



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU
KOROSI PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN
PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU SEBAGAI INHIBITOR
ORGANIK DI LINGKUNGAN NaCl 3,5 %**

SKRIPSI

ANDHI GUNAAATMAJA

0706163703

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU
KOROSI PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN
PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU SEBAGAI INHIBITOR
ORGANIK DI LINGKUNGAN NaCl 3,5 %**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ANDHI GUNAATMAJA

0706163703

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 : Andhi Gunaatmaja

NPM : 0706163703

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Andhi Gunaatmaja
NPM : 070616370
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %

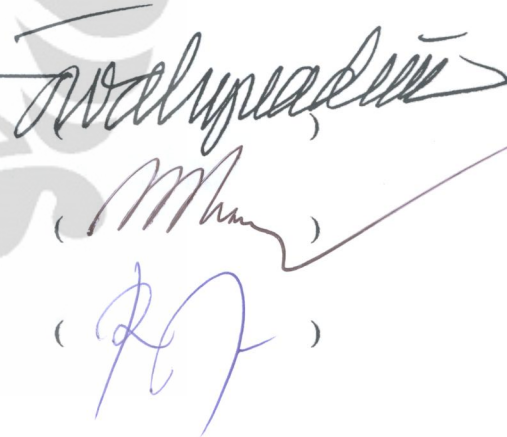
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

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

Penguji 1 : Dr.Ir.Muhammad Anis, M.Met

Penguji 2 : Deni Ferdian S.T., M.Sc



(Waluya)

(Mh)

(DF)

Ditetapkan : Depok, Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan Hidayah-Nya serta nikmat sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik jurusan Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penelitian dan pengujian dilakukan sebagai bentuk aplikatif ilmu yang telah diterima selama di bangku kuliah. Dengan skripsi ini, diharapkan penulis semakin siap terjun ke dunia kerja sebagai Sarjana Teknik.

Skripsi ini mengambil tema korosi dengan judul **“Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %”**. Skripsi ini berisi penelitian dan pengujian dari ekstrak ubi ungu yang merupakan salah satu bahan organik sebagai inhibitor organik dan melihat pengaruh serta efisiensinya pada lingkungan air laut. Pengujian dilakukan menggunakan baja karbon rendah dengan rentang waktu 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari. Dalam rentang waktu tersebut, dihitung laju korosi dengan metode kehilangan berat. Dengan adanya penelitian ini maka diharapkan ekstrak ubi ungu bisa menjadi bahan alami potensial sebagai salah satu inhibitor organik dalam perlindungan korosi.

Penulis menyadari dan memakluminya bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan baik dalam penyajian dan analisis. Dengan tangan terbuka, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif agar menjadi suatu masukan dan sebagai proses pembelajaran dalam mengejar cita-cita. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terutama yang membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan tugas akhir dan menyelesaikan skripsi ini yaitu kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

2. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
3. Prof. Dr. Ir. Ane Zulfia S, M.Sc., selaku Pembimbing Akademis.
4. Ir. Ahmad Herman Yuwono, Phd, selaku Koordinator Mata Kuliah Spesial Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
5. Prof. Dr. Ir. Dewa Ngurah Suprpta, M.Sc., selaku penyedia ekstrak ubi ungu.
6. Kedua orang tua tercinta di rumah yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
7. Rekan tugas akhir saya yang memulai dan mengakhiri penelitian bersama-sama: Rangga, Adhi, Ari, Bibsy, Wildan, Dobiet, Aii, Koresi, Agung, dan Roni.
8. Dito Iandiano, Farhan Arief dan Gracio Plorentino, rekan kerja praktek penulis; dan
9. Semua teman-teman metal 2007 seperjuangan.
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya, yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Sekian kata pengantar yang ditulis ini, semoga skripsi ini dapat memberikan informasi ataupun pengetahuan baru bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, Juni 2011

Andhi Gunaatmaja

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

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

Nama : Andhi Gunaatmaja
NPM : 0706163703
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 :

Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %

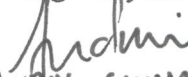
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan


(.....ANDHI GUNAATMAJA.....)

ABSTRAK

Nama : Andhi Gunaatmaja
NPM : 0706163703
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %

Ekstrak ubi ungu dikembangkan sebagai inhibitor organik untuk mengurangi laju korosi pada baja karbon rendah di lingkungan NaCl 3,5%. Penelitian telah dilakukan dengan perbedaan waktu perendaman (3,6,9,dan 12 hari) menggunakan metode kehilangan berat. Konsentrasi inhibitor ekstrak ubi ungu yang digunakan pada semua waktu perendaman sebesar 6 ml. Ekstrak ubi ungu memiliki zat antosianin yang berfungsi sebagai antioksidan untuk menghambat laju korosi. Ekstrak ubi ungu kurang efektif sebagai inhibitor organik pada lingkungan NaCl 3,5% dengan efisiensi 37,63%-43,42% selama waktu uji 3-12 hari dengan efisiensi maksimum pada waktu perendaman 9 hari.

Kata kunci :
Korosi; Baja Karbon Rendah; Ekstrak Ubi Ungu; Inhibitor Organik;
Metode Kehilangan Berat; Antosianin; NaCl 3,5%

ABSTRACT

Name : Andhi Gunaatmaja
NPM : 0706163703
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Effect of Immersion Time for Corrosion Rate on Low Carbon Steel with The Addition of Purple Sweet Potato Extract as a Organic Inhibitor in NaCl 3.5% Environment

Purple sweet potato extract was developed as an organic inhibitor to reduce the rate of corrosion in low carbon steel in NaCl 3.5% environment. Research has been conducted with different immersion time (3,6,9, and 12 days) using weight loss methode. Concentration of inhibitor purple sweet potato as much as 6 ml for all immersion time. Purple sweet potato extract is a substance that anthocyanins act as antioxidants to inhibit the rate of corrosion. Purple sweet potato extract is less effective as an organic inhibitor in NaCl 3.5% environment with efficiency of 37.63%-43.42% during the test period 3-12 days with maximum efficiency in 9 days.

Keywords :
Corrosion; Low Carbon Steel; Purple Sweet Potato Extract; Organic Inhibitors; Weight Loss Methode; Anthocyanins; NaCl 3,5%

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	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Prinsip Dasar Korosi	7
2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi.....	9
2.3. Korosi Baja Pada Lingkungan NaCl 3,5%	12
2.4. Pengukuran Laju Korosi.....	13
2.4.1. Metode Kehilangan Berat	13
2.4.1. Polarisasi	14
2.5. Bentuk-Bentuk Korosi.....	15

2.6. Perlindungan Korosi.....	18
2.6.1. Proteksi Katodik.....	18
2.6.2. Lapisan Pelindung	19
2.6.3. Pemilihan Material	19
2.6.4. Inhibitor	20
2.6.4.1 Jenis-Jenis Inhibitor Korosi.....	21
2.7. Ubi Ungu dan Antosianin	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	28
3.2. Alat dan Bahan.....	29
3.2.1. Alat.....	29
3.2.2. Bahan	29
3.3. Prosedur Kerja	30
3.3.1. Preparasi Sampel.....	30
3.3.2. Persiapan Larutan NaCl 3,5%	31
3.3.3. Persiapan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu.....	32
3.3.4. Langkah Kerja Uji Rendam (ASTM G31-72)	32
3.3.5. Pengambilan Data dan Pembersihan Sampel (NACE Standard RP0775-2005).....	33
BAB 4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Hasil Pengujian	34
4.1.1. Data Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah.....	34
4.1.2. Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah	34
4.1.2.1 Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah Pada Sistem yang Tidak Terinhibisi.....	34
4.1.2.2 Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah Pada Sistem yang Terinhibisi	35
4.1.3. Hasil Pengujian pH Larutan.....	36
4.1.4. Hasil Pengujian Potensial Logam.....	37
4.1.5. Hasil Laju Korosi Logam dan Efisiensi Inhibitor	39

4.2. Pembahasan	40
4.2.1. Analisis Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah.....	40
4.2.2. Pengamatan Visual Dengan Dan Tanpa Penambahan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu	40
4.2.3. Pengaruh pH Larutan Terhadap Laju Korosi	41
4.2.4. Pengaruh Waktu Uji Rendam Terhadap Perubahan Potensial Logam.....	45
4.2.5. Pengaruh Waktu Uji Rendam Terhadap Pengurangan Berat Logam, Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor.....	51
BAB 5. KESIMPULAN	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sel Korosi.....	9
Gambar 2.2.	Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi	11
Gambar 2.3.	Diagram Pourbaix Fe.	12
Gambar 2.4.	Grafik kadar NaCl terhadap oksigen	13
Gambar 2.5.	Korosi uniform	16
Gambar 2.6.	Korosi galvanik	16
Gambar 2.7.	Korosi <i>crevice</i>	17
Gambar 2.8.	<i>Pitting corrosion</i>	17
Gambar 2.9.	Korosi erosi.....	18
Gambar 2.10.	Pengaruh penambahan inhibitor anodik pada suatu material	22
Gambar 2.11.	Pengaruh penambahan inhibitor katodik pada material	23
Gambar 2.12.	Struktur kimia dari Antosianin.....	26
Gambar 2.13.	Jenis antosianin dan gugus substitusinya	27
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 3.2.	Bentuk dan ukuran <i>coupon</i>	31
Gambar 4.1.	Diagram pengaruh waktu uji terhadap pH pada larutan tanpa penambahan inhibitor	42
Gambar 4.2.	Diagram pengaruh waktu uji terhadap pH pada larutan dengan penambahan inhibitor	43
Gambar 4.3.	Diagram pH awal larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor.....	43
Gambar 4.4.	Diagram pH akhir larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor.....	44
Gambar 4.5.	Diagram peningkatan pH larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor	45
Gambar 4.6.	Diagram pengaruh waktu uji terhadap potensial logam untuk sistem yang tidak terinhibisi.sistem yang tidak terinhibisi.....	46
Gambar 4.7.	Diagram pengaruh waktu uji terhadap potensial logam untuk sistem yang terinhibisi.	46
Gambar 4.8.	Diagram potensial akhir logam tanpa dan dengan penambahan	

	inhibitor.....	47
Gambar 4.9.	Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-3, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor	48
Gambar 4.10.	Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-6, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor	49
Gambar 4.11.	Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-9, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor	49
Gambar 4.12.	Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-12, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor	50
Gambar 4.13.	Diagram pengurangan berat logam terhadap waktu uji rendam. .	52
Gambar 4.14.	Diagram laju korosi logam terhadap waktu.....	53
Gambar 4.15.	Grafik efisiensi inhibitor terhadap waktu	54
Gambar 4.16.	Diagram perbandingan efisiensi inhibitor terhadap waktu pada lingkungan yang berbeda.....	55
Gambar 4.17.	Kurva polarisasi dengan penambahan 0 %, 0,67 %, 1,33 %, 2 %, dan 2,67 % inhibitor.	56
Gambar 6.1.	Foto pengamatan 3 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.....	63
Gambar 6.2.	Foto pengamatan 3 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ...	63
Gambar 6.3.	Foto pengamatan 6 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.	63
Gambar 6.4.	Foto pengamatan 6 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ...	64

Gambar 6.5. Foto pengamatan 9 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.	64
Gambar 6.6. Foto pengamatan 9 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ...	64
Gambar 6.7. Foto pengamatan 12 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor	65
Gambar 6.8. Foto pengamatan 12 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ...	65
Gambar 6.9. (a) Foto awal air rendaman tanpa inhibitor; (b) Foto awal air rendaman dengan inhibitor.....	65
Gambar 6.10. (a) Foto air rendaman tanpa inhibitor ; (b) Foto air rendaman dengan inhibitor.....	66
Gambar 6.11. (a) Alat pemotong sampel ; (b) Mesin bor	66
Gambar 6.12. (a) Mesin amplas ; (b) Alat timbangan.	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konstanta laju korosi.....	14
Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	29
Tabel 4.1. Komposisi baja karbon rendah hasil pengujian <i>spectroscopy</i>	34
Tabel 4.2. Sampel sebelum perendaman pada sistem yang tidak terinhibisi	34
Tabel 4.3. Sampel setelah perendaman pada sistem yang tidak terinhibisi	34
Tabel 4.4. Sampel setelah pembersihan pada sistem yang tidak terinhibisi	35
Tabel 4.5. Sampel sebelum perendaman pada sistem yang terinhibisi	35
Tabel 4.6. Sampel setelah perendaman pada sistem yang terinhibisi	35
Tabel 4.7. Sampel setelah pembersihan pada sistem yang terinhibisi.....	35
Tabel 4.8. Data pengurangan berat logam	36
Tabel 4.9. Data potensial logam.....	37
Tabel 4.10. Data potensial logam vs SHE	38
Tabel 4.11. Data laju korosi dan efisiensi inhibitor.....	39
Tabel 4.12. Rata-rata pH dan potensial awal dan akhir logam	48

DAFTAR RUMUS

1. (2.9)

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T}$$

Ket : K = konstanta (3.65×10^6)
W = kehilangan berat (gram)
D = densitas (gram/cm^3)
A = luas permukaan yang terendam (cm^2)
T = waktu (jam)

2. (2.10)

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\%$$

Ket :
 X_A = laju korosi tanpa penambahan inhibitor (mpy)
 X_B = laju korosi dengan penambahan inhibitor (mpy)

3. (3.1)

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t}$$

Ket : ρ = massa jenis (gr/cm^3)
m = berat sampel (gram)
p = panjang (cm)
l = lebar (cm)
t = tinggi (cm)

4. (3.3)

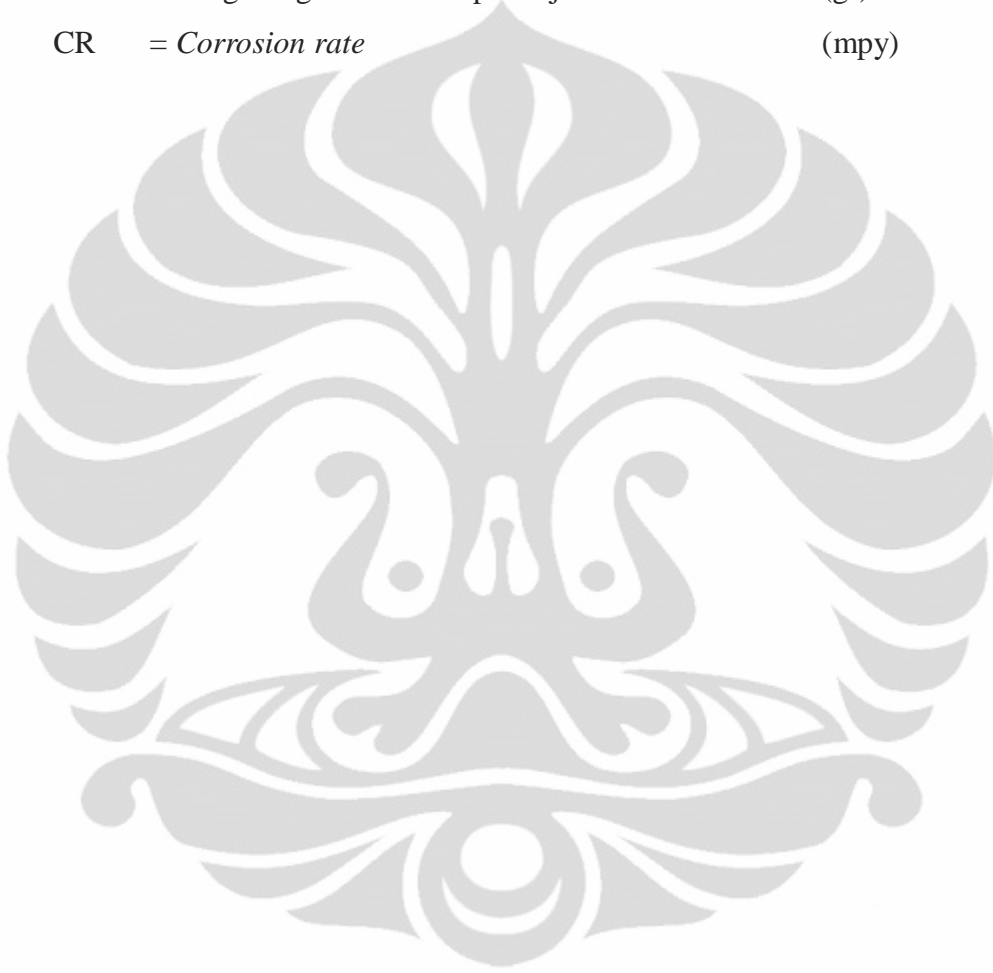
$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel}$$

5. (4.3)

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

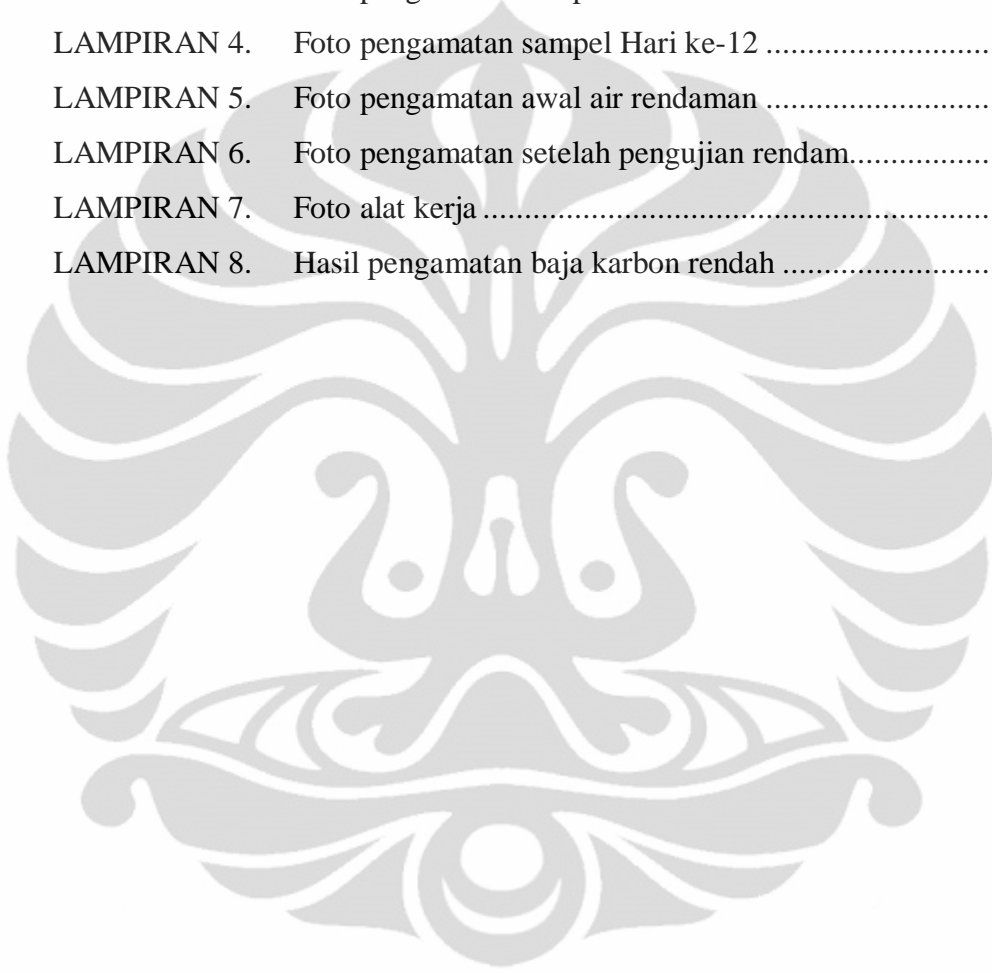
DAFTAR NOTASI

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 Hari ke-3	63
LAMPIRAN 2.	Foto pengamatan sampel Hari ke-6	63
LAMPIRAN 3.	Foto pengamatan sampel Hari ke-9	64
LAMPIRAN 4.	Foto pengamatan sampel Hari ke-12	65
LAMPIRAN 5.	Foto pengamatan awal air rendaman	65
LAMPIRAN 6.	Foto pengamatan setelah pengujian rendam.....	66
LAMPIRAN 7.	Foto alat kerja	66
LAMPIRAN 8.	Hasil pengamatan baja karbon rendah	67



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi adalah suatu hasil kerusakan degradasi material melalui suatu reaksi kimia atau elektrokimia yang spontan, yang dimulai dari permukaan logam. Secara spesifik, korosi logam adalah interaksi kimia-fisis antara logam dan medium yang mengakibatkan penurunan sifat-sifat pada logam^[1]. Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya.

Lingkungan atau medium yang dimaksud dapat berupa air, udara, larutan asam, dan lain-lain. Fakta menunjukkan bahwa lingkungan yang paling banyak berinteraksi dengan logam adalah air, lingkungan yang mengandung ion Cl⁻ dan lingkungan asam. Lingkungan yang berinteraksi dengan material adalah faktor utama yang memicu terjadinya korosi. Pada umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Namun proses korosi dapat diminimalisir dan dikendalikan atau diperlambat lajunya dengan memperlambat proses perusakannya^[1].

Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll. Untuk itu diperlukan cara untuk mengurangi laju korosi, agar kerugian yang terjadi dapat dikurangi. Terdapat metode dasar dalam pengendalian dan perlindungan korosi secara umum metode ini dapat dibagi untuk perlindungan eksternal dan internal.

1. Untuk pengendalian dan perlindungan eksternal, metode yang digunakan yaitu:

- Pemilihan material dan desain (*material selection and design*)

Proteksi dengan pemilihan material yang sesuai untuk kondisi lingkungan tertentu dan menggunakan desain yang tepat agar korosi dapat diminimalisir.

- Pelapisan (*coating*)

Prinsip *coating* adalah dengan mengisolasi permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungannya agar bagian permukaan terlindungi dari kontak langsung dengan lingkungan sehingga proses korosi dapat diminimalisir.

- Proteksi katodik

Proteksi dengan memperlakukan logam yang akan dilindungi sebagai katoda. Penggunaan proteksi katoda ini merupakan suatu metode yang dilakukan untuk menutupi efisiensi penggunaan *coating*. Proteksi katodik sangat berguna terutama untuk logam yang sulit untuk dilakukan *coating* secara berkala.

2. Untuk pengendalian dan perlindungan internal, metode yang digunakan yaitu:

- Inhibitor

Proteksi dengan metode ini sangat berguna untuk penggunaan pada material yang tidak memungkinkan digunakan metode seperti pelapisan dan proteksi katoda, contohnya pada pipa yang sangat sulit dilakukan proteksi tersebut. Untuk itu metode yang paling tepat digunakan adalah metode inhibitor. Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik^[2].

Untuk mengatasi korosi internal dari suatu produk, terutama pada industri minyak dan gas serta industri kimia lainnya dibutuhkan metode yang tepat, dalam hal ini metode inhibitor banyak digunakan. Tetapi inhibitor yang digunakan di dunia industri saat ini masih banyak yang mengandung senyawa beracun (kromat, arsenic) sehingga masih terbatas oleh kebijakan mengenai lingkungan^[1]. Karena hal tersebut dikembangkan inhibitor yang ramah terhadap lingkungan, yaitu Inhibitor organik. Inhibitor organik ini berasal dari tumbuh-tumbuhan atau biji-bijian. Inhibitor organik dari tumbuhan, yang sering digunakan biasanya

berbentuk ekstrak. Bentuk ekstrak mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah mudah didapatkan dari bagian-bagian tanaman seperti biji, kulit, daun, dan batang. Terdapat beberapa penelitian terhadap bahan organik diantaranya penelitian oleh Von Fraunhofer dkk (2001) dengan menggunakan ekstrak tembakau sebagai inhibitor pada logam aluminium dan baja yang dilapisi dengan tembaga (galvanis) dalam media NaCl 3,5 %^[3]. Ekstrak tembakau dengan konsentrasi 100 ppm mampu menghambat korosi sebesar 90 % pada baja yang dilapisi tembaga, sedangkan untuk aluminium yang berlapis tembaga efisiensi yang dihasilkan sebesar 79 %^[3]. Keefektifan bahan organik tersebut sebagai inhibitor karena ekstraknya mengandung unsur nitrogen untuk membentuk senyawa kompleks.

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%^[4].

Untuk mendapatkan tujuan dari penelitian ini, maka diadakan pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan material baja karbon dalam lingkungan air laut dengan menggunakan inhibitor ekstrak ubi ungu yang mengandung zat anti-oksidan yaitu antosianin yang diasumsikan dapat menekan laju korosi.

1.2. Perumusan Masalah

Sebagian besar wilayah bumi terdiri dari lautan. Air laut memiliki kandungan klorida yang cukup tinggi sehingga air laut merupakan media yang korosif. Korosi merupakan salah satu permasalahan penting yang harus dihadapi oleh berbagai macam sektor industri, terutama dalam sektor minyak dan gas. Korosi memberikan banyak dampak buruk bagi industri, diantaranya biaya operasional yang meningkat akibat penanganan korosi, kehilangan produk akibat korosi, serta dapat menyebabkan kegagalan pada material yang terkorosi yang akan berakibat pada keselamatan kerja.

Sistem konstruksi yang terbuat dari *low carbon steel* yang berhubungan langsung dengan air laut seperti *cooling system* dan pipa penyalur air laut

kemungkinan besar akan mengalami korosi yang cepat. Korosi yang terjadi pada media tersebut akan dapat menyebabkan rusaknya sistem dan kebocoran.

Pencegahan terhadap terjadinya korosi sangat diperlukan untuk mengatasi hal tersebut. Pencegahan yang dapat dilakukan adalah penggunaan inhibitor yang berbasis nitrat dan kromat yang efektif untuk melindungi pipa baja dari korosi pada air laut. Tetapi keefektifan dari inhibitor ini menjadi kurang baik karena kedua jenis inhibitor ini memiliki dampak lingkungan yang tidak baik. Karena hal tersebut dikembangkan inhibitor yang berbasis pada alam seperti ekstrak tumbuhan dan buah-buahan. Beberapa ekstrak tanaman mengandung senyawa organik yang dapat mengurangi laju korosi. Salah satu contohnya adalah ekstrak ubi ungu yang mengandung senyawa antosianin yang berguna untuk menghambat laju korosi. Senyawa antosianin berfungsi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas.

Dengan sifatnya yang ramah lingkungan diharapkan inhibitor organik ini dapat menjadi pengganti inhibitor yang berbasis kromat dan nitrat yang memiliki masalah terhadap lingkungan. Inhibitor organik ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan dan diaplikasikan penggunaannya.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor pada lingkungan air laut.
2. Mengetahui mekanisme penghambatan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.
3. Mengetahui efisiensi ekstrak ubi ungu sebagai suatu inhibitor organik terhadap waktu pengujian.
4. Mengetahui waktu efektif ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.

1.4 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

1. Material yang digunakan adalah baja *low carbon steel*. Syarat pemilihan sampel adalah tidak dilakukan perlakuan panas permukaan, maupun perlakuan yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosinya.

2. Lingkungan korosif yang digunakan adalah larutan NaCl 3,5 %. Volume larutan rendam NaCl 3,5 % disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel yaitu sebesar 0.2-0.4 % dari luas permukaan sampel (sesuai standar ASTM G31-72).
3. Inhibitor organik yang digunakan adalah ekstrak ubi ungu dengan volume 6 ml untuk masing-masing wadah.
4. Perhitungan corrosion rate menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03.
5. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat/*weight loss* dengan variabel waktu perendaman yaitu selama 3, 6, 9 dan 12 hari.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pembahasan skripsi ini, secara garis besar dapat dijabarkan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang terpilihnya penelitian mengenai Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %. Berikutnya juga diuraikan mengenai perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Penulisan tinjauan pustaka meliputi : Prinsip dasar korosi, faktor yang mempengaruhi laju korosi, korosi baja pada lingkungan NaCl 3,5%, bentuk korosi, perlindungan korosi, inhibitor korosi, serta ubi ungu dan antosianin.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian, dan prosedur kerja penelitian secara terperinci.

BAB IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data-data hasil penelitian dan analisisnya. Data-data tersebut meliputi : hasil pengujian *spectroscopy*, hasil pengamatan visual baja karbon rendah, hasil pengujian pH, hasil pengujian potensial logam, hasil pengujian kehilangan berat dan laju korosi, analisis pengujian *spectroscopy* baja karbon rendah, analisa pengamatan visual, pengaruh pH larutan terhadap laju korosi, pengaruh waktu uji rendam terhadap perubahan potensial logam, pengaruh pH larutan, dan pengaruh waktu uji rendam terhadap pengurangan berat logam, laju korosi dan efisiensi inhibitor.

BAB V. KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan akhir yang didapat berdasarkan hasil pembahasan dan analisis pada penelitian ini.

BAB VI. DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang literatur-literatur, sumber-sumber daya dan kepustakaan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Dasar Korosi

Korosi adalah proses degradasi suatu material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya proses reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi juga didefinisikan sebagai hasil perusakan dari reaksi kimia antara logam atau logam paduan dan lingkungannya^[1].

Reaksi korosi menghasilkan oksida logam, sulfida logam dan hasil reaksi lainnya. Pada proses korosi reaksi yang berpengaruh adalah reaksi elektrokimia. Korosi elektrokimia biasanya terjadi pada lingkungan yang basah, pada temperatur yang relatif rendah, dengan berbagai bentuk korosi yang mengikuti mekanisme elektrokimia yaitu terjadi reaksi oksidasi (anodik) dan reduksi (katodik)^[2].

Reaksi oksidasi adalah reaksi yang menghasilkan pelepasan elektron dan berakibat terbentuknya ion-ion positif. Logam yang mengalami reaksi ini disebut sebagai anoda. Proses korosi dapat terjadi hanya jika 4 komponen dasar terjadinya korosi terpenuhi, komponen tersebut ialah yaitu^[5] :

1. Anoda, merupakan bagian logam yang berfungsi sebagai elektroda, dimana terjadi reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron.



2. Katoda, merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik yang mengkonsumsi electron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah^[5] :

- Reaksi pembentukan hidrogen:



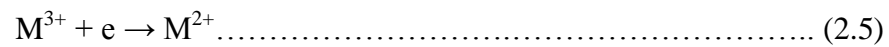
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam



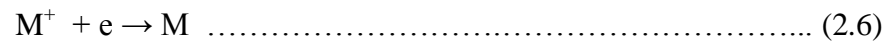
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral



- Reaksi reduksi logam

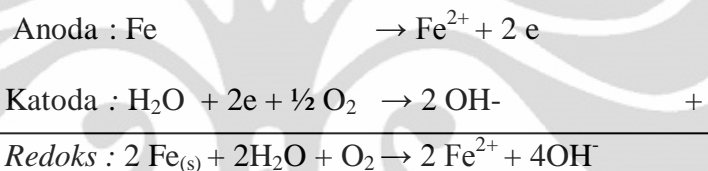


- Deposisi logam



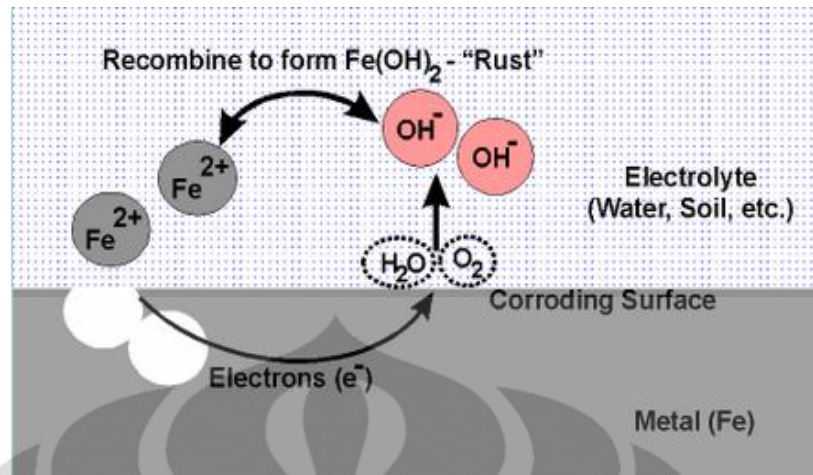
3. Penghantar listrik, dimana diantara katoda dan anoda harus terdapat kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir.
4. Elektrolit, merupakan suatu media yang bersifat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

Contoh yang umum terjadi proses korosi adalah pada pipa penyalur minyak dan gas yang menggunakan material logam baja paduan di lingkungan air laut sebagai berikut :



Reaksi diatas dapat dijelaskan bahwa reaksi terjadi pada anoda ialah logam Fe mengalami oksidasi sehingga menghasilkan ion-ion logam Fe dan dan elektron. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana terjadi pelepasan ion-ion OH⁻ yang menyebabkan lingkungan menjadi basa atau netral. Ion OH⁻ ini berasal reduksi oksigen.

Logam yang berlaku sebagai sel korosi akan memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Pada logam yang teroksidasi akan larut ke lingkungannya menghasilkan ion-ion logam dan melepaskan elektron secara bersamaan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap elektron-elektron yang tertinggal pada logam. Korosi terjadi melalui perantara dimana perantara tersebut adalah lingkungannya dan biasa disebut sebagai elektrolit. Skema sel korosi secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sel korosi^[1].

Skema diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Anoda : terjadi reaksi anodik dimana logam Fe larut menjadi ion Fe²⁺
2. Katoda : terjadi reaksi katodik
3. Elektrolit sebagai media perantara elektron

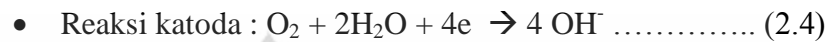
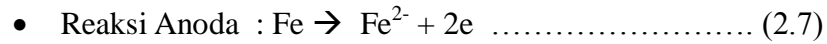
Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan^[5]. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif, pH, temperatur dan perpindahan panas, pergerakan fluida, potensial elektrokimia, dan sebagainya.

2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi

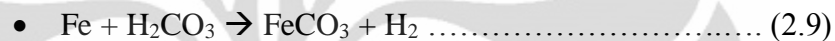
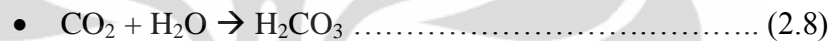
Laju korosi pada lingkungan netral normalnya adalah 1 mpy atau kurang. Umumnya problem korosi disebabkan oleh air. tetapi ada beberapa faktor selain air yang mempengaruhi laju korosi, diantaranya^[6]:

1. Faktor Kandungan Gas dan Padatan Terlarut.
 - a. Oksigen (O₂), adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel aloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Kelarutan oksigen dalam air merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan kandungan klorida. Untuk tekanan 1 atm dan temperatur kamar, kelarutan oksigen adalah 10 ppm dan kelarutannya akan berkurang dengan bertambahnya temperatur dan

konsentrasi garam. Sedangkan kandungan oksigen dalam kandungan minyak-air yang dapat menghambat timbulnya korosi adalah 0,05 ppm atau kurang. Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut :



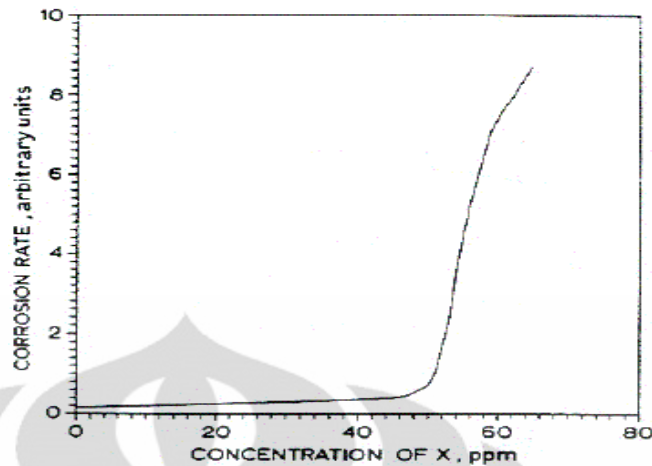
- b. Karbondioksida (CO_2), jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



FeCO_3 merupakan *corrosion product* yang dikenal sebagai *sweet corrosion*.

- c. Klorida (Cl^-), klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan stainless steel. Padatan ini menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya paduan. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktivitas larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi.
- d. Karbonat (CO_3), kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan logam, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah *scale*.
- e. Sulfat (SO_4), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif.

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi.



Gambar 2.2 Pengaruh konsentrasi terhadap laju korosi^[1]

2. Faktor Temperatur

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi. Pada lingkungan temperatur tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena pada temperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.

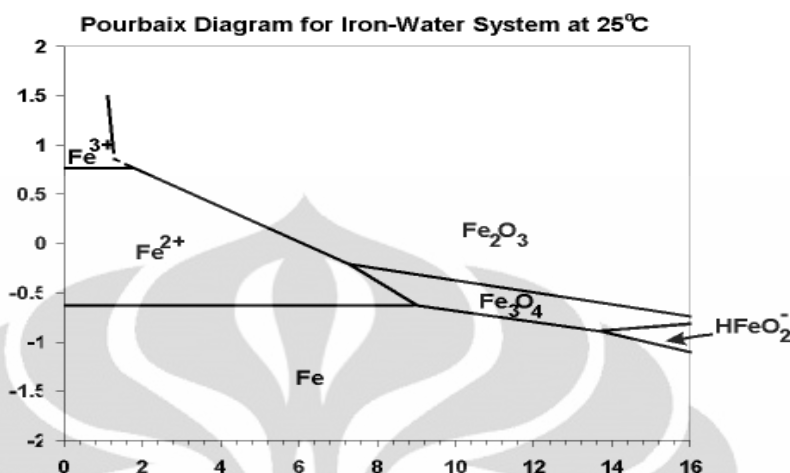
3. Seleksi Material

Pemilihan atau seleksi material merupakan suatu faktor yang cukup mempengaruhi terjadinya proses korosi pada suatu struktur. Dengan pemilihan material yang tepat maka kita dapat meminimalisir terjadinya korosi pada suatu struktur. Sebagai contoh pemilihan material yang tepat untuk suatu struktur *platform* atau anjungan dimana biasanya pada struktur ini menggunakan logam baja karbon. Selain itu adanya penambahan unsur tertentu juga dapat mempengaruhi ketahanan suatu material terhadap adanya proses korosi.

4. Faktor pH

pH dalam proses korosi sangat berpengaruh untuk terjadi apa tidaknya proses korosi. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan angka berkisar antara 0-14. Jika pH berkisar antara 0-7 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila pH berkisar antara 7-14 maka lingkungan bersifat basa. Lingkungan dinyatakan netral bila memiliki pH 7^[7]. Dengan melihat diagram Pourbaix korosi dari logam pada pH tertentu dapat diprediksi apakah lingkungan tersebut dapat

mengalami korosi atau tidak. Selain itu juga dapat melihat sifat logam pada berbagai kondisi. Gambar 2.3 merupakan diagram Pourbaix Fe.



Gambar 2.3. Diagram Pourbaix Fe^[2].

Untuk menghitung pH pada lingkungan asam dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ sedangkan untuk lingkungan basa dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = 14 - \log [\text{OH}^-]$. Dengan menurunnya pH maka laju korosi akan meningkat. Makin rendah pH maka lingkungan tersebut bersifat makin asam dan kandungannya meningkat. Pada pH yang rendah biasanya larutan bersifat lebih konduktif sedangkan pada pH yang tinggi maka mineral terlarut dapat membentuk deposit *scale* pada permukaan logam^[8].

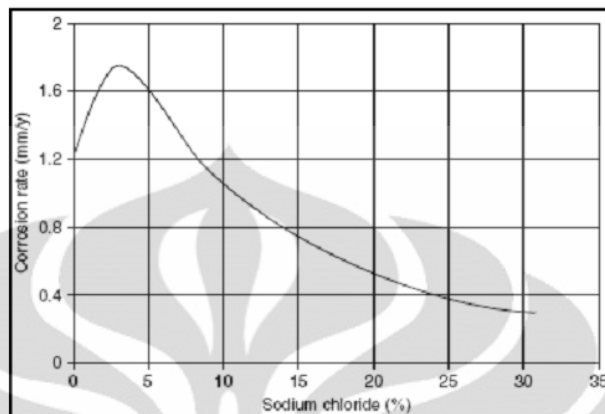
5. Faktor Bakteri Pereduksi atau *Sulfat Reducing Bacteria* (SRB)

Jenis bakteri yang dapat dijadikan sebagai penyebab terjadinya korosi adalah bakteri yang menghaslkan asam sebagai hasil metabolismenya yang dapat memicu terbentuknya asam sulfida yang dapat meningkatkan reaksi oksidasi logam pada anoda. Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S , yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

2.3. Korosi Baja Pada Lingkungan NaCl 3,5%

Lingkungan NaCl 3,5% biasa digunakan untuk percobaan di laboratorium untuk aplikasi air laut. Pada larutan NaCl dengan kadar 3–3.5 %, laju korosi mencapai titik tertinggi (Gambar 2.4)^[1]. Kadar NaCl pada air laut juga berkisar 3-3,5% tetapi lingkungan air laut terdapat ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Ion-ion ini dapat

memperkecil atau menghambat laju korosi karena kemampuannya untuk membentuk lapisan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ di permukaan sebagai hasil dari reaksi katodik oksigen di permukaan logam.



Gambar 2.4 Grafik kadar NaCl terhadap oksigen^[3]

Garam dalam larutan akan terurai menjadi anion dan kation pembentuknya, sehingga dalam larutan tersebut akan terbentuk ion-ion yang kekurangan dan kelebihan elektron. Ion tersebut yang mengakibatkan larutan menjadi mudah untuk menghantarkan arus listrik. Pada larutan NaCl 3.5%, terdapat ion klorida yang dapat mempengaruhi kandungan oksigen terlarut. Semakin tinggi konsentrasi ion klorida, maka akan semakin rendah kandungan oksigen terlarut dan akan mempengaruhi laju korosi fluida tersebut. Kelarutan optimum oksigen dalam larutan untuk terjadinya proses korosi berada pada konsentrasi ion Cl 3%^[2].

2.4. Pengukuran Laju Korosi

2.4.1. Metode Kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah metode pengukuran korosi yang paling banyak digunakan. Kupon merupakan lempengan logam yang ditempatkan di dalam sistem dan dibiarkan untuk terkorosi. Kupon digunakan untuk mengetahui laju korosi melalui *weight loss*^[1].

Corrosion coupons kemungkinan paling banyak digunakan untuk material konstruksi untuk mendeteksi serangan permanen dari perubahan korosifitas. *Coupons* menggambarkan kerusakan korosi selama periode waktu dan hanya digunakan pada kondisi dimana peningkatan laju korosi dapat diukur. Bentuk dan

dimensi *coupon* dapat bervariasi sesuai persyaratan pengujian. Sebelum *coupon test* diletakkan pada lingkungan pengujian selama periode tertentu, maka produk korosi yang terbentuk sebelumnya harus dihilangkan. Metode penghilangan produk korosi dapat dilakukan tanpa menyebabkan korosi lebih lanjut.

Berdasarkan ASTM G31-72, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : K = konstanta (mpy = $3,45 \times 10^6$)
 W = kehilangan berat (gram)
 D = densitas (gram/cm³)
 A = luas permukaan yang terendam (cm²)
 T = waktu (jam)

Tabel 2.1. Konstanta laju korosi^[9].

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^3
inches per month (ipm)	2.87×10^2
millimeters per year (mm/y)	8.76×10^7
micrometers per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)	8.76×10^4
picometres per second (pm/s)	2.78×10^6
grams per square meter per hour ($\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D^A$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D^A$
Micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D^A$

2.4.2. Polarisation

Polarisasi (η) merupakan penyimpangan potensial elektroda (E) dari keadaan setimbang yang disebabkan karena kecepatan reaksi bersih permukaan untuk reaksi setengah sel^[11]. *Tafel plots* atau bagian linear dari polarisasi *logcurrent* anodik atau katodik dan *plot* potensial di ekstrapolasi memotong garis potensial korosi. Laju korosi yang rendah secara umum dapat diukur dengan cepat. Laju korosi biasanya ditentukan dengan kesetimbangan antara reaksi

elektrokimia yang berlawanan. Reaksi anodik merupakan peristiwa logam teoksidasi dan melepaskan elektron dan reaksi katodik merupakan peristiwa dimana larutan (umumnya O_2 atau H^+) mengalami reduksi, memindahkan elektron dari logam.

Ketika kedua reaksi ini berada dalam kesetimbangan, aliran elektron dari setiap reaksi akan seimbang dan tidak ada aliran elektron (arus listrik) terukur. logaritma dari arus yang terbentuk. Teori mengenai arus anodik-katodik dijelaskan dengan garis lurus. Kurva garis merupakan total arus yaitu penjumlahan dari arus anodik dan katodik.

Potensial logam didapatkan dimana reaksi anodik dan katodik seimbang^[1]. Kesetimbangan potensial didapatkan akibat hubungan listrik terhadap logam (pengukuran E_{corr}). Penjumlahan dari arus anodik dan katodik pada E_{corr} merupakan arus korosi (I_{corr}). Namun, I_{corr} tidak dapat diukur secara langsung sehingga diperlukan teknik elektrokimia. Hal tersebut juga berlaku pada penentuan laju korosi (*corrosion rate*).

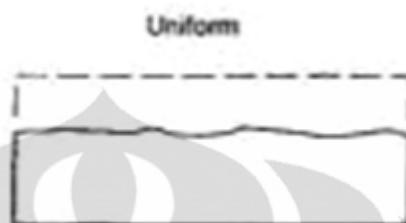
2.5. Bentuk-Bentuk Korosi

Korosi memiliki berbagai macam bentuk. Setiap bentuk korosi memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa bentuk korosi yang ada yaitu: korosi seragam (*Uniform Corrosion*), korosi galvanik (*Galvanic Corrosion*), korosi celah (*Crevice Corrosion*), korosi sumuran (*Pitting Corrosion*), *environmentally induced cracking*, *hydrogen damage*, korosi intergranular (*Intergranular Corrosion*), *dealloying*, korosi erosi (*Erosion Corrosion*)^[1]. Bentuk-bentuk korosi yang sering terjadi pada lingkungan air laut adalah sebagai berikut:

1. *Uniform Corrosion*

Uniform corrosion adalah korosi yang terjadi secara serentak diseluruh permukaan logam^[1]. Umumnya korosi ini dapat dilihat dengan mata telanjang yaitu produknya berbentuk kerak-kerak pada permukaan sebagai contoh pada logam Fe seperti Gambar 2.5, korosi seragam akan membentuk kerak yang berwarna coklat kemerahan pada permukaan. Umumnya logam yang mengalami korosi merata akan terjadi pengurangan dimensi yang relatif besar per satuan waktu. Korosi ini terjadi saat seluruh bagian permukaan logam

mengalami kondisi yang sama dibawah lingkungan yang korosif. Pada umumnya, *uniform corrosion* dicegah dengan melapisi permukaannya seperti *coating*. Tujuannya adalah untuk mengurangi interaksi logam dengan lingkungannya.



Gambar 2.5. Korosi uniform^[1].

2. Galvanic Corrosion

Galvanic corrosion terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan korosif^[1]. Dari Gambar 2.6 salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sementara logam lainnya akan terlindung dari serangan korosi. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial lebih tinggi. Mekanismenya dikelompokkan dalam sel elektrokimia dimana elektron mengalir melalui bagian logam dari tempat dimana reaksi anodik yang terjadi ke tempat dimana elektron menyebabkan terjadinya reaksi katodik. Ion positif merupakan partikel logam bermuatan yang larut pada anoda, lepasnya ion ini menyebabkan korosi pada anoda. Ion-ion negatif berasal dari reaksi katodik, sehingga anoda terkorosi dan katoda tidak terkorosi.

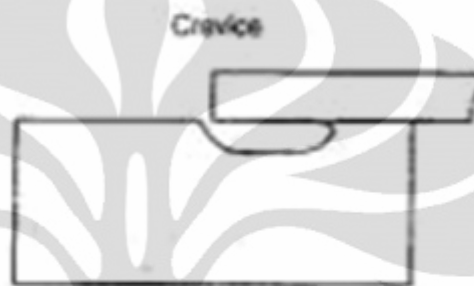


Gambar 2.6. Korosi galvanik^[1].

3. Crevice Corrosion

Crevice corrosion adalah korosi lokal yang terjadi pada celah diantara dua komponen^[1]. Mekanisme terjadinya korosi celah ini seperti Gambar 2.7, diawali dengan terjadi korosi merata diluar dan didalam celah, sehingga

terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen. Pada suatu saat oksigen (O_2) dalam akan celah habis, sedangkan oksigen (O_2) diluar celah masih banyak, akibatnya permukaan logam yang berhubungan dengan bagian luar menjadi katoda dan permukaan logam yang didalam celah menjadi anoda sehingga terbentuk celah yang terkorosi. Untuk menghindari korosi jenis ini yaitu dengan pemilihan material yang tahan terhadap korosi ini, dengan menghilangkan banyak celah, dan penggunaan *coating*.

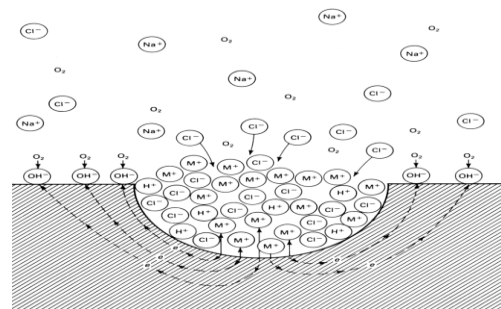


Gambar 2.7. Korosi *crevice*^[1].

4. *Pitting Corrosion*

Korosi sumuran adalah suatu korosi yang terlokalisasi yang terjadi pada permukaan yang terbuka akibat pecahnya lapisan pasif, seperti pada Gambar 2.8^[1]. Korosi jenis ini dapat terjadi karena adanya kontaminasi pada permukaan logam dan kekasaran pada permukaan logam. Terjadinya korosi sumuran ini diawali dengan pembentukan lapisan pasif dipermukaannya. Pada antarmuka (*interface*) lapisan pasif dan elektrolit terjadi penurunan pH, sehingga terjadi pelarutan lapisan pasif secara perlahan-lahan dan menyebabkan lapisan pasif pecah sehingga terjadi korosi sumuran.

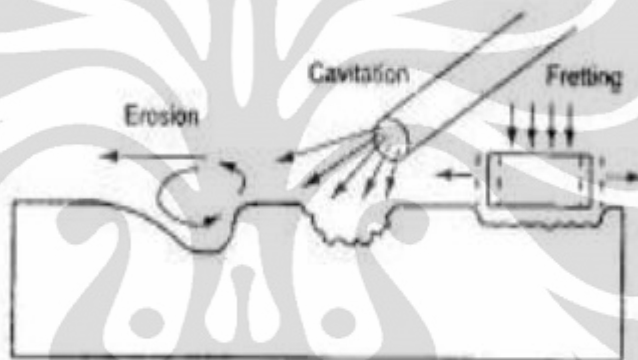
Korosi sumuran ini sangat berbahaya karena lokasi terjadinya sangat kecil tetapi dalam, sehingga dapat menyebabkan peralatan atau struktur patah mendadak.



Gambar 2.8. *Pitting corrosion*^[2].

5. *Erosion-Corrosion and Fretting*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi karena fluida korosif yang mengalir, dengan kecepatan tinggi, seperti pada Gambar 2.9^[1]. Terdapat beberapa tipe dari korosi erosi yaitu korosi kavitasi dimana disebabkan pecahnya gelembung udara (*bubbles*) yang dihasilkan oleh perubahan tekanan disepanjang permukaan yang terkspose fluida dengan kecepatan tinggi. Ledakan dari gelembung ini dapat merusak lapisan film dan mengeluarkan partikel dari logam. Tipe lainnya adalah *fretting* dimana terjadi akibat adanya pergerakan berulang akibat dari getaran atau dari logam dengan padatan lainnya.



Gambar 2.9. Korosi erosi^[1].

2.6. Perlindungan Korosi

Untuk meminimalkan kerugian akibat korosi, dikembangkan berbagai metode untuk memperlambat laju korosi, seperti proteksi katodik, lapisan pelindung, pemilihan material, dan inhibitor. Pengendalian korosi akan efektif bila menggabungkan 2 atau lebih dari metode tersebut. Selain itu, metode yang dipilih harus sesuai dengan sistem kerja material dan jenis korosi yang terbentuk akibat sistem kerja tersebut.

2.6.1. Proteksi Katodik

Proteksi katodik meliputi aplikasi pemberian arus searah (DC) dari sumber eksternal untuk melindungi logam terhadap serangan korosi, dengan memberikan elektron untuk mencegah ionisasi logam menjadi elektron bebas yang menyebabkan logam tersebut mudah bereaksi.

Metode-metode proteksi katodik, antara lain^[1]:

1. Anoda korban (*sacrifice anode*)

Metode ini menggunakan prinsip galvanik, dimana suatu logam yang akan dilindungi, misalnya pipa, dihubungkan secara elektrik dengan logam yang bersifat anodik (lebih negatif dibandingkan pipa) sesuai dengan deret galvanik. Dengan demikian, pipa akan menjadi katoda dan logam lainnya akan menjadi anoda. Anoda korban akan terus-menerus termakan oleh korosi dan harus diganti secara periodik.

2. Arus tanding (*impressed current*)

Metode arus tanding diaplikasikan dengan memberikan arus listrik searah dari sumber luar, untuk melindungi suatu struktur logam yang saling berdekatan. Pada prinsipnya, metode ini dilakukan dengan memberikan suplai elektron kepada struktur yang diproteksi secara katodik agar tidak terjadi kebocoran elektron. Proses ini menggunakan penyearah (rectifier) dengan kutub negatif dihubungkan ke logam yang akan dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda. Anoda yang digunakan biasanya adalah anoda inert.

2.6.2 Lapisan Pelindung

Coating adalah proses pelapisan permukaan logam dengan cairan atau serbuk, yang akan melekat secara kontinu pada logam yang akan dilindungi, setelah melalui proses solidifikasi. Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak logam dengan lingkungannya, yang kemudian akan mencegah proses korosi pada logam^[1]. Pelapisan yang paling umum digunakan adalah dengan cat. Cat yang digunakan biasanya merupakan bahan organik yang tidak dapat larut yang disebut pigmen, dengan partikel pengangkut cair. Pigmen biasanya terdiri dari logam oksida TiO_2 , PbO_3 , Fe_2O_3 , dan lainnya. Sementara zat pengangkutnya berupa minyak nabati yang jika mengalami kontak dengan udara akan teroksidasi dan terpolimerisasi menjadi zat padat.

2.6.3. Pemilihan Material

Prinsip dasar metode pemilihan material adalah memilih material sesuai

dengan kondisi lingkungan dimana material tersebut akan diaplikasikan. Metode ini erat kaitannya dengan potensial galvanik dari logam yang digunakan.

2.6.4. Inhibitor

Inhibitor adalah zat yang ditambahkan dalam jumlah yang relatif kecil (10-80ppm) ke dalam lingkungan yang korosif sehingga mengubah lingkungan dan menurunkan laju korosinya. Inhibitor memiliki beberapa mekanisme kerja secara umum yaitu^[10]:

- a) Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak terlihat dengan mata biasa namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logam.
- b) Melalui pengaruh lingkungan (seperti pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak dan lapisan dapat diamati dengan mata telanjang.
- c) Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logamnya dan menghasilkan suatu zat kimia dan lalu mengalami adsorpsi dari produksi korosi untuk membentuk lapisan pasif pada permukaan
- d) Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Inhibitor sendiri akan terjadi reaksi antara lingkungan dan logamnya, mekanisme dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Interaksi inhibitor dengan permukaan logam sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan logam tersebut
2. Interaksi yang terjadi dengan menurunkan tingkat korosifitas lingkungan seperti mengurangi kadar oksigen, pengaturan pH, netralisasi gas bersifat asam, dll.

Inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi dari anodik dan katodik. Pengaruh terhadap polarisasi ini adalah bila suatu sel korosi terdapat 4 komponen yaitu katoda, anoda, elektrolit, dan arus, maka inhibitor dapat menaikkan polarisasi anodik atau katodik dan menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan lapisan tipis pada permukaan. Pengaruh polarisasi ini dapat terlihat

dalam pengujian polarisasi.

Efisiensi inhibitor menunjukkan persentase penurunan laju korosi akibat penambahan inhibitor. Persamaannya adalah sebagai berikut^[1] :

$$Efisiensi\ inhibitor = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10).$$

Dimana : X_A = laju korosi pada wadah tanpa inhibitor.

X_B = laju korosi pada wadah dengan penambahan inhibitor.

2.6.4.1. Jenis-jenis Inhibitor Korosi

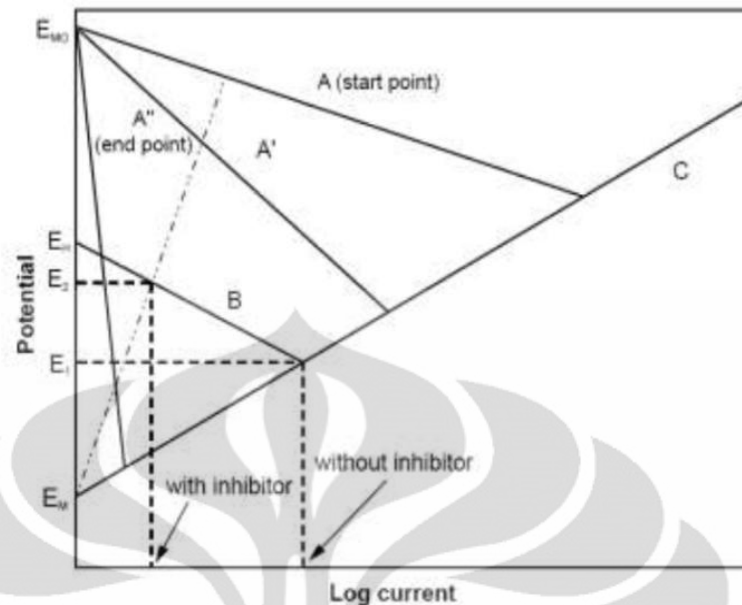
Secara garis besar jenis-jenis inhibitor korosi dibagi berdasarkan mekanisme inhibisinya, yaitu sebagai berikut^[11]:

1. Inhibitor Anodik (passivasi)

Seperti namanya anodik inhibitor bekerja dengan menghambat terjadinya reaksi anodik. Inhibitor jenis ini bekerja dengan mengubah sifat permukaan logam menjadi pasif. Terdapat dua jenis inhibitor anodik yaitu^[11]:

- *Oxidizing ion*, inhibitor jenis ini adalah *inhibitor* berbasis nitrat, kromat, dan nitrit yang dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja.
- *Non-Oxidizing ion* seperti fosfat, tungsten, dan molybdate yang membutuhkan keberadaan oksigen agar dapat membuat lapisan pasif di permukaan baja^[11]..

Inhibitor jenis ini biasa digunakan pada aplikasi *recirculation-cooling systems*, *rectifier* dan *cooling tower*. Kelemahan dari jenis inhibitor ini adalah jumlah inhibitor yang terkandung dalam larutan harus terjaga dengan baik. Sebab jika kandungannya menurun dari batas akan membuat korosi jadi semakin cepat terjadi, serta dapat membuat korosi sumuran (*pitting corrosion*). Inhibitor jenis ini akan lebih membuat potensial menjadi lebih positif, seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Pengaruh penambahan inhibitor anodik pada suatu material^[11].

2. Inhibitor Katodik

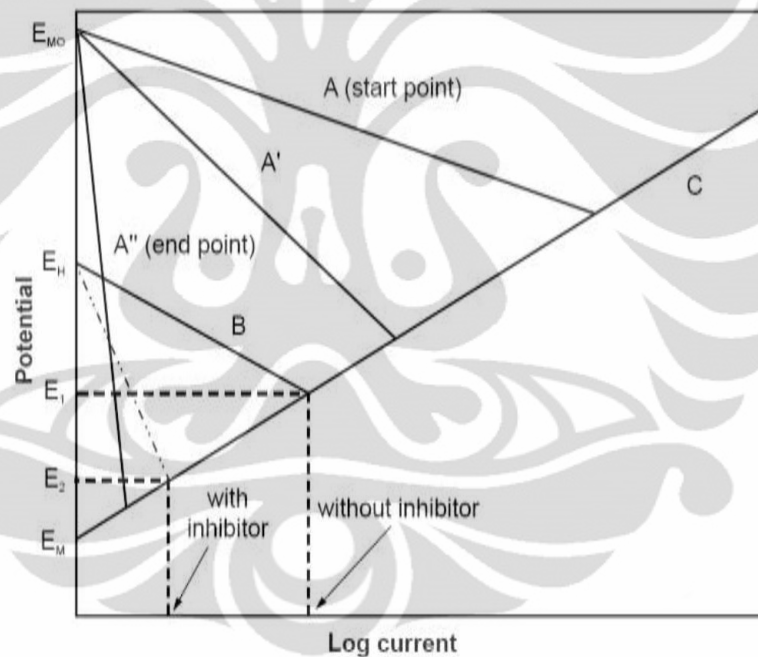
Inhibitor jenis ini adalah inhibitor yang bekerja dengan cara memperlambat laju korosi melalui penghambatan proses katodik. Salah satunya adalah dengan cara presipitasi di permukaan material agar menghasilkan tahanan dan impedansi di permukaan katoda, atau dengan cara memperkecil kemampuan difusi zat yang akan tereduksi. Inhibitor katodik terbagi atas beberapa jenis berdasarkan mekanisme inhibisi-nya yaitu^[11]:

- Presipitasi katodik, ion-ion kalsium, seng, magnesium mengendap membentuk oksida yang merupakan lapisan pelindung pada logam, sebagai contoh : garam-garam logam transisi akan mengendap sebagai hidroksidanya pada pH tinggi, zat yang lazim digunakan adalah $ZnSO_4$ yang terhidrolisis. pH larutan harus dibuat tetap tinggi mengingat harus menetralkan asam yang terbentuk.
- Racun katodik, menghambat reaksi evolusi hidrogen atau reaksi pada katoda. Contoh, campuran arsenik dan antimony. Pada pembentukan gas hidrogen, reaksi diawali yang teradsorpsi pada permukaan katoda. Inhibitor berperan menghambat kedua tahap reaksi terutama reaksi pertama, dengan cara menurunkan tegangan lebih katodiknya. Yang penting adalah bila inhibitor hanya menghambat reaksi kedua, maka

terjadi penumpukan atom hidrogen pada permukaan katoda. Atom tersebut terpenetrasi ke dalam kisi logam dan mengakibatkan kerapuhan akibat hidrogen. Senyawa arsenat, bismutat dan antimonat dapat digunakan melalui reaksi tertentu (misal reaksi kondensasi), tereduksi menghasilkan produk yang mengendap pada katoda. Biasanya reaksi tersebut berlangsung pada pH relatif rendah

- Penangkap oksigen, menghambat korosi dengan mencegah reaksi reduksi oksigen, kerjanya mengikat oksigen terlarut. biasanya digunakan pada temperatur kamar, Na_2SO_3

Inhibitor katodik akan membuat potensial menjadi lebih negatif seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Pengaruh penambahan inhibitor katodik pada material^[11].

3. Inhibitor Organik

Inhibitor organik memiliki keunikan karena pada inhibitor jenis ini efek katodik dan anodik juga sering muncul. Inhibitor jenis ini melindungi logam dengan cara membentuk lapisan tipis (film) yang bersifat hidrofobik sebagai hasil adsorpsi ion inhibitor oleh permukaan logam. Lapisan ini akan memisahkan permukaan logam dengan elektrolitnya, sehingga reaksi reduksi dan oksidasi pada proses korosi dapat terhambat. Contoh dari inhibitor organik ini adalah gugus

kimia yang bisa membentuk ikatan *co-ordinates* dengan logam seperti *amino* (-NH₂), *carboxyl* (-COOH), dan *phosphonate* (-PO₃H₂)^[10]. Reaksi adsorpsi pada saat pembentukan lapisan dipengaruhi oleh panas dan tekanan. Inhibitor organik akan terabsorpsi sesuai muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan absorpsi merupakan faktor penting bagi inhibitor dalam menghambat korosi.

Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan senyawa kompleks. Namun dalam adsorpsi terbagi menjadi 3 mekanisme yaitu^[12]:

a) *Physical adsorption*

Mekanisme ini terbentuk hasil dari interaksi elektrostatik antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang diberi muatan positif akan mengikat inhibitor dengan muatan negatif. Begitu juga dengan sebaliknya. Ikatan ini terbentuk dengan cepat dan bersifat bolak-balik namun mudah hilang atau rusak dari permukaan logam.

b) *Chemisorption*

Mekanisme ini terbentuk dari transfer atau membagi muatan antara molekul dari inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya tidak bolak-balik namun dalam pembentukannya berjalan lebih lambat.

c) *Film Forming*

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat bawaan dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka logam-larutan. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal dua dari jenis adsorpsi di atas yang berjalan simultan. Sebagai contoh, adsorpsi inhibitor organik pada logam di lingkungan HCl adalah kombinasi *chemisorptions-physical adsorption* yang memberikan perlindungan fisik dan kimiawi^[13].

4. Inhibitor Presipitasi

Inhibitor jenis ini adalah inhibitor yang memiliki sifat dapat membentuk *presipitat* dipermukaan logam. Contoh dari inhibitor jenis ini adalah silika dan fosfat. Contoh lain dari proses inhibitor presipitasi ini adalah pada lingkungan

hard water yaitu keadaan dimana banyak terkandung ion kalsium dan magnesium yang bisa menghambat laju korosi akibat kalsium yang mengendap membentuk presipitat dipermukaan logam^[11]. Inhibitor jenis ini terkadang membutuhkan oksigen untuk mendapat reaksi inhibisi yang baik.

5. Inhibitor mudah menguap (*Volatile Corrosion Inhibitors*)

Inhibitor jenis ini bekerja pada ruangan tertutup dengan cara meniupkannya dari tempatnya diuapkan menuju ke lingkungan yang korosif. Inhibitor ini setelah menyentuh permukaan logam yang akan dilindungi lalu terkondensasi menjadi garamnya dan memberikan ion yang bisa melindungi logam dari korosi. Kemampuan dan efektifitas dari inhibitor jenis ini tergantung dari kemampuan menguap campuran inhibitor tersebut. Untuk perlindungan yang cepat diperlukan inhibitor yang kemampuan uapnya tinggi. Namun untuk perlindungan yang lebih lambat namun untuk jangka panjang dibutuhkan inhibitor yang mampu uapnya rendah^[11].

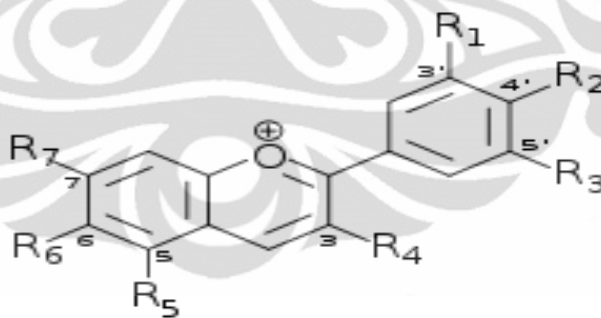
2.7. Ubi Ungu dan Antosianin

Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain. Pigmentnya lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari sumber lain seperti kubis merah, *elderberries*, *blueberry* dan Jagung merah. Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi, serta sumber vitamin dan mineral, vitamin yang terkandung dalam ubi jalar antara lain vitamin A, vitamin C, thiamin (vitamin B1), dan riboflavin. Sedangkan mineral dalam ubi jalar di antaranya adalah zat besi (Fe), fosfor (P), dan kalsium (Ca). Kandungan lainnya adalah protein, lemak, betakaroten, serat kasar dan abu^[14]. Di Indonesia, terutama di Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian memiliki potensi hasil sebesar 20-20,75 ton/ha^[15].

Kandungan utama yang digunakan sebagai inhibitor organik pada ekstrak ubi ungu adalah antosianin. Antosianin merupakan pewarna yang paling penting dan paling tersebar luas dalam tumbuhan. Kandungan antosianin (zat warna pada tanaman) dari ubi jalar ungu ini berkisar antara 14,68 – 210 mg/100 gram bahan^[14]. Secara kimia antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan

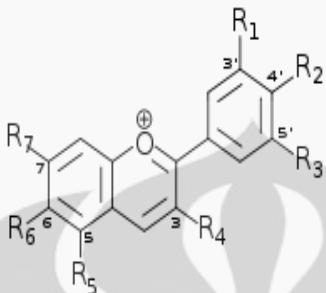
penambahan atau pengurangan gugus hidroksil atau dengan metilasi. Antosianin adalah suatu pigmen yang terkandung dalam buah atau sayuran yang dapat memberikan tampilan warna tertentu pada buah-buahan atau sayuran. Antosianin tidak stabil dalam larutan netral atau basa. Karena itu antosianin harus diekstraksi dari tumbuhan dengan pelarut yang mengandung asam asetat atau asam hidroklorida (misalnya metanol yang mengandung HCl pekat 1%) dan larutannya harus disimpan di tempat gelap serta sebaiknya didinginkan^[16]. Antosianidin ialah aglikon antosianin yang terbentuk bila antosianin dihidrolisis dengan asam. Antosianidin terdapat enam jenis secara umum, yaitu sianidin, pelargonidin, peonidin, petunidin, malvidin dan delphinidin^[16].

Antosianin secara umum mempunyai stabilitas yang rendah. Pada pemanasan yang tinggi, kestabilan dan ketahanan zat warna antosianin akan berubah dan mengakibatkan kerusakan^[17]. 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^[18]. Struktur dari antosianin yang terkandung dalam ekstrak ubi ungu diberikan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Struktur kimia dari Antosianin^[18].

Antosianin juga merupakan suatu antioksidan yang membantu melindungi organisme dari radikal-radikal bebas yang dihasilkan oleh sinar UV^[20]. Antosianin memiliki banyak jenis dan bermacam gugus substitusinya. Tetapi memiliki struktur dasar yang sama. Jenis antosianin dapat dilihat pada Gambar 2.13.

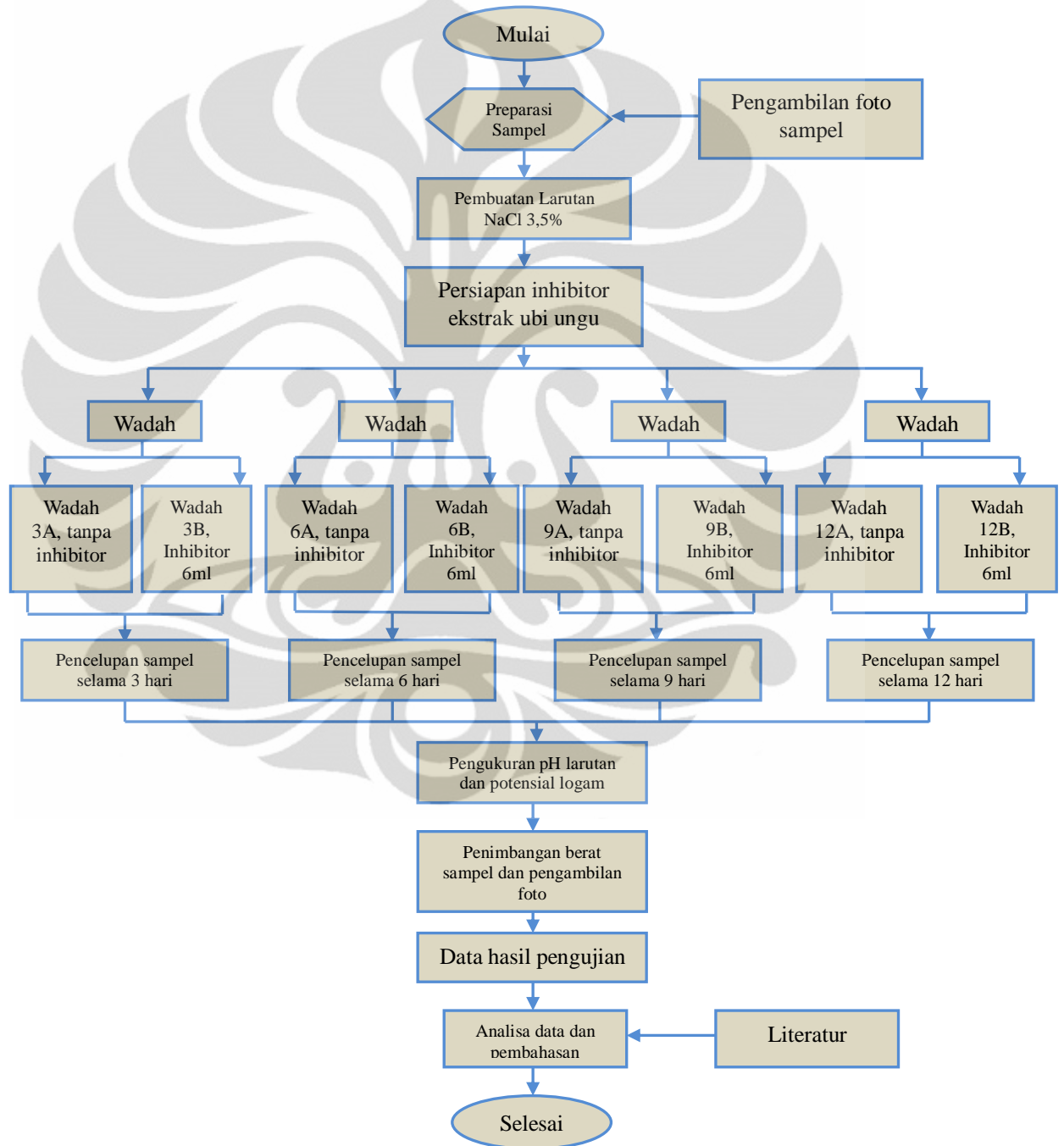
Antosinidin	Struktur dasar	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Aurantininidin		-H	-OH	-H	-OH	-OH	-OH	-OH
Cyanidin		-OH	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Delphinidin		-OH	-OH	-OH	-OH	-OH	-H	-OH
Europinidin		-OCH ₃	-OH	-OH	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Luteolinidin		-OH	-OH	-H	-H	-OH	-H	-OH
Pelargonidin		-H	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Malvidin		-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Peonidin		-OCH ₃	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Petunidin		-OH	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Rosinidin		-OCH ₃	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OCH ₃

Gambar 2.13. Jenis antosianin dan gugus substitusinya^[18].

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian serta membuat penelitian lebih sistematis dan terarah diperlukan diagram alir seperti 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. Mesin dan kertas amplas
4. Timbangan digital
5. Jangka sorong
6. pH meter digital
7. Multimeter
8. Benang, wadah plastik, dan kertas label
9. Elektroda standar Ag/AgCl
10. Penggaris dan pensil
11. Kamera digital
12. *Beaker glass* dan Labu *Erlenmayer* 1000 ml
13. *Hair dryer*
14. *Ultrasonic agitator*

3.2.2. Bahan

1. *Low carbon steel*
 - a. Dimensi : 25 mm x 20 mm x 1 mm
 - b. Densitas : dipilih 5 material secara acak untuk dihitung densitasnya.

Pengukuran densitas sampel (ρ) menggunakan persamaan berikut :

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

Panjang (p), lebar (l), dan tebal (t) diukur menggunakan jangka sorong, sedangkan massa sampel (m) diukur menggunakan timbangan digital.

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas.

Sampel	panjang (cm)	lebar (cm)	tinggi (cm)	massa (gr)	densitas (gr/cm ³)
1	2,4	2,03	0,1	2,9998	6,157225
2	2,48	2,1	0,1	3,3271	6,388441
3	2,4	1,96	0,1	3,1620	6,721939
4	2,4	2,14	0,1	3,1195	6,073793
5	2,5	1,98	0,1	3,0743	6,210707
rata - rata	2,436	2,042	0,1	3,13654	6,310421

Dari kelima sampel diatas, didapat densitas rata-rata sebesar :
 $6,310421 \text{ gr/cm}^3$

2. HCl 32%
3. Air sabun
4. *Acetone*
5. NaHCO_3
6. Inhibitor *baracor*
7. Garam teknis
8. Aquades
9. Ekstrak ubi ungu

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Preparasi Sampel

1. Pemotongan sampel

Pada penelitian ini, material baja karbon rendah yang didapat berupa lembaran berdimensi 250 mm x 200 mm x 1 mm. Kemudian dipotong menjadi berukuran 25 mm x 20 mm x 1 mm sebanyak 24 buah. Wadah plastik disesuaikan dengan ukuran sampel saat proses pencelupan dimana ukuran plastik dapat menampung harus dapat menampung sesuai standar ASTM G31-72 yaitu volume larutan minimal untuk merendam sebuah sampel adalah sebanyak 0,4 kali luas permukaan sampel^[9].

2. Pengeboran sampel

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

3. Pengamplasan sampel

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

4. Pengambilan Foto

Sampel difoto untuk mendapatkan data visual sampel sebelum dilakukan pencelupan.

5. Penimbangan berat awal sampel

Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital.

3.3.2. Persiapan Larutan NaCl 3,5%

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah lingkungan 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.

$$\text{NaCl } 3,5\% \rightarrow \frac{\text{massa garam}}{\text{massa pelarut}} = 3,5\% \dots\dots\dots (3.2)$$

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

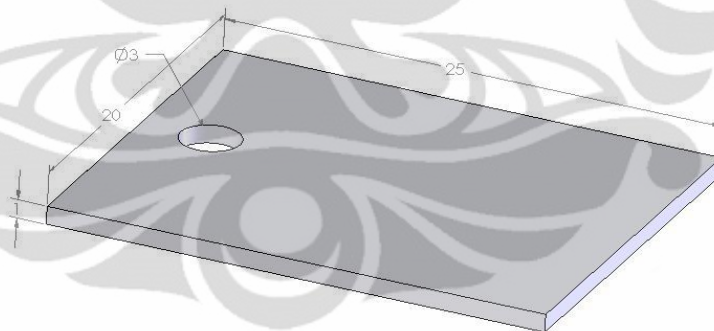
Maka massa pelarut : 1000 gram

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

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

Berdasarkan ASTM G31-72, untuk pengujian celup skala laboratorium, volume larutan minimal untuk pengujian adalah ^[9]:

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel} \dots\dots\dots (3.3)$$



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran *coupon*.

Luas permukaan sampel:

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

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

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

$$\text{Volume minimal} = 0,4 \times 1085,29$$

$$= 434,12 \text{ ml} \approx 450 \text{ ml}$$

Sehingga, volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan

1.085,29 mm² adalah 434,12 ml. Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 450 ml. Karena pada penelitian ini dipergunakan 24 wadah, maka disiapkan sebanyak 10.800 ml larutan NaCl 3,5 %.

3.3.3. Persiapan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu

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

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

3.3.4. Langkah Kerja Uji Rendam (ASTM G31-72)^[9]

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

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

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

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*). Ada 2 hal yang harus diperhatikan pada saat pengukuran potensial logam:

1. Ujung bagian positif mengenai bagian sampel yang kering, disisi lain sampel juga harus tetap tercelup larutan walaupun sebagian.
2. Jarak antara elektroda standar dengan sampel ± 5 cm.

3.3.5. Pengambilan Data dan Pembersihan Sampel (NACE Standard RP0775-2005)^[21]

1. Pengukuran pH akhir larutan dengan menggunakan pH meter digital.
2. Pengukuran Potensial akhir logam dilakukan dengan menggunakan multimeter dimana kutub positif dihubungkan dengan sampel dan kutub negatif dengan elektroda standar dimana dalam pengujian ini menggunakan elektroda standar kalomel (SCE)
3. Keluarkan sampel untuk difoto sebelum melakukan pembersihan
4. Celupkan sampel kedalam air sabun untuk menghilangkan minyak atau *paraffin* pada permukaan sampel. Cuci dengan *acetone* kemudian keringkan dengan *hair dryer*.
5. Masukkan sampel kedalam *beaker glass* berisi larutan HCl 32% 200 ml yang sudah ditambahkan 2ml inhibitor *baracor* untuk *pickling* dan menghilangkan *scale* dan produk korosi. Masukkan *beaker glass* tersebut kedalam mesin *Ultrasonic Agitator* untuk mempercepat proses.
6. Celupkan sampel kedalam larutan NaHCO_3 lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam kemudian bilas dengan *aquadesh*.
7. Cuci sampel dengan *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*.
8. Hitung berat akhir sampel sesudah melakukan pembersihan.
9. Foto sampel.

BAB 4
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Pada penelitian ini, baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang belum diketahui komposisinya, dilakukan pengujian *spectroscopy* untuk mengetahui komposisinya. Hasil pengujian komposisi baja dapat dilihat pada Tabel 4.1.

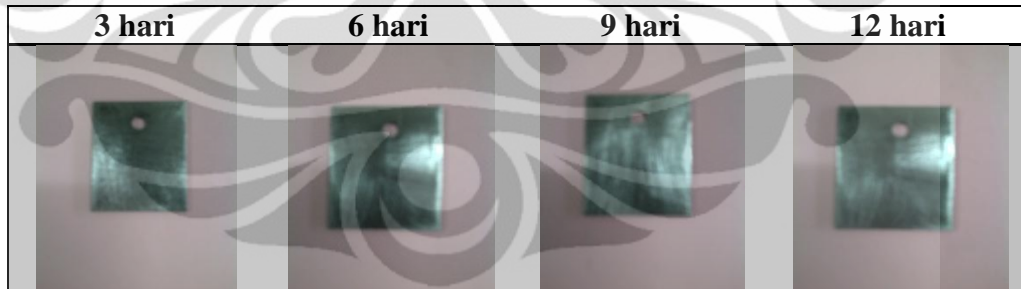
Tabel 4.1. Komposisi baja karbon rendah hasil pengujian *spectroscopy*

Fe(%)	C(%)	Si(%)	S(%)	P(%)	Cr(%)	Pb(%)
≈99,59	0,057	0,007	0,003	0,007	0,023	<0,025
Ni(%)	Mo(%)	Ti(%)	Cu(%)	Nb(%)	V(%)	Mn(%)
0,031	<0,005	<0,002	0,121	<0,002	<0,002	0,160

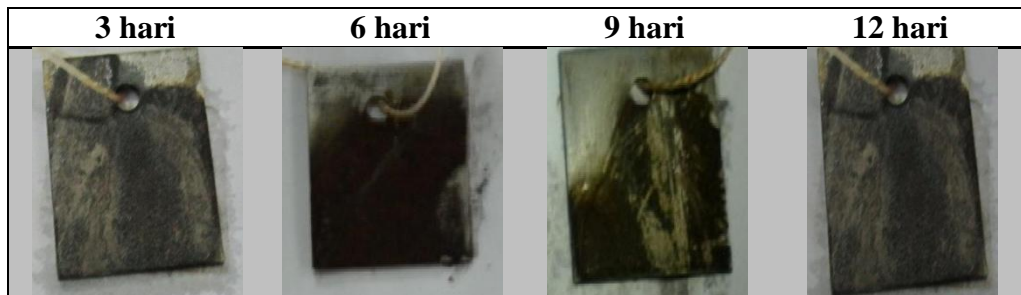
4.1.2 Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah

4.1.2.1. Hasil Pengamatan Visual Baja Pada Sistem Yang Tidak Terinhibisi

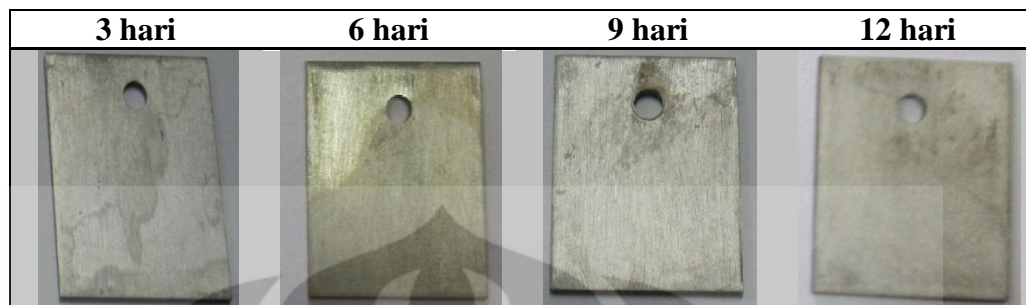
Tabel 4.2. Sampel sebelum perendaman pada sistem yang tidak terinhibisi



Tabel 4.3. Sampel setelah perendaman pada sistem yang tidak terinhibisi

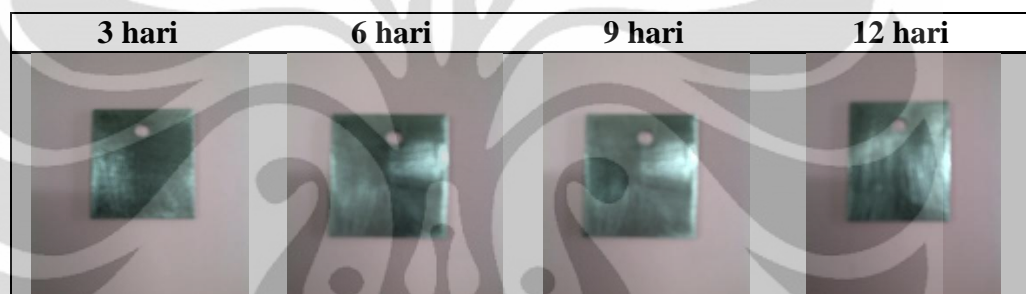


Tabel 4.4. Sampel setelah pembersihan pada sistem yang tidak terinhibisi

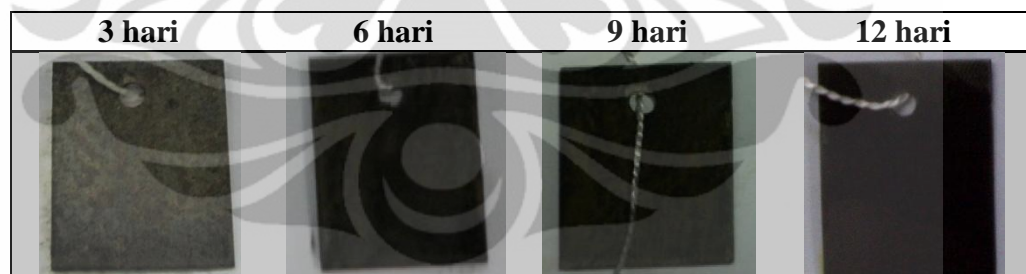


4.1.2.2. Hasil Pengamatan Visual Baja Pada Sistem Yang Terinhibisi

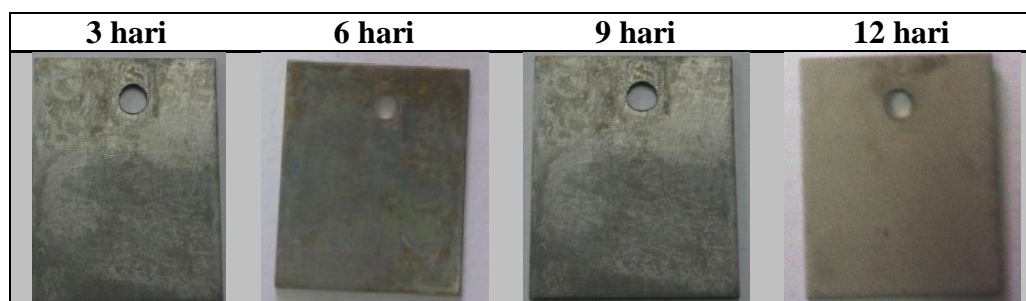
Tabel 4.5. Sampel sebelum perendaman pada sistem yang terinhibisi



Tabel 4.6. Sampel setelah perendaman pada sistem yang terinhibisi



Tabel 4.7. Sampel setelah pembersihan pada sistem yang terinhibisi



4.1.3. Hasil Pengujian pH larutan

Tabel 4.8. Data pengurangan berat logam

Kondisi	Sampel	pH awal	Rata-rata pH awal	pH akhir	Rata-rata pH akhir	Perubahan pH
hari ke-3 tanpa inhibitor	3A01	7,00	7,07	7,90	8,00	0,93
	3A02	7,10		8,00		
	3A03	7,10		8,10		
hari ke-3 dengan inhibitor	3B01	5,80	5,78	6,40	6,37	0,58
	3B02	5,70		6,40		
	3B03	5,85		6,30		
hari ke-6 tanpa inhibitor	6A01	7,00	7,07	8,00	8,03	0,97
	6A02	7,10		7,90		
	6A03	7,10		8,20		
hari ke-6 dengan inhibitor	6B01	5,70	5,83	6,30	6,37	0,53
	6B02	6,00		6,40		
	6B03	5,80		6,40		
hari ke-9 tanpa inhibitor	9A01	7,00	7,03	8,00	8,03	1,00
	9A02	7,10		8,10		
	9A03	7,00		8,00		
hari ke-9 dengan inhibitor	9B01	5,80	5,83	6,40	6,37	0,53
	9B02	5,80		6,30		
	9B03	5,90		6,40		
hari ke-12 tanpa inhibitor	12A01	6,90	7,00	7,90	8,03	1,03
	12A02	7,10		8,00		
	12A03	7,00		8,20		
hari ke-12 dengan inhibitor	12B01	5,80	5,87	6,50	6,43	0,57
	12B02	5,90		6,50		
	12B03	5,90		6,30		

4.1.4. Hasil Pengujian Potensial Logam

Tabel 4.9. Data Potensial Logam

Kondisi	Sampel	Potensial awal	Rata-rata potensial awal	Potensial akhir	Rata-rata potensial akhir
hari ke-3 tanpa inhibitor	3A01	-0,436	-0,469	-0,637	-0,641
	3A02	-0,488		-0,621	
	3A03	-0,484		-0,664	
hari ke-3 dengan inhibitor	3B01	-0,446	-0,444	-0,668	-0,664
	3B02	-0,442		-0,659	
	3B03	-0,444		-0,666	
hari ke-6 tanpa inhibitor	6A01	-0,498	-0,484	-0,632	-0,634
	6A02	-0,493		-0,633	
	6A03	-0,461		-0,636	
hari ke-6 dengan inhibitor	6B01	-0,460	-0,464	-0,658	-0,655
	6B02	-0,467		-0,645	
	6B03	-0,466		-0,662	
hari ke-9 tanpa inhibitor	9A01	-0,475	-0,472	-0,604	-0,614
	9A02	-0,469		-0,617	
	9A03	-0,471		-0,622	
hari ke-9 dengan inhibitor	9B01	-0,462	-0,453	-0,636	-0,637
	9B02	-0,457		-0,639	
	9B03	-0,441		-0,636	
hari ke-12 tanpa inhibitor	12A01	-0,489	-0,486	-0,625	-0,619
	12A02	-0,480		-0,614	
	12A03	-0,489		-0,619	
hari ke-12 dengan inhibitor	12B01	-0,459	-0,473	-0,664	-0,645
	12B02	-0,485		-0,641	
	12B03	-0,475		-0,630	

Tabel 4.10. Data potensial logam vs SHE

Kondisi	Sampel	Potensial awal vs SHE	Rata-rata potensial awal	Potensial akhir vs SHE	Rata-rata potensial akhir
hari ke-3 tanpa inhibitor	3A01	-0,214	-0,247	-0,415	-0,419
	3A02	-0,266		-0,399	
	3A03	-0,262		-0,442	
hari ke-3 dengan inhibitor	3B01	-0,224	-0,222	-0,446	-0,442
	3B02	-0,220		-0,437	
	3B03	-0,222		-0,444	
hari ke-6 tanpa inhibitor	6A01	-0,276	-0,262	-0,410	-0,412
	6A02	-0,271		-0,411	
	6A03	-0,239		-0,414	
hari ke-6 dengan inhibitor	6B01	-0,238	-0,242	-0,436	-0,433
	6B02	-0,245		-0,423	
	6B03	-0,244		-0,440	
hari ke-9 tanpa inhibitor	9A01	-0,253	-0,250	-0,382	-0,392
	9A02	-0,247		-0,395	
	9A03	-0,249		-0,400	
hari ke-9 dengan inhibitor	9B01	-0,240	-0,231	-0,414	-0,415
	9B02	-0,235		-0,417	
	9B03	-0,219		-0,414	
hari ke-12 tanpa inhibitor	12A01	-0,267	-0,264	-0,403	-0,397
	12A02	-0,258		-0,392	
	12A03	-0,267		-0,397	
hari ke-12 dengan inhibitor	12B01	-0,237	-0,251	-0,442	-0,423
	12B02	-0,263		-0,419	
	12B03	-0,253		-0,408	

4.1.5. Hasil Laju Korosi Logam dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.11. Data laju korosi logam dan efisiensi inhibitor

Kondisi	Sampel	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	ΔW (gr)	Rata-rata (gr)	CR (mpy)	Efisiensi inhibitor
hari ke-3 tanpa inhibitor	3A01	2,9998	2,9879	0,0119	0,0124	8,6757	37,63 %
	3A02	3,0434	3,0307	0,0127			
	3A03	3,3271	3,3145	0,0126			
hari ke-3 dengan inhibitor	3B01	3,2192	3,2110	0,0082	0,0077	5,4106	
	3B02	3,1198	3,1126	0,0072			
	3B03	3,3083	3,3005	0,0078			
hari ke-6 tanpa inhibitor	6A01	3,2999	3,2730	0,0269	0,0260	9,0955	39,48 %
	6A02	3,2610	3,2351	0,0259			
	6A03	3,2958	3,2706	0,0252			
hari ke-6 dengan inhibitor	6B01	3,1202	3,1053	0,0149	0,0157	5,5039	
	6B02	3,3437	3,3270	0,0167			
	6B03	3,1620	3,1464	0,0156			
hari ke-9 tanpa inhibitor	9A01	3,1102	3,0686	0,0416	0,0418	9,7563	43,42 %
	9A02	3,3364	3,2949	0,0415			
	9A03	2,9534	2,9110	0,0424			
hari ke-9 dengan inhibitor	9B01	3,3158	3,2912	0,0246	0,0237	5,5195	
	9B02	3,1195	3,0960	0,0235			
	9B03	2,9885	2,9656	0,0229			
hari ke-12 tanpa inhibitor	12A01	3,2381	3,1872	0,0509	0,0523	9,1538	40,70 %
	12A02	3,3520	3,3008	0,0512			
	12A03	3,3397	3,2848	0,0549			
hari ke-12 dengan inhibitor	12B01	3,2015	3,1700	0,0315	0,0310	5,4281	
	12B02	3,0743	3,0424	0,0319			
	12B03	3,2445	3,2148	0,0297			

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisis Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Berdasarkan hasil pengujian *spectroscopy* pada baja sebagai sampel dalam pengujian rendam maka dapat disimpulkan baja ini termasuk merupakan baja karbon rendah. Hal ini terlihat dari kandungan karbon yang kurang dari 0,3% (0,057%)^[22]. Unsur-unsur yang menyusun dari baja ini adalah Fe (99,7%) sebagai unsur penyusun utama, dan unsur lain seperti C (0,057%), Si (0,007%), Mn (0,0160%), Cr (0,023%), S (0,003%), Ni (<0,031%), Mo(<0,005%), Ti (0,002%), Cu(0,121%), Nb(<0,002%), Pb (<0,025%), P (0,007%), dan V (<0,002%). Semua kandungan unsur tersebut memiliki pengaruh terhadap karakteristik dari sampel baja.

Unsur paduan Cu, Cr, dan Ni dapat meningkatkan ketahanan korosi dari baja^[23]. Unsur krom sangat mempengaruhi ketahanan baja terhadap korosi, dengan konsentrasi 12-14% yang merupakan konsentrasi optimum dari krom^[1]. Semakin banyak kandungan krom pada baja, maka ketahanan korosinya akan semakin meningkat. Begitu juga dengan Cu, kandungan Cu dapat menurunkan laju korosi baja dengan konsentrasi optimum sebesar 0,3%^[24]. Selain kedua unsur tersebut Ni juga berpengaruh terhadap laju korosi. Kandungan Ni sebesar kurang dari 0,031% pada sampel tidak terlalu berpengaruh pada ketahanan korosi baja, apabila konsentrasi Ni sebesar 1-5%, maka sangat berpengaruh terhadap penurunan laju korosi^[24].

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

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

Saat dilakukan pengujian, penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu sebanyak 6ml kedalam larutan NaCl 3,5% dalam pengujian laju korosi, terjadi perubahan warna lingkungan menjadi keunguan pada larutan. Pada larutan yang tidak diberi inhibitor, warna larutan yang semula berwarna agak bening berubah menjadi agak

oranye, warna oranye tersebut akan berubah menjadi lebih pekat hingga kecoklatan pada waktu celup yang lebih lama. Warna yang dihasilkan disebabkan oleh adanya produk korosi yang terbentuk selama proses perendaman.

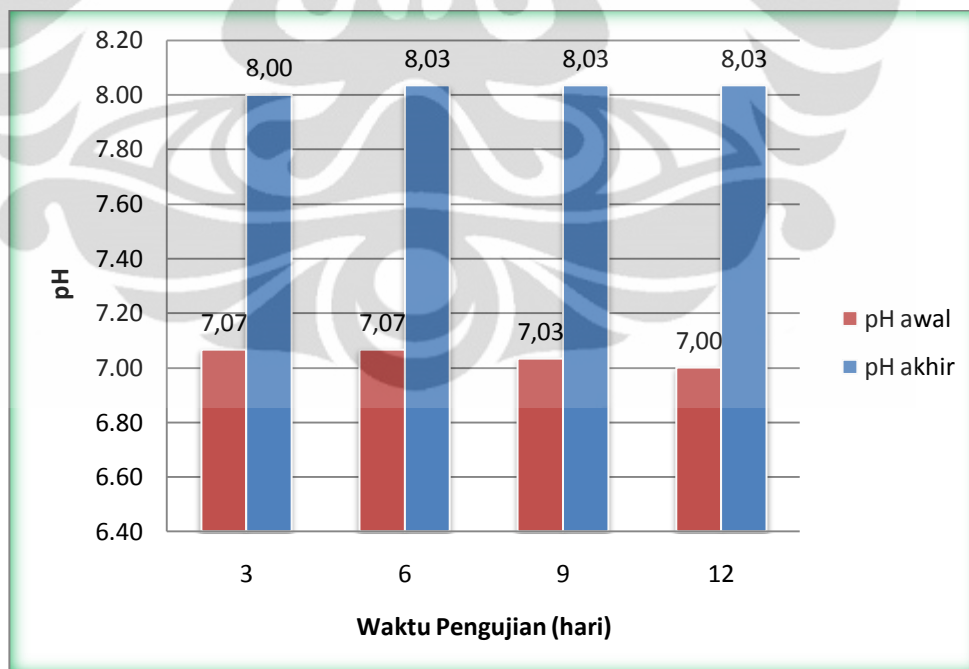
Sampel pada kondisi awal memiliki lapisan yang berwarna agak kehitaman, kemudian sampel dilakukan pembersihan hingga berwarna silver dengan kertas amplas secara mekanis. Setelah dilakukan pencelupan sampel yang tidak terinhibisi akan terjadi korosi seragam yang ditandai dengan warna kecoklatan pada permukaan sampel seperti pada Tabel 4.3. Warna kecoklatan tersebut diduga merupakan *scale* dan ada di semua sampel yang tidak terinhibisi dan semakin banyak seiring lamanya waktu pencelupan. Tetapi permukaan tersebut sangat mudah hilang dan setelah dibersihkan akan menimbulkan bekas. Bekas yang timbul sama seperti dengan permukaan kecoklatan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Sedangkan pada sampel yang terinhibisi permukaan sampel terlihat lebih gelap dan korosi seragam yang terjadi lebih sedikit dibanding sampel yang tidak terinhibisi. Pada sampel terlihat ada lapisan lebih gelap yang mengendap dan menyelimuti sampel secara merata seperti pada Tabel 4.6. Lapisan ini sedikit lebih sulit hilang dibandingkan lapisan pada permukaan sampel yang tidak terinhibisi, tetapi akan hilang jika dibersihkan dengan menggunakan sabun. Lapisan ini lebih stabil dibandingkan lapisan kecoklatan pada sistem yang tidak terinhibisi. Lapisan ini lebih stabil akibat penambahan ekstrak ubi ungu. Dari Perbedaan laju korosi dengan penambahan ekstrak ubi ungu maka dapat diperkirakan membentuk lapisan pelindung tipis. Lapisan tersebut terjadi karena ekstrak ubi ungu bekerja sesuai prinsip kerja inhibitor organik yaitu adsorpsi pada permukaan logam. Adsorpsi tersebut akan membentuk lapisan tipis pada permukaan logam^[10]. Lapisan tipis yang terbentuk pada permukaan pada sampel yang terinhibisi tersebut berfungsi untuk menghambat laju korosi^[10].

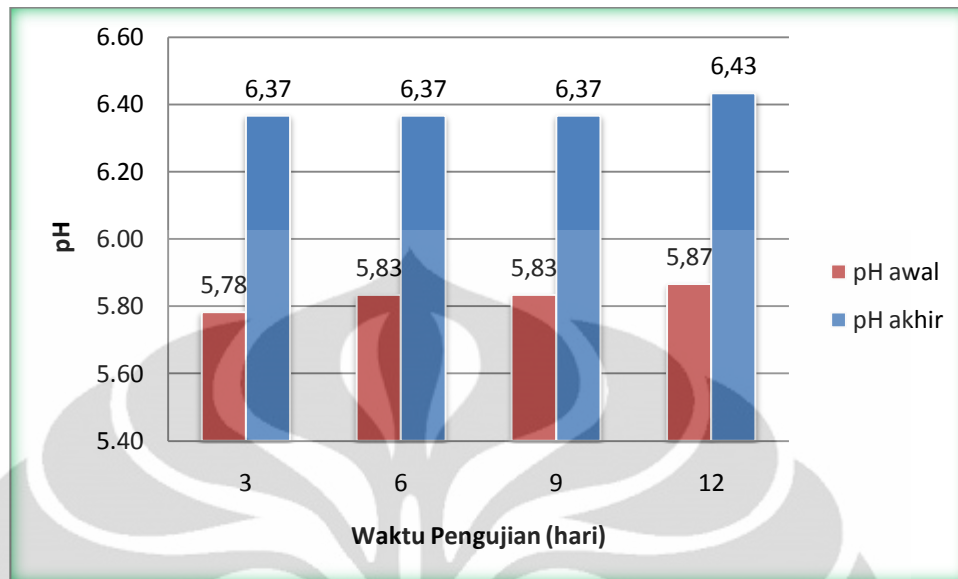
4.2.3. Pengaruh pH Larutan Terhadap Laju Korosi

Dari tabel 4.8, pH dari sistem yang tidak terinhibisi dan yang tidak terinhibisi memiliki rentang pH awal antara 5,9-7 dan pH akhir memiliki rentang 6,2-8 yang

menandakan lingkungan dari sistem berada pada lingkungan yang sedikit asam hingga sedikit basa. Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat pada waktu pengujian selama 3 hari, rata-rata pH awal untuk sistem yang tidak terinhibisi sebesar 7,07 dan rata-rata pH akhir sebesar 8,0, sedangkan pada sistem yang terinhibisi pH awal sebesar 5,9 dan rata-rata pH akhir sebesar 6,27. Untuk pengujian selama 6 hari, rata-rata pH awal untuk sistem yang tidak terinhibisi sebesar 7,07 dan rata-rata pH akhir sebesar 8,03 sedangkan pada sistem yang terinhibisi pH awal sebesar 5,83 dan rata-rata pH akhir sebesar 6,37. Untuk pengujian selama 9 hari, rata-rata pH awal untuk sistem yang tidak terinhibisi sebesar 7,03 dan rata-rata pH akhir sebesar 8,03 sedangkan pada sistem yang terinhibisi pH awal sebesar 5,83 dan rata-rata pH akhir sebesar 6,37. Begitu juga dengan pengujian selama 12 hari, rata-rata pH awal untuk sistem yang tidak terinhibisi sebesar 7,0 dan rata-rata pH akhir sebesar 8,03 sedangkan pada sistem yang terinhibisi pH awal sebesar 5,87 dan rata-rata pH akhir sebesar 6,43.

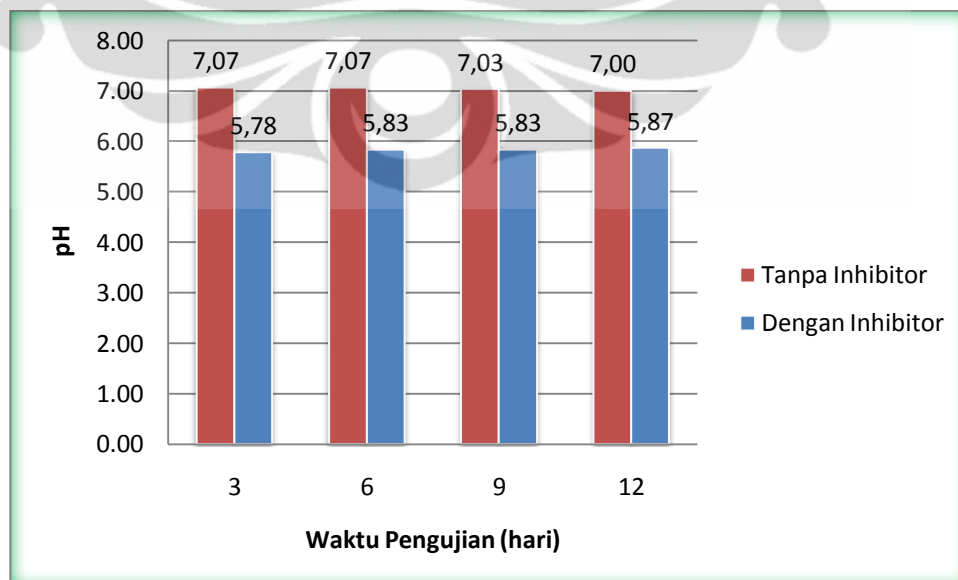


Gambar 4.1. Diagram pengaruh waktu uji terhadap pH pada larutan tanpa penambahan inhibitor.

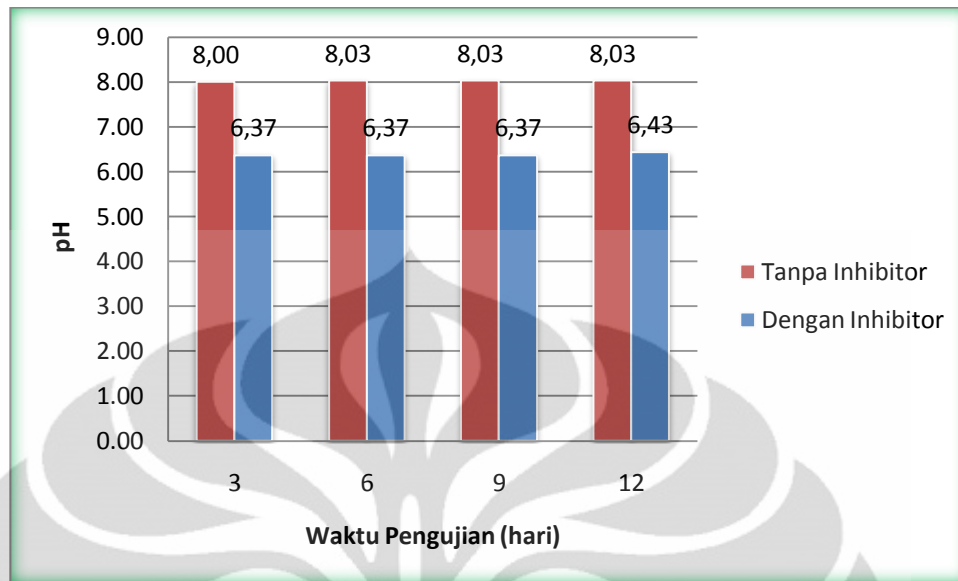


Gambar 4.2. Diagram pengaruh waktu uji terhadap pH pada larutan dengan penambahan inhibitor.

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dilihat pH pada sistem yang terinhibisi memiliki kondisi lingkungan yang lebih asam dibandingkan dengan sistem yang tidak terinhibisi. Perbedaan kondisi lingkungan pada sistem yang terinhibisi dengan yang tidak terinhibisi diakibatkan oleh pH inhibitor ekstrak ubi ungu. Ekstrak ubi ungu ini memiliki pH awal sebesar 4,8. Sehingga dengan penambahan ekstrak ubi ungu ini akan mempengaruhi pada keseluruhan sistem.



Gambar 4.3. Diagram pH awal larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor.



Gambar 4.4. Diagram pH akhir larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor.

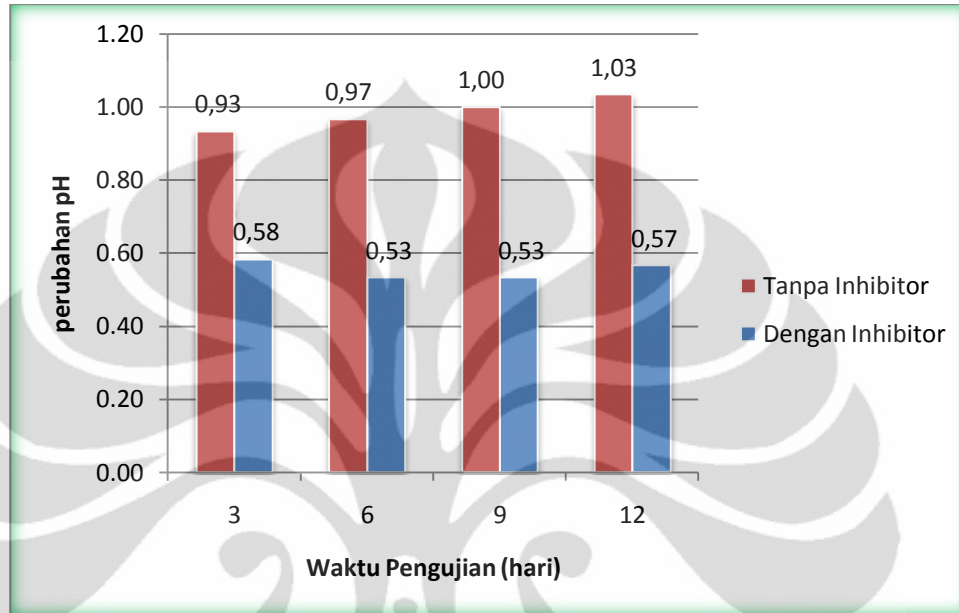
Perubahan pH menjadi lebih basa pada kedua sistem tersebut terjadi karena adanya reaksi reduksi yang terjadi pada katoda di lingkungan NaCl 3,5% dimana kondisi dari lingkungan netral adalah reaksi reduksi oksigen. Hasil dari reduksi ini adalah terbentuknya ion OH^- dimana akan mengakibatkan lingkungan menjadi lebih basa saat proses reduksi terjadi. Reaksi yang terjadi pada baja di air laut adalah^[1] :

Reaksi oksidasi yang terjadi di anoda : $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \dots\dots\dots (4.1)$

Reaksi reduksi yang terjadi di katoda : $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^- \dots\dots\dots (4.2)$

Peningkatan pH pada sistem yang terinhibisi memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan sistem yang tidak terinhibisi, terlihat pada Gambar 4.5. Perbedaan tersebut menandakan penambahan inhibitor akan lebih mengikat oksigen. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dobit Kisan K. (2011), tentang pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak ubi ungu pada lingkungan NaCl 3,5%, menunjukkan adanya mekanisme pengikatan oksigen (*oxygen scavenger*) yang mempengaruhi laju korosi pada baja karbon rendah^[25]. Mekanisme ini ditandai dengan semakin tinggi konsentrasi ekstrak ubi ungu yang ditambahkan pada sistem, nilai pH larutan pada saat sebelum dan setelah pencelupan cenderung untuk mengalami peningkatan yang semakin rendah. Hal ini terjadi karena dengan

penambahan inhibitor maka ion OH^- yang terbentuk akan semakin kecil sehingga perubahan pH yang terjadi hanya mengalami peningkatan yang tidak signifikan.



Gambar 4.5. Diagram peningkatan pH larutan tanpa dan dengan penambahan inhibitor.

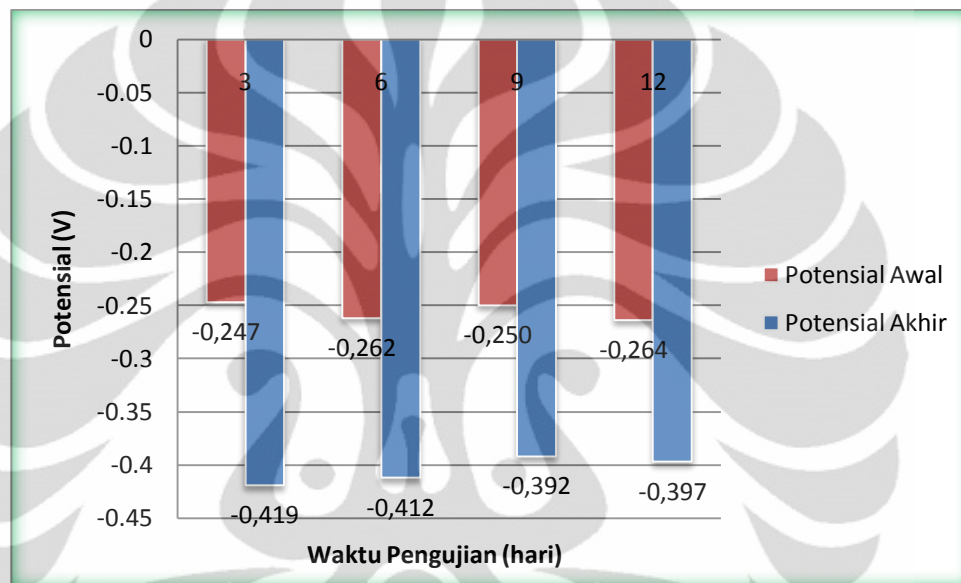
Dengan mekanisme pengikatan oksigen ini maka kadar oksigen pada sistem akan menurun. Menurunnya kadar oksigen pada larutan rendam akan berakibat terjadinya gangguan pada reaksi reduksi, hal ini juga berakibat pada terjadinya penghambatan pada reaksi oksidasi di anoda karena reaksi reduksi-oksida yang terjadi pada proses korosi adalah reaksi spontan dan setimbang. Reaksi oksidasi yang terjadi di anoda diakibatkan oleh reaksi reduksi oksigen dimana reaksi reduksi inilah yang mengontrol laju korosi^[2].

4.2.4. Pengaruh Waktu Uji Rendam Terhadap Perubahan Potensial Logam

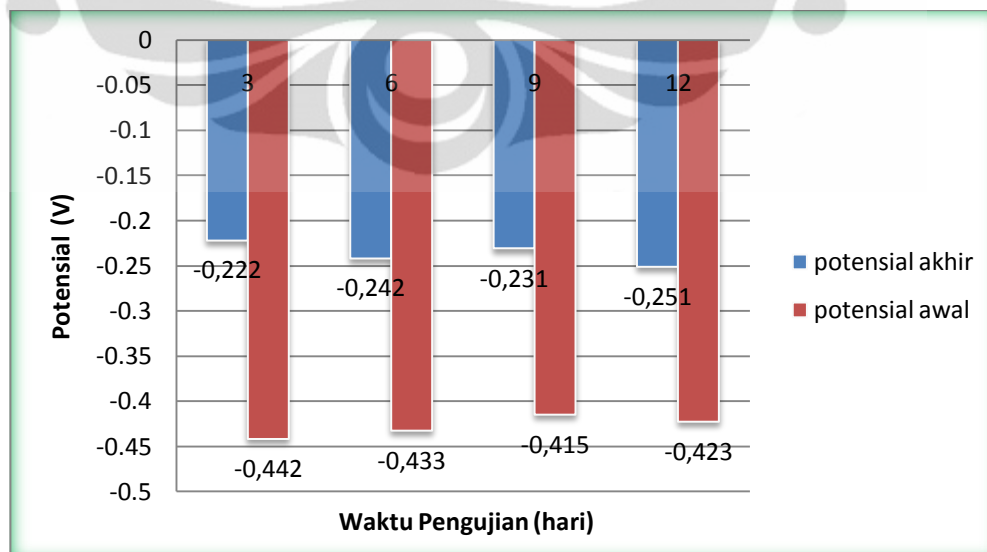
Pengukuran potensial dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan elektroda standar Ag/AgCl. Pada Tabel 4.9 merupakan nilai potensial dari sampel dengan menggunakan elektroda standar Ag/AgCl. Hasil yang didapat dari pengujian ini kemudian dikonversikan ke V vs SHE, hasil konversi dari potensial tersebut dengan Persamaan 4.3 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V)} \frac{v_{Ag}}{AgCl} + 0,222 \dots\dots\dots (4.3)$$

Kemudian dari Gambar 4.6 dan 4.7 dapat dilihat potensial awal dan akhir dari sistem yang terhibisi dan sistem yang tidak terinhibisi. Potensial awal dari kedua sistem memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Sedangkan potensial akhir dari kedua sistem akan menjadi lebih negatif setelah dilakukan perendaman hingga 12 hari setelah perendaman sampel.

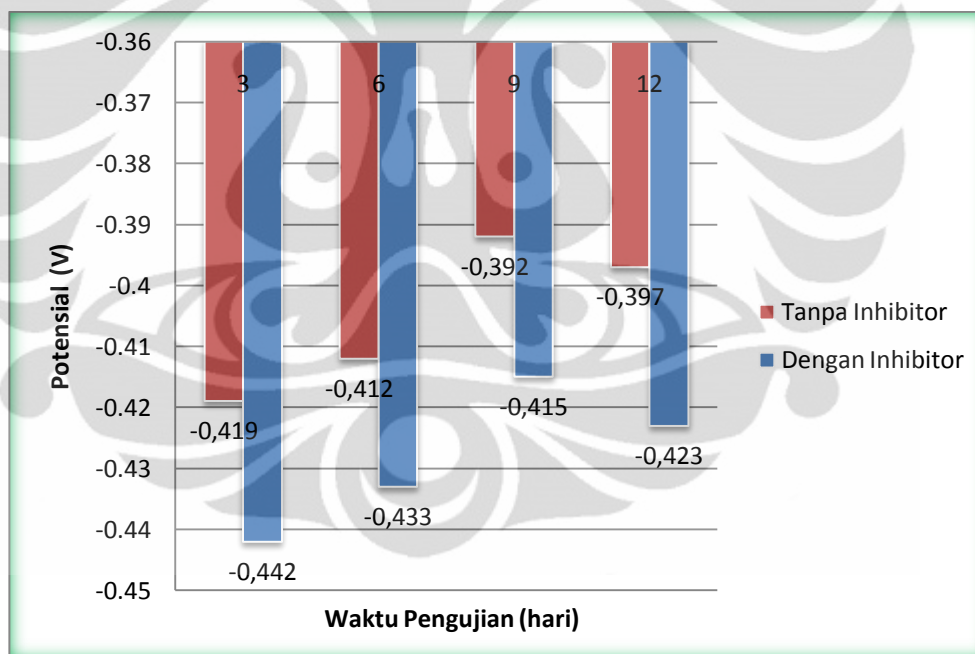


Gambar 4.6. Diagram pengaruh waktu uji terhadap potensial logam untuk sistem yang tidak terinhibisi.



Gambar.4.7. Diagram pengaruh waktu uji terhadap potensial logam untuk sistem yang terinhibisi.

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat potensial akhir dari sistem yang terinhibisi memiliki nilai yang lebih negatif dibandingkan dengan sistem yang tidak terinhibisi. Pada waktu pengujian 3 hari sistem yang tidak terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,419$ V, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,442$ V. Untuk waktu pengujian 6 hari sistem yang tidak terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,412$ V, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,433$ V. Untuk waktu pengujian 9 hari memiliki nilai potensial sebesar $-0,392$, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,415$ V. Untuk waktu pengujian selama 12 hari memiliki nilai potensial sebesar $-0,397$, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi memiliki nilai potensial sebesar $-0,423$.

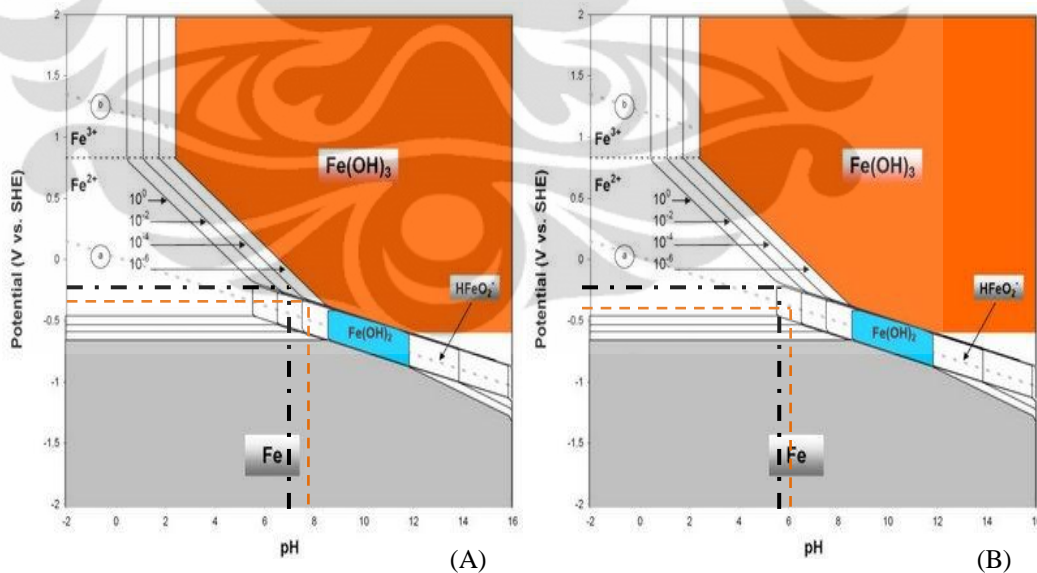


Gambar 4.8. Diagram potensial akhir logam tanpa dan dengan penambahan inhibitor.

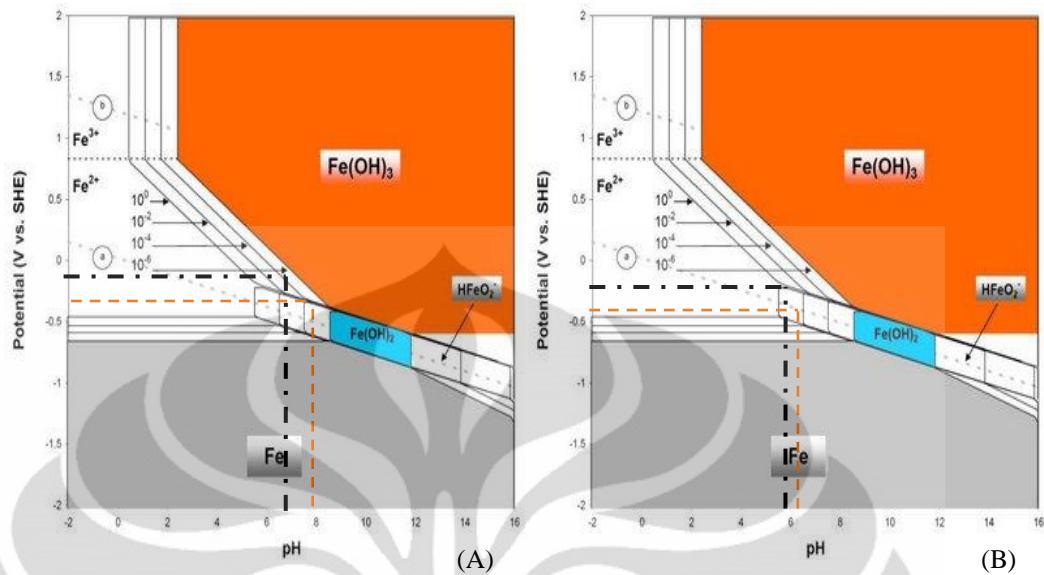
Dari data potensial yang telah dikonversikan dan dikombinasikan dengan data pH yang telah diujikan, kedua data tersebut dapat diplot kedalam diagram Pourbaix untuk mengetahui pengaruh dari penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu. Hasilnya jika diplot sebagai berikut:

Tabel 4.12. Rata-rata pH dan potensial awal dan akhir logam.

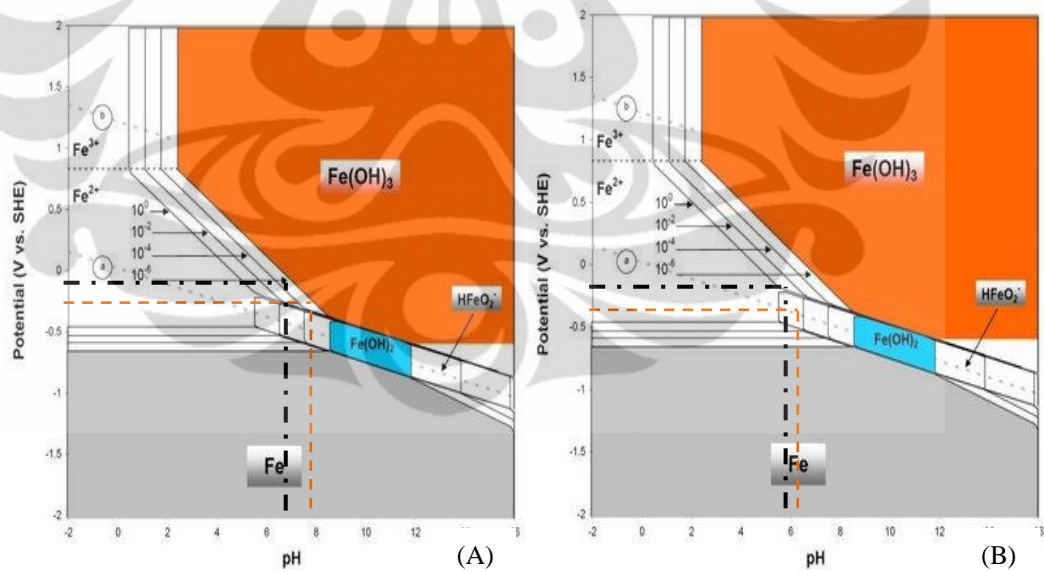
Waktu Uji Rendam	Kondisi pH dan potensial perendaman			
	pH awal	pH akhir	Potensial (V vs SHE) awal	Potensial (V vs SHE) akhir
hari ke-3 tanpa inhibitor	7,07	8,00	-0,247	-0,419
hari ke-3 dengan inhibitor	5,90	6,27	-0,222	-0,442
hari ke-6 tanpa inhibitor	7,07	8,03	-0,262	-0,412
hari ke-6 dengan inhibitor	5,83	6,37	-0,242	-0,433
hari ke-9 tanpa inhibitor	7,03	8,03	-0,250	-0,392
hari ke-9 dengan inhibitor	5,83	6,37	-0,231	-0,415
hari ke-12 tanpa inhibitor	7,00	8,03	-0,264	-0,397
hari ke-12 dengan inhibitor	5,87	6,43	-0,251	-0,423



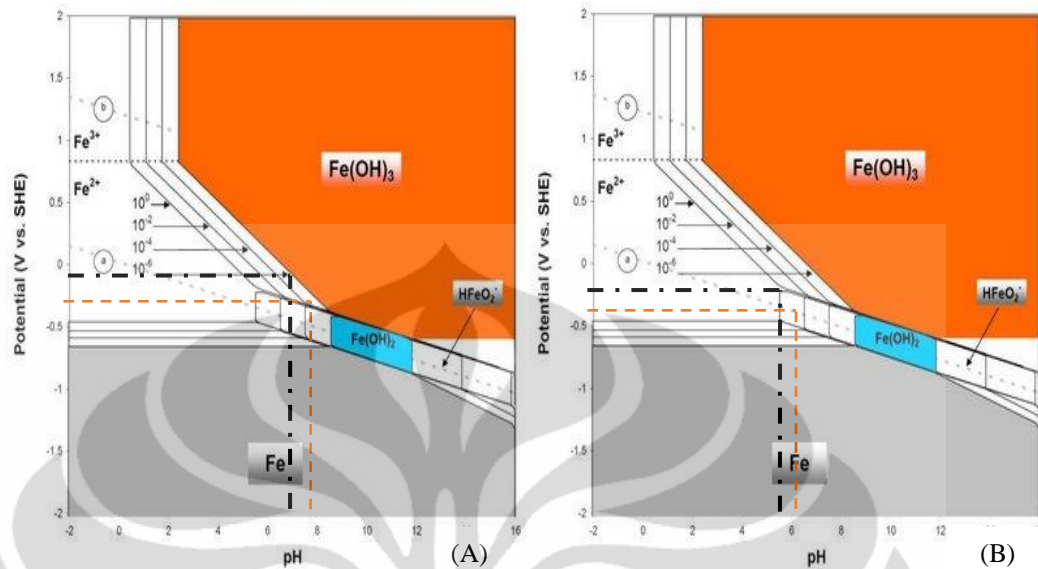
Gambar 4.9. Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-3, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor.



Gambar 4.10. Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-6, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor.



Gambar 4.11. Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-9, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor.



Gambar 4.12. Diagram Pourbaix Fe hasil penggambaran pH dan potensial sistem pada awal pengujian (garis hitam) dan akhir pengujian (garis merah) hari ke-12, (A) tanpa penambahan inhibitor, (B) dengan penambahan 6 ml inhibitor.

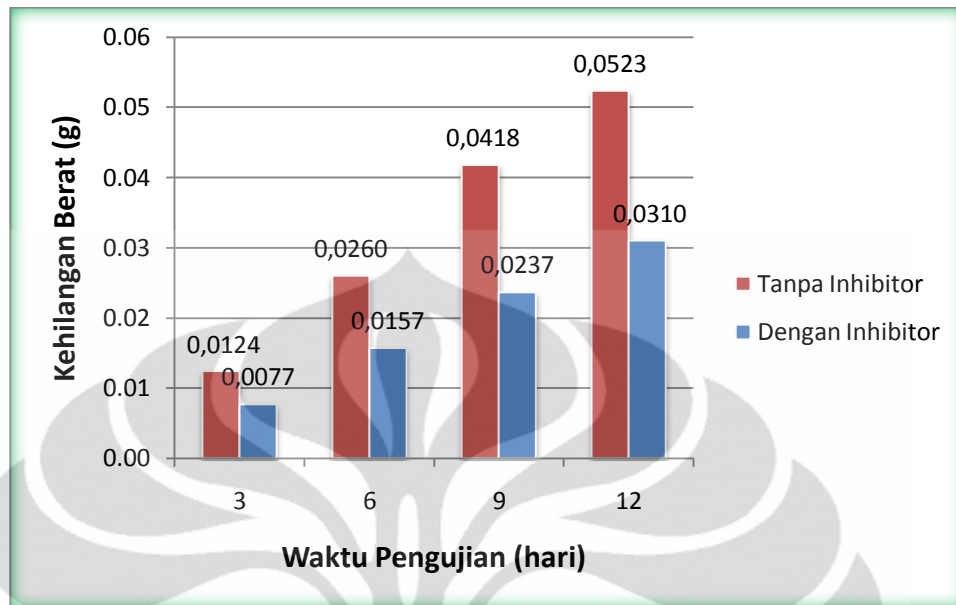
Penggambaran diagram Pourbaix hanya sebagai prediksi keadaan yang terjadi pada kondisi pH dan potensial tersebut. Penambahan inhibitor tidak merubah lingkungan sistem, sistem tetap ada pada daerah korosi. Dengan penambahan inhibitor merubah pH menjadi lebih rendah bukan ke daerah yang lebih pasif. Tetapi sistem dengan penambahan inhibitor memiliki laju korosi yang lebih rendah dari sistem yang tidak terinhibisi. Hal ini berarti mekanisme perlindungan dari inhibitor ubi ungu tidak dengan merubah kondisi lingkungan, melainkan membentuk lapisan pelindung tipis pada permukaan sampel. Selain itu dari hasil perubahan pH maka mekanisme yang terjadi adalah *oxygen scavenger*.

Dengan adanya penurunan potensial menjadi lebih negatif dan mekanisme *oxygen scavenger*, maka dengan adanya penambahan inhibitor maka inhibitor ini termasuk kedalam inhibitor organik dengan kontrol katodik dimana terjadi gangguan atau penghambatan reaksi katodik yang terjadi pada katoda. Dengan penghambatan reaksi katodik maka reaksi oksidasi pada anodik juga ikut terhambat. Hal tersebut terjadi karena reaksi oksidasi dan reduksi merupakan reaksi yang setimbang.

Penghambatan reaksi katodik ini disebabkan oleh antosianin sebagai antioksidan pada inhibitor ekstrak ubi ungu.

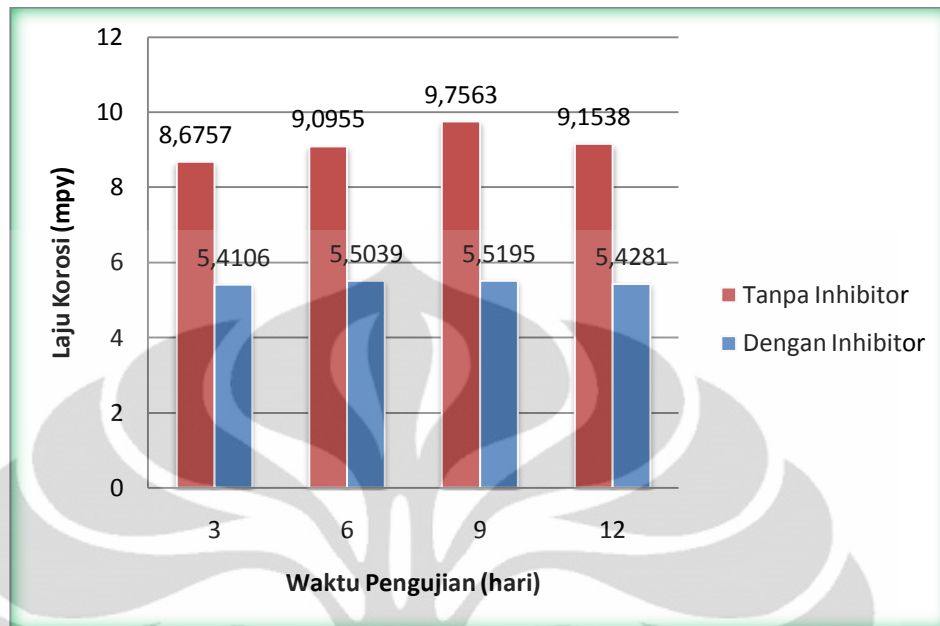
4.2.5. Pengaruh Waktu Uji Rendam Terhadap Pengurangan Berat Logam, Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Dari Tabel 4.10, dapat dilihat hasil dari pengurangan berat, laju korosi dan efisiensi dari inhibitor ekstrak ubi ungu. Pada semua sistem, baik yang terinhibisi maupun tanpa inhibitor didapat hubungan semakin lama waktu perendaman menyebabkan berat baja yang hilang akan semakin banyak juga. Hal ini disebabkan karena berat yang hilang berbanding lurus dengan waktu pengujian. Untuk waktu pengujian 3 hari berat rata-rata yang hilang pada sistem yang tidak terinhibisi sebesar 0,0124 gr, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi sebesar 0,0077 gr. Pada waktu pengujian 6 hari berat rata-rata yang hilang pada sistem yang tidak terinhibisi sebesar 0,0260 gr, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi sebesar 0,0157 gr. Pada waktu pengujian 9 hari berat rata-rata yang hilang pada sistem yang tidak terinhibisi sebesar 0,0418 gr, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi sebesar 0,0237 gr. Terakhir untuk waktu pengujian 12 hari berat rata-rata yang hilang pada sistem yang tidak terinhibisi sebesar 0,0523 gr, sedangkan untuk sistem yang terinhibisi sebesar 0,0310 gr. Pada kedua sistem pengurangan berat yang paling kecil terjadi pada waktu celup selama 3 hari, dan yang paling besar terjadi pada waktu celup 12 hari. Dari Gambar 4.13, dapat dilihat berat baja yang hilang pada sistem dengan inhibitor lebih sedikit dibandingkan sistem yang tanpa inhibitor. Hal ini berarti inhibitor ekstrak ubi ungu bekerja memproteksi baja untuk mengurangi terjadinya korosi pada sampel baja karbon rendah tersebut.



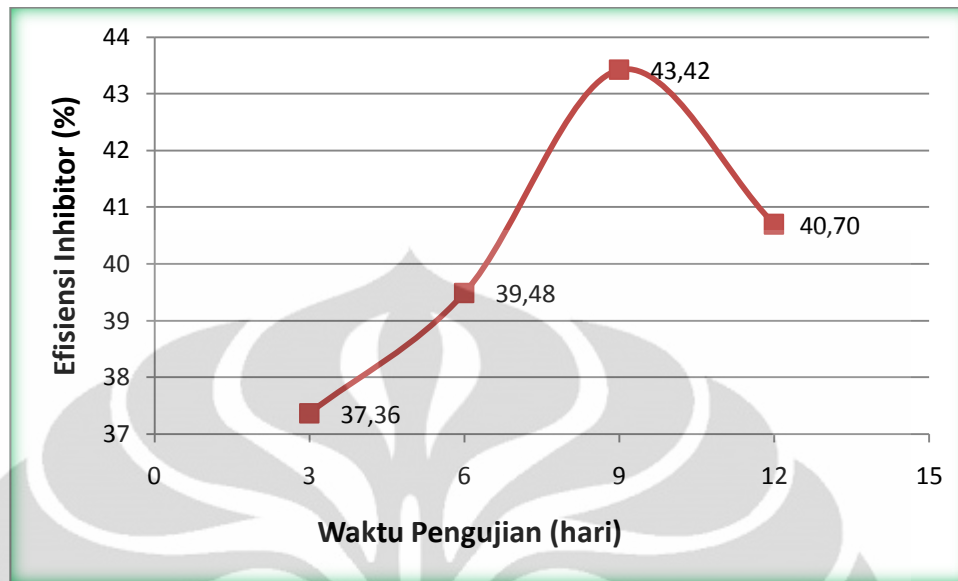
Gambar 4.13. Diagram pengurangan berat logam terhadap waktu uji rendam.

Dari pengurangan berat yang diperoleh, maka dengan memasukkan data tersebut ke dalam rumus *weight loss* dapat diperoleh besarnya laju korosi masing-masing sampel. Pada Gambar 4.14 didapat laju korosi paling lambat pada sampel yang tidak terinhibisi sebesar 8,6757 mpy sedangkan pada sampel yang terinhibisi laju korosi paling cepat sebesar 5,4106 mpy yang terjadi pada waktu celup selama 3 hari. Untuk laju korosi paling cepat didapat pada sampel tanpa inhibitor sebesar 9,7563 mpy, sedangkan pada sampel dengan inhibitor sebesar 5,5195 mpy yang terjadi pada waktu celup selama 9 hari. Laju korosi pada Gambar 4.14 semakin lama waktu perendaman akan semakin cepat untuk semua sampel hingga waktu pencelupan 9 hari, baik yang terinhibisi maupun yang tidak terinhibisi, pada waktu pencelupan 12 hari laju korosi sedikit lebih lambat. Laju korosi dari sistem yang terinhibisi memiliki besaran yang lebih lambat dari laju korosi sistem yang tidak terinhibisi. Perubahan kecepatan untuk sistem yang terinhibisi juga tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan inhibitor ekstrak ubi ungu diperkirakan memproteksi sampel dengan terbentuknya lapisan pelindung tipis pada permukaannya. Dari hasil laju korosi ini, inhibitor ekstrak ubi ungu melindungi sampel dari korosi pada lingkungan NaCl 3,5%.



Gambar 4.14. Diagram laju korosi logam terhadap waktu.

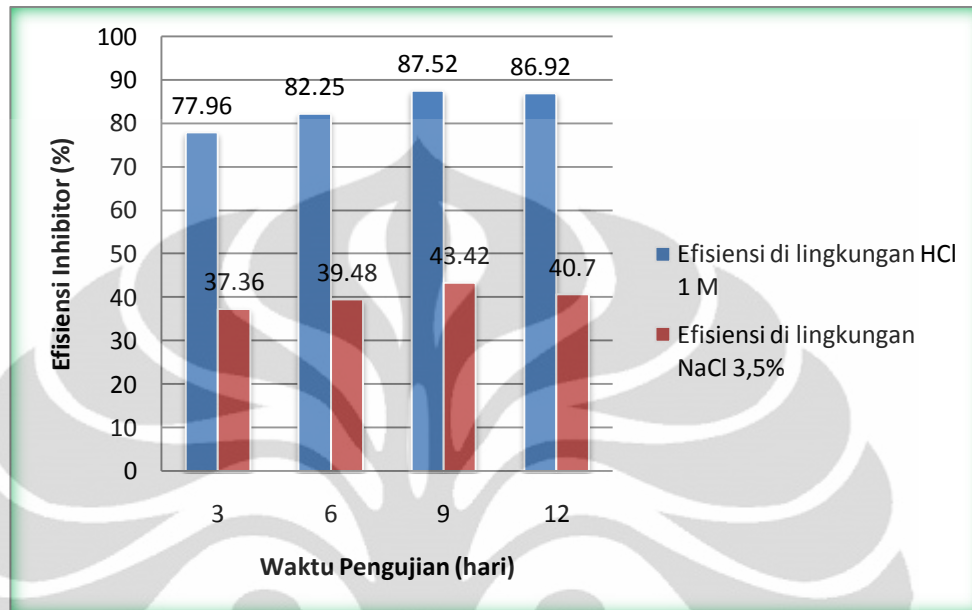
Dari perbandingan laju korosi sistem yang terinhibisi dan tidak terinhibisi akan didapatkan efisiensi dari inhibitor ekstrak ubi ungu. Dari Gambar 4.15, didapat efisiensi dari inhibitor akan terus naik, dari 37,36% saat waktu pencelupan 3 hari, kemudian efisiensi meningkat menjadi 39,48%, dan meningkat lagi hingga maksimum pada waktu pencelupan selama 9 hari yaitu sebesar 43,42%. Setelah lewat dari 9 hari maka efisiensi dari inhibitor akan menurun menjadi sebesar 40,7%. Hal ini berarti setelah 9 hari pada lingkungan NaCl 3,5% inhibitor sudah tidak berfungsi dengan maksimum atau sudah terdegradasi sehingga harus diganti dengan inhibitor baru atau ditambahkan inhibitor baru. Penyebabnya karena kondisi wadah tempat pengujian terang dan terbuka. secara umum diketahui bahwa cahaya akan mempercepat degradasi antosianin. Antosianin akan lebih cepat terdegradasi apabila diletakan ditempat yang terang dan panas dibandingkan pada tempat yang gelap dan dingin^[26]. Tempat yang terbuka juga mengakibatkan oksigen akan bereaksi berlebihan dengan antosianin sehingga dapat mempercepat degradasi antosianin^[27].



Gambar 4.15. Grafik efisiensi inhibitor terhadap waktu.

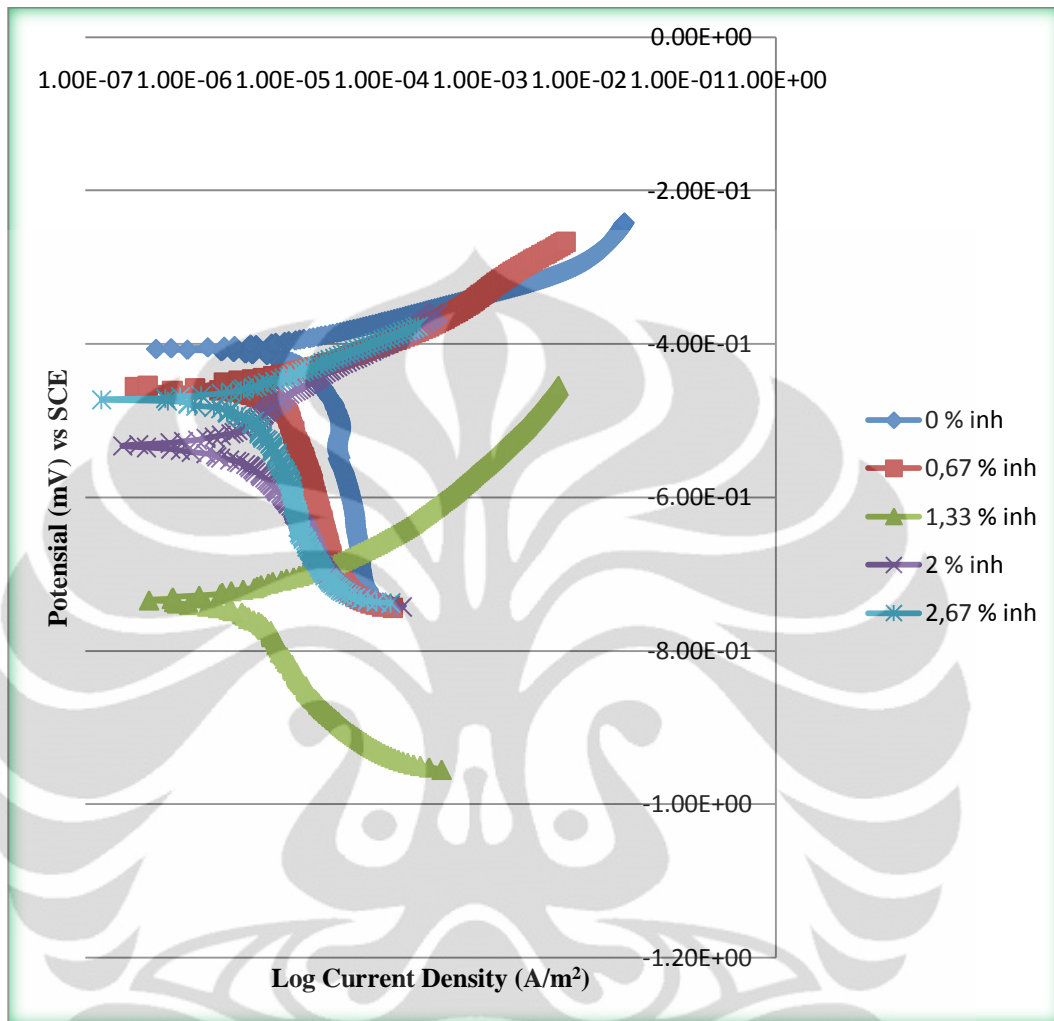
Dari penelitian yang dilakukan oleh Rangga Adi Putra (2011), dengan penambahan 6 ml inhibitor ekstrak ubi ungu, efisiensi inhibitor di lingkungan HCl 1 M memiliki nilai yang lebih tinggi dari efisiensi inhibitor ekstrak ubi ungu di lingkungan NaCl 3,5%. Pada lingkungan HCl 1 M waktu pencelupan 3 hari memiliki efisiensi sebesar 77,96%. Kemudian meningkat menjadi 82,25% pada waktu pencelupan 6 hari. Efisiensi mencapai nilai maksimum pada waktu pencelupan 9 hari dengan nilai sebesar 87,52%. Efisiensi kemudian turun menjadi 86,92% pada waktu pencelupan 12 hari^[28]. Dari Gambar 4.16, nilai efisiensi pada lingkungan HCl 1 M, nilai efisiensi juga memiliki tren yang sama dengan lingkungan NaCl 3,5%, yaitu memiliki nilai efisiensi maksimum pada waktu pencelupan 9 hari. Perbedaan nilai efisiensi ini terjadi karena stabilitas antosianin yang paling baik adalah pada larutan dengan pH rendah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Youngmok Kim, dkk (2009), bahwa pada saat pH larutan kurang dari 6, stabilitas antosianin sangat tinggi sedangkan pada pH diatas 6, antosianin bersifat tidak stabil atau bahkan antosianin telah terurai secara menyeluruh^[18]. Semakin besar pH larutan, antosianin menjadi semakin mudah teroksidasi sehingga potensi antioksidan menjadi semakin berkurang^[29]. Larutan NaCl 3,5% memiliki pH berkisar 7-8, sehingga efisiensi yang

dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan larutan HCl 1M yang memiliki rentang pH 0-1,5.



Gambar 4.16. Diagram perbandingan efisiensi inhibitor terhadap waktu pada lingkungan yang berbeda.

Dari hasil polarisasi yang dilakukan oleh Adi Nugroho (2011), yang menggunakan perbedaan konsentrasi pada lingkungan NaCl 3,5%, didapat laju korosi paling rendah dengan menambahkan inhibitor sebanyak 6 ml (1,33%)^[30]. Dari Gambar 4.17 dapat dilihat kurva polarisasi penambahan inhibitor dengan penambahan konsentrasi inhibitor yang berbeda. Dari kurva tersebut dapat dilihat mekanisme dari inhibitor ekstrak ubi ungu adalah kontrol katodik. Dapat dilihat pada kurva katodik dengan penambahan inhibitor akan menjadi semakin landai dibanding kurva katodik tanpa penambahan inhibitor, selain itu laju korosi menurun dengan adanya penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu. Reaksi yang terjadi pada katoda adalah reaksi reduksi oksigen. Mekanisme yang terjadi dilihat dari kurva tersebut adalah *oxygen scavenger* yang mengakibatkan terganggunya reaksi pada katoda, selain itu inhibitor tersebut juga membentuk lapisan tipis pada permukaan sampel sehingga mencegah terjadinya difusi oksigen pada sampel.



Gambar 4.17. Kurva polarisasi dengan penambahan 0 %, 0,67 %, 1,33 %, 2 %, dan 2,67 % inhibitor^[30].

Dari nilai efisiensi inhibitor yang didapat, inhibitor ekstrak ubi ungu kurang cocok digunakan pada lingkungan NaCl 3,5% atau air laut karena memiliki efisiensi inhibitor yang kurang dari 90%. Tetapi inhibitor ini cocok untuk kondisi lingkungan yang asam, karena antosianin sebagai antioksidan lebih stabil pada lingkungan asam seperti HCl 1 M.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian kehilangan berat yang dilakukan terhadap baja karbon rendah dengan penambahan inhibitor organik ekstrak ubi ungu sebesar 6 ml dalam waktu 3, 6, 9, dan 12 hari pada lingkungan NaCl 3,5 %, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik di lingkungan NaCl 3,5% terhadap pH dan potensial. Dari hasil pengujian didapat:
 - Pada pengukuran pH didapat nilai pH pada setiap sistem akan terus bertambah menjadi lebih basa. Dengan nilai pH pada sistem yang terinhibisi lebih kecil dari sistem yang tidak terinhibisi. Pada pengujian selama 3 hari rata-rata pH awal sebesar 7,07 dan pH akhir sebesar 8,00 untuk yang tanpa inhibitor sedangkan pH awal sebesar 5,78 dan pH akhir 6,37 dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 6 hari rata-rata pH awal sebesar 7,07 dan pH akhir sebesar 8,03 untuk yang tanpa inhibitor sedangkan pH awal sebesar 5,83 dan pH akhir 6,37 dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 9 hari rata-rata pH awal sebesar 7,03 dan pH akhir sebesar 8,03 untuk yang tanpa inhibitor sedangkan pH awal sebesar 5,83 dan pH akhir 6,37 dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 12 hari rata-rata pH awal sebesar 7,00 dan pH akhir sebesar 8,03 untuk yang tanpa inhibitor sedangkan pH awal sebesar 5,87 dan pH akhir 6,43 dengan penambahan inhibitor. Hal ini dikarenakan pH inhibitor memiliki nilai sebesar 4,8.
 - Pada pengukuran potensial nilai potensial akhir dari sistem yang terinhibisi memiliki nilai yang lebih negatif dibandingkan dengan sistem yang tidak terinhibisi. Pada pengujian selama 3 hari rata-rata potensial awal sebesar -0,469 V dan potensial akhir sebesar -0,641 V untuk yang tanpa inhibitor sedangkan potensial awal sebesar -0,444 V dan potensial akhir -0,664 V dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 6 hari rata-rata potensial awal sebesar -0,484 V dan potensial akhir sebesar -0,634 V untuk yang tanpa inhibitor sedangkan potensial awal sebesar -0,464 V dan

potensial akhir -0,655 V dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 9 hari rata-rata potensial awal sebesar -0,472 V dan potensial akhir sebesar -0,614 V untuk yang tanpa inhibitor sedangkan potensial awal sebesar -0,453 V dan potensial akhir -0,637 V dengan penambahan inhibitor. Pada pengujian selama 12 hari rata-rata potensial awal sebesar -0,486 V dan potensial akhir sebesar -0,619 V untuk yang tanpa inhibitor sedangkan potensial awal sebesar -0,473 V dan potensial akhir -0,645 V dengan penambahan inhibitor. Dengan nilai potensial vs SCE.

2. Dari pengujian diketahui mekanisme penghambatan inhibitor ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor katodik, yaitu *oxygen scavenger* dan menegatifkan potensial. Selain itu diperkirakan inhibitor ekstrak ubi ungu membentuk lapisan pelindung tipis pada permukaan sampel.
3. Penentuan efisiensi ekstrak ubi ungu pada lingkungan yang korosif sebagai inhibitor organik, dapat disimpulkan efisiensi ekstrak ubi ungu akan meningkat sampai waktu pengujian 9 hari, kemudian akan turun pada pengujian 12 hari. Efisiensi dari tiap waktu pengujian adalah:
 - Waktu pengujian selama 3 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 37,63 %.
 - Waktu pengujian selama 6 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 39,48 %.
 - Waktu pengujian selama 9 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 43,42 %.
 - Waktu pengujian selama 12 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 40,70 %.

Nilai efisiensi yang turun pada waktu pengujian 12 hari dikarenakan inhibitor sudah terdegradasi dan harus diganti dengan yang baru.

4. Hasil penelitian, waktu uji rendam yang efektif dari penambahan ekstrak ubi ungu dalam menghambat laju korosi untuk lingkungan NaCl 3,5% adalah waktu uji rendam selama 9 hari, dengan efisiensi sebesar 43,42 %. Setelah 9 hari efisiensi akan turun menjadi sebesar 40,70%.

DAFTAR PUSTAKA

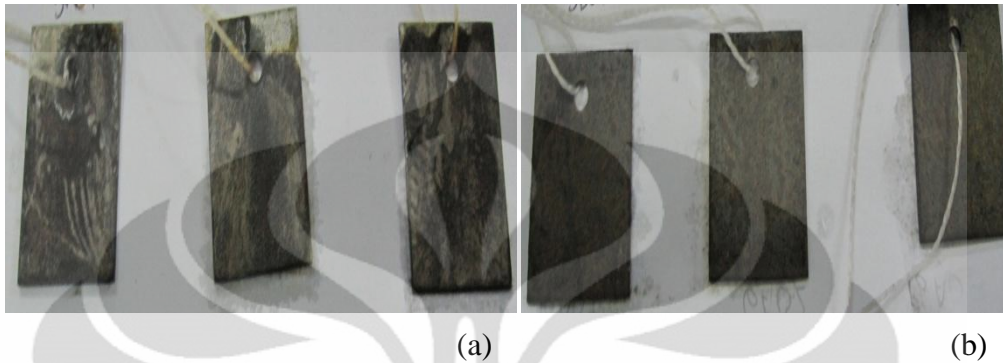
1. Jones, Denny. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: Macmillan Publishing Company.
2. Fontana, G. 1986. *Corrossion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
3. Von Fraunhofer, J.A., G.D. Davis, L.A. Krebs, C.M.Dacres, (2001), *The Use of Tobacco Extract as Corrosion Inhibitor*, **Corrosion Paper**, No. 1558
4. 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.
5. K.R. Trethewey and J. Chamberlain. (1995). *Corrosion for Science and Engineering 2nd Edn*, Longman (UK).
6. ASM Handbook Volume 13A. (2003) *Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection*. USA : ASM International.
7. Laque, Francis L. (1975). *Marine Corrosion*. Kanada: John Willy & Sons Inc.
8. Ismail N.Andijani and Mohammad Mobin, “Studies On The Determination Of Maximum Chloride Level In Product Water Transmitted Through Pipelines A, B And C1”, 2005
9. ASTM Internasional. (2004). *ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State.
10. Dalimunthe, Indra Surya. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara.
11. Roberge, Pierre R. (2000). *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill
12. Revie, R. Winston. (2000). *Uhlig's Corrosion Handbook (2nd ed.)*. New York: John Wiley & Sons Inc
13. NACE International. (1973). *Corrosion Inhibitor*. Texas: Nathan, C. C

14. _____, Majalah Flona Edisi 97/Februari 2007. *Warna dan Antioksidan: Ungu Kaya Antosianin, Merah Kaya Betakaroten*. Kompas Gramedia: Jakarta.
15. 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.
16. Laleh, G.H., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jemei, R., Zare, S. 2006. *The Effect of Light, pH, and Species on Stability of Anthocyanin Pigments*. Pakistan Journal of Nutrition 5 (1): 90-92, Pakistan
17. Rein, Maarit, 2005. *Copigmentation Reaction and Color Stability of Berry Anthocyanins*, Academic Dessertation, Departement of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division. University of Helsinki. Finlandia
18. Youngmok Kim, Ph.D. and Kevin L Goodner, Ph.D. 2009. *Factors Influencing Quick Oxidation Of Purple Potatoes*. Sensus.
19. J.D. Houghton, G.A.F. Hendry. 1995. *Natural food colorants*. Springer. ISBN 978-0-7514-0231-5. Page 53-59.
20. 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.
21. NACE International. (2005). *NACE Standard RP0775-2005 Item No. 21017 Standard Recommended Practice Preparation, Installation, Analysis, And Interpretation Corrosion Coupons In Oilfield Operations*. Texas.
22. Suharno, Bambang. (2009). *Diktat Mata Kuliah Proses Pembuatan Besi dan Baja*, Depok.
23. ASM Handbook Volume 13B, Corrosion : Materials (USA : ASM International, 2005)
24. Schumacher, M. (1979). *Seawater Corrosion Handbook*. Noyes Data Corporation: USA

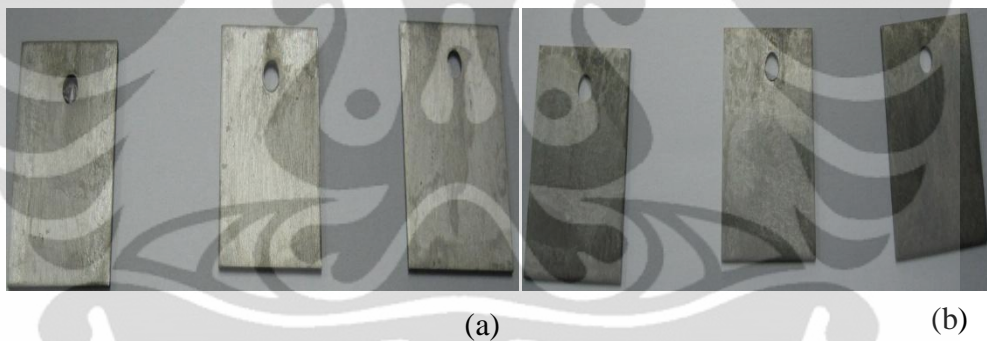
25. Kisan Kaefama, Dobit. (2011). *Studi Pengaruh Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Untuk Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Pada Temperatur 40°C*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
26. Harborne, J.B. 1996. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Menganalisis Tumbuhan*. Terjemahan Padmawiyata, K. dan Soediro, I. Bandung: ITB.
27. Arthey, D. dan P.R. Ashurst. 2001. *Fruit Processing, Nutrition Product, and Quality Management*, 2nd Edition.
28. Adi Putra, Ranga. (2011). *Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Green Inhibitor Organik Di Lingkungan HCl 1M*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.
29. Stefanut, Mariana Nela, dkk. (2009). *The Electrochemical Behaviour of Some Berries Extract*. Studia Universitas Babes-Bolyai, *Chemia*, LIV, Sp. Iss1.
30. Nugroho, Adi. (2011). *Studi Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Low Carbon Di Lingkungan Air Laut Buatan NaCl 3,5 %*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia: Depok.



1. Foto pengamatan sampel hari ke-3

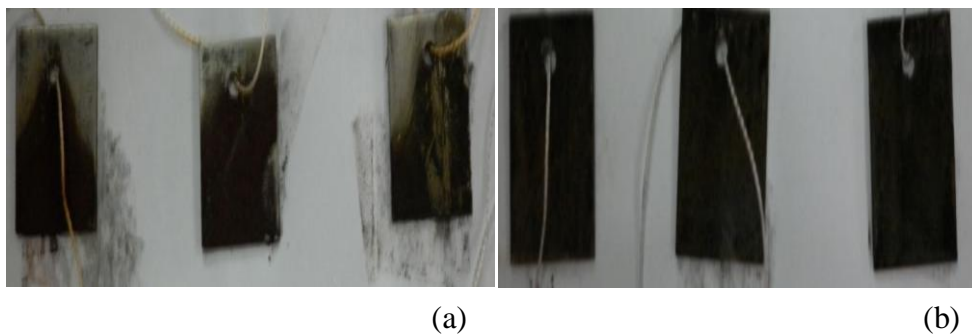


Gambar 6.1. Foto pengamatan 3 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.

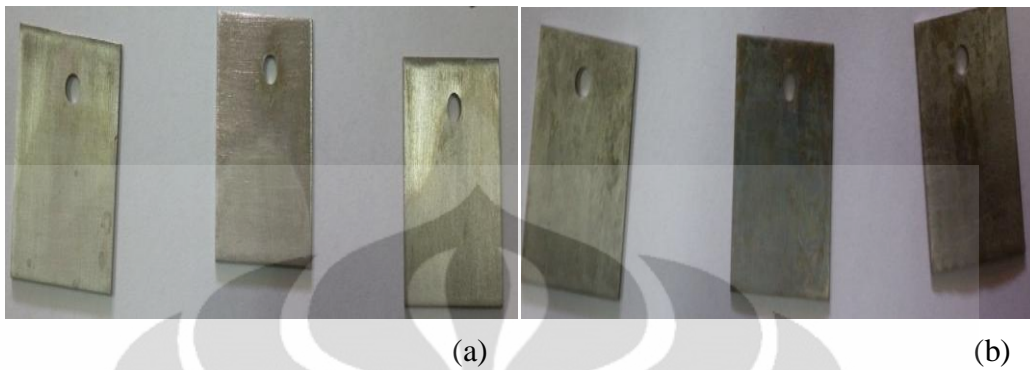


Gambar 6.2. Foto pengamatan 3 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah *dipickling*; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah *dipickling*.

2. Foto pengamatan sampel hari ke-6

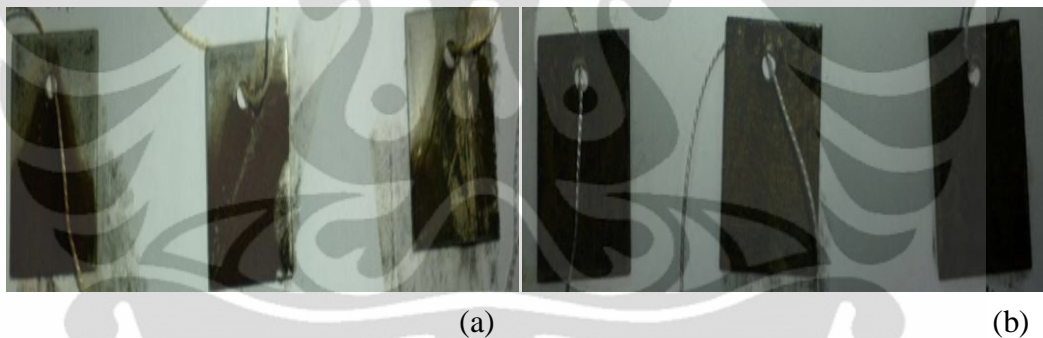


Gambar 6.3. Foto pengamatan 6 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.

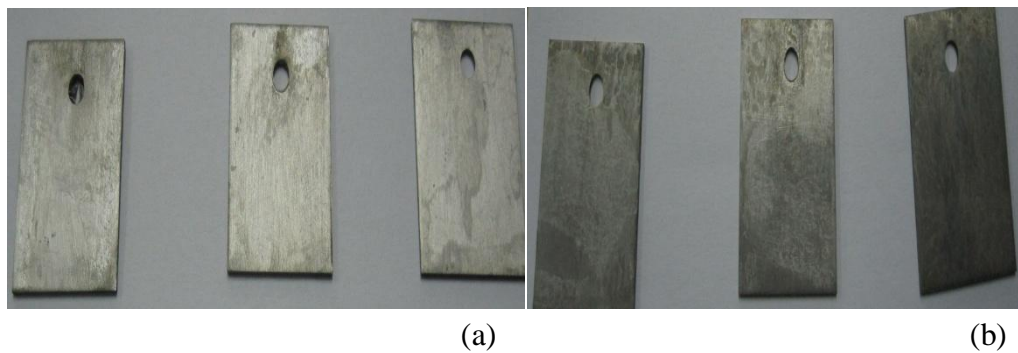


Gambar 6.4. Foto pengamatan 6 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah *dipickling*; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah *dipickling*.

3. Foto pengamatan sampel hari ke-9

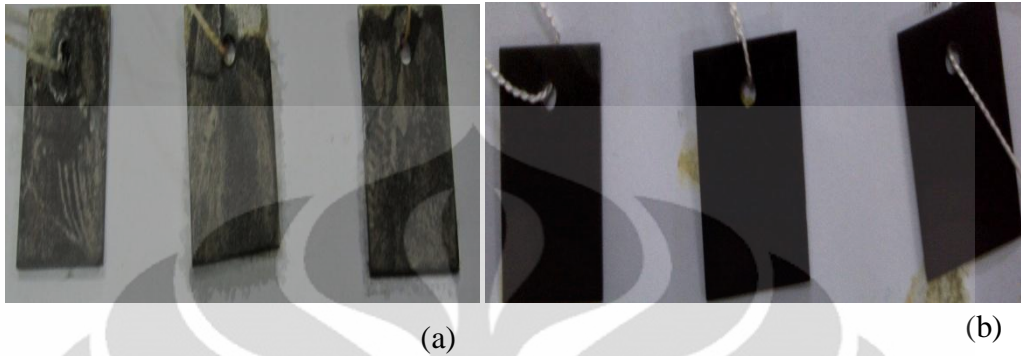


Gambar 6.5. Foto pengamatan 9 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.

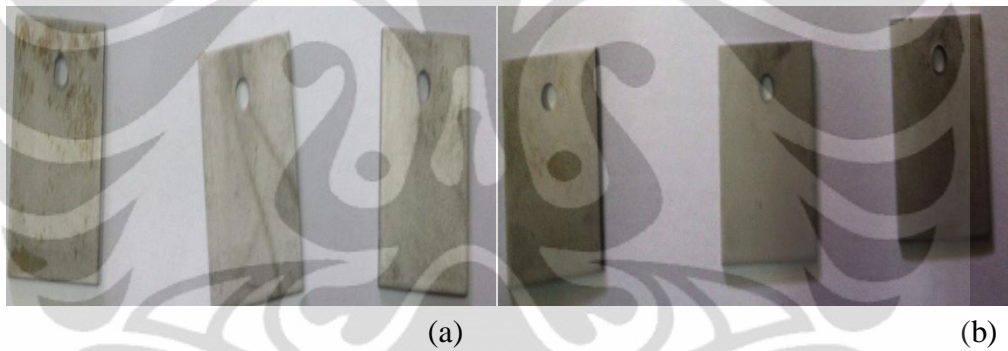


Gambar 6.6. Foto pengamatan 9 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah *dipickling*; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah *dipickling*.

4. Foto pengamatan sampel hari ke-12

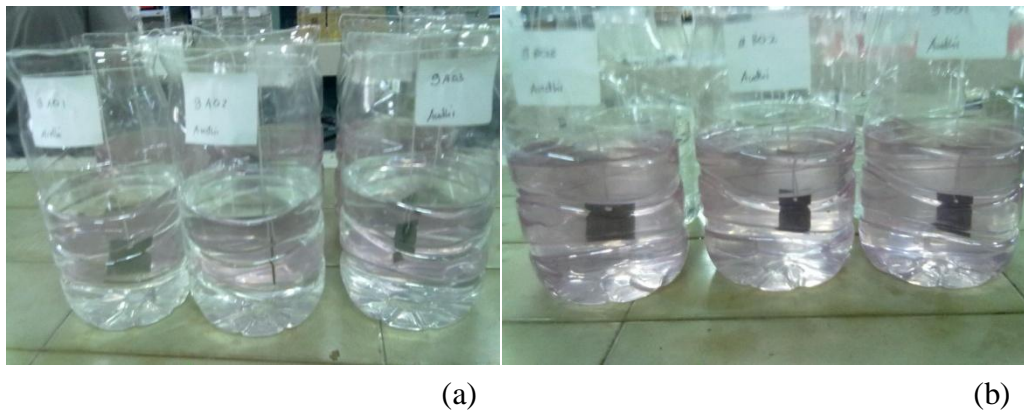


Gambar 6.7. Foto pengamatan 12 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor; (b) Foto sampel dengan inhibitor.



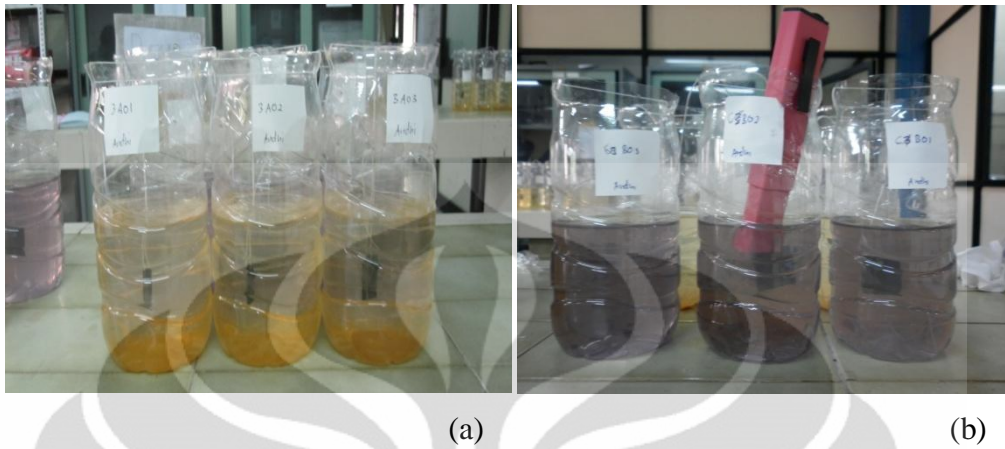
Gambar 6.8. Foto pengamatan 12 hari (a) Foto sampel tanpa inhibitor setelah *dipickling*; (b) Foto sampel dengan inhibitor setelah *dipickling*.

5. Foto pengamatan awal air rendaman



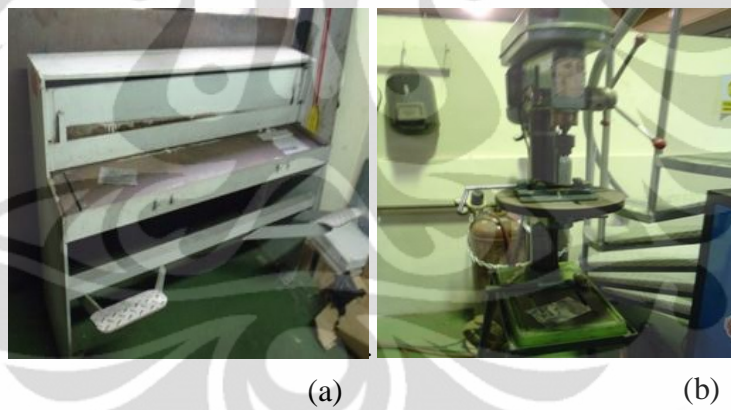
Gambar 6.9. (a) Foto awal air rendaman tanpa inhibitor; (b) Foto awal air rendaman dengan inhibitor.

6. Foto pengamatan setelah pengujian rendam

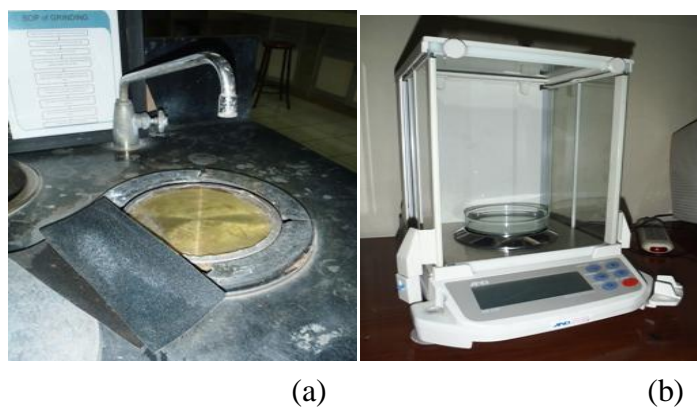


Gambar 6.10. (a) Foto air rendaman tanpa inhibitor ; (b) Foto air rendaman dengan inhibitor.

7. Foto alat kerja



Gambar 6.11. (a) Alat pemotong sampel ; (b) Mesin bor.



Gambar 6.12. (a) Mesin amplas ; (b) Alat timbangan.

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

Kode Sampel Sample Code	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