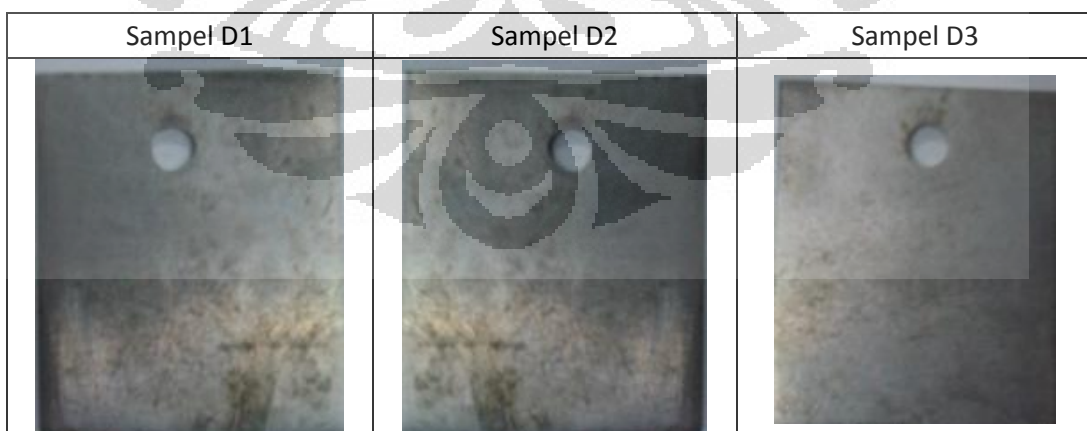
4. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 6ml



Gambar 6.10. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Sebelum Pencelupan



Gambar 6.11. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah Pencelupan



Gambar 6.12. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah Pickling

5. Foto Alat Penelitian



Gambar 6.13. Alat pemotong sampel



Gambar 6.14. Alat pengebor sampel



Gambar 6.15 Alat perendaman sampel

6. Hasil Pengujian Spektrometri Baja Karbon Rendah



FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
 Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 7872350 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA
COMPOSITION TEST REPORT
 Page 1 of 1

No Laporan <i>Report Nr</i>	125	Bahan <i>Material</i>	Steel
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Dobiet	Identitas Bahan <i>Material Identity</i>	Steel
Alamat <i>Address</i>	Departemen Metalurgi dan Material	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	25 Februari 2011
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	0246/PT.02/FT04/P/2011	Standar <i>Standard</i>	ASTM E415-08 ASTM A751
Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	28 Februari 2011	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	Optical Emission Spectrometer ¹

Kode Sampel <i>Sample Code</i>	C (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)
Steel	0.057	0.007	0.003	0.007	0.160	0.031	0.023
	Mo (%)	Ti (%)	Cu (%)	Nb (%)	V (%)	Pb (%)	Fe (%)
	<0.005 ²	<0.002 ²	0.121	<0.002 ²	<0.002 ²	<0.025 ²	bal.

catatan:
 1. ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan K=2
 2. (<) menunjukkan nilai berada di bawah *quantification limit* dari alat uji

Depok, 3 Maret 2011
 Manajer Teknis
 Laboratorium Uji
 Departemen Teknik Metalurgi Dan Material



(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

FF-25/ LU-DTMM Rev 2

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM, publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM